



## Proyecto Fin de Carrera

# **SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA CONCIENCIACIÓN DEL GASTO DE AGUA EN DOMICILIOS**

Autor/es

Pablo Moreno Mínguez

Director/es y/o ponente

D. José María López Pérez

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2014

A mi familia,  
por su esfuerzo y apoyo para llegar hasta aquí.

# Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que han apoyado y ayudado a la realización de este proyecto.

Como primera persona a la que quiero agradecer su apoyo y tiempo es a mi tutor de proyecto, José María López Pérez. Él fue el que me presentó una propuesta muy atractiva sobre la que realizar mi PFC.

Además, quiero agradecer a todos mis compañeros con los que he tenido que trabajar en unas primeras fases. Ellos son los compañeros y compañeras de la rama de Diseño con los que he trabajado en equipo para la realización de sus trabajos y como primera parte de mi proyecto. Mis agradecimientos a Diana Fernández, Cristina Fleta, Jorge Francos, Miriam Gálvez, Javier Balvin, Ignacio Berges, Nieves Blecua, Ana Cans, Miriam Puebla, Fernando Puerto, Jorge Ramírez y Noah Rico.

Para finalizar, quiero agradecer a toda la gente de mí alrededor por el tiempo dedicado a comentar tanto diversas soluciones como la resolución de dudas.

A todos ellos, gracias.

## **RESUMEN**

### **SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA CONCIENCIACIÓN DEL GASTO DE AGUA EN DOMICILIOS**

En este proyecto se propone como objetivo principal el diseño de un producto electrónico capaz de concienciar el gasto de agua que puede generarse en un domicilio. Concretamente se ha centrado en el consumo de agua que se genera cuando se riega el jardín o las diferentes macetas que puedan disponerse en una vivienda. Con el fin de no gastar más agua de la necesaria, se ha diseñado un producto electrónico capaz de medir la humedad de la tierra e interactuar con el usuario. Tal dispositivo está preparado para uso tanto en interiores como en exteriores, además permite la visualización de varios puntos en el mismo tiempo.

El proyecto se encuentra desarrollado en colaboración con equipos de estudiantes del Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto, como trabajo de la asignatura de Metodología de Diseño Industrial de 4º curso.

Durante las primeras fases de la colaboración, se realiza una búsqueda de información de las tecnologías existentes aplicables al escenario de desarrollo del proyecto. También se generan una serie de conceptos de producto con cada equipo de trabajo, de los cuales sólo uno es seleccionado para su desarrollo como prototipo funcional.

En la siguiente fase del desarrollo del producto, se establecen las especificaciones de diseño del producto, así como las dimensiones y estructura del mismo, y las soluciones electrónicas pertinentes para su funcionamiento correcto.

Una vez terminada la colaboración con los diseñadores, se prosigue con el desarrollo electrónico, hasta obtener un prototipo funcional completo. Durante esta etapa, se han realizado diversos cambios con el fin de optimizar varios parámetros vitales en la ejecución de la aplicación.

El sistema electrónico final, consta de dos dispositivos electrónicos, uno de ellos se encarga de realizar las medidas de la humedad en la tierra y transmitir esta información a un dispositivo central móvil, el cual se encarga de visualizar dicha información mediante señales luminosas. La comunicación se hace de forma inalámbrica. El objetivo de este sistema es el de informar al usuario de cuando la tierra no necesita más agua y así no consumir más de la necesaria.

# Índice

Lista de Acrónimos .....	1
1. Introducción .....	2
1.1. Ámbito .....	2
1.2. Motivación e importancia de ahorrar agua .....	2
1.3. Escenario de trabajo .....	3
1.4. Descripción del proyecto y metodología .....	4
2. Búsqueda de información de la fase previa .....	5
2.1. Clasificación de sensores .....	5
2.2. Sensores Resistivos .....	5
2.3. Sensores Capacitivos .....	6
2.4. Sensores de temperatura .....	7
2.4.1. Detectores de Temperatura 2.2.3. Resistivos (RTD) .....	7
2.4.2. Termistores .....	8
2.4.3. Sensores termoelectricos: termopares. ....	8
2.5. Alimentación.....	9
2.6. Arduino – Microcontrolador de Atmel. ....	10
2.6.1. AVR.....	11
2.7. Microcontrolador PIC de la casa Microchip.....	11
3. Generación de conceptos.....	13
3.1. Grupo 1.....	13
3.1.1. Grupo 1-Concepto 1: Concienciación en familia. ....	13
3.1.2. Grupo 1-Concepto 2: Cuanto gastamos. ....	15
3.1.3. Grupo 1-Concepto 3: Regando las plantas. ....	15
3.2. Grupo 2.....	17
3.2.1. Grupo 2-Concepto 1: Humidificador de platos. ....	17
3.2.2. Grupo 2-Concepto 2: Afeitado Automático. ....	19
3.2.3. Grupo 2 - Concepto 3: Humidificador para la ducha.....	21
3.3. Grupo 3.....	22
3.3.1. Grupo 3 - Concepto 1: Sensor toda la casa.....	23
3.3.2. Grupo 3 - Concepto 2: Maceta inteligente.....	25
3.3.3. Grupo 3 - Concepto 3: Panel ducha.....	27
3.4. Concepto Seleccionado .....	28
4. Especificaciones de diseño .....	29
4.1. Ámbito .....	29

4.2.	Normativa .....	29
4.3.	Información General.....	29
4.3.1.	Necesidades del cliente y expectativas razonables.....	29
4.3.2.	Descripción de usuarios .....	29
4.4.	Requisitos .....	30
4.4.1.	Críticos.....	30
4.4.1.1.	Funciones .....	30
4.4.1.2.	Usuarios.....	30
4.4.1.3.	Ergonomía .....	30
4.4.1.4.	Estructura morfológica.....	30
4.4.1.5.	Interfaz .....	30
4.4.1.6.	Factores estéticos.....	31
4.4.1.7.	Materiales .....	31
4.4.1.8.	Fabricación .....	31
4.4.1.9.	Medio Ambiente .....	31
4.4.1.10.	Deseables.....	31
4.4.1.11.	Funciones.....	31
4.4.1.12.	Estructura morfológica .....	31
4.4.1.13.	Materiales.....	31
4.5.	Descripción del Producto Desarrollado .....	31
4.5.1.	Bambú .....	32
4.5.1.1.	Bambú – Mando.....	32
4.5.1.2.	Bambú – Mota.....	33
5.	Diseño Estructural .....	34
6.	Diseño Electrónico.....	36
6.1.	Diagrama de bloques general.....	36
6.2.	Búsqueda de información y elección de componentes.....	36
6.2.1.	Sensores .....	37
6.2.1.1.	Tipo de sensor seleccionado .....	37
6.2.2.	Microcontrolador (MCU).....	38
6.2.3.	Indicadores visuales .....	38
6.2.4.	Comunicación inalámbrica .....	40
6.2.5.	Alimentación .....	42
6.3.	Diseño de Bambú - Mota.....	42
6.3.1.	Diagrama de bloques .....	42
6.3.2.	Batería .....	42
6.3.3.	Microcontrolador (MCU).....	43

6.3.4.	Indicador visual .....	44
6.3.5.	Sensor.....	45
6.3.6.	Comunicación inalámbrica .....	46
6.3.7.	Conector para la programación del dispositivo .....	47
6.3.8.	Controles .....	47
6.3.9.	Esquema general del circuito .....	48
6.4.	Diseño del Mando.....	49
6.4.1.	Diagrama de bloques .....	49
6.4.2.	Alimentación .....	49
6.4.3.	Microcontrolador (MCU).....	50
6.4.4.	Comunicación inalámbrica .....	51
6.4.5.	Controladores.....	51
6.4.6.	Indicadores visuales .....	52
6.4.6.	Esquema general del circuito .....	52
6.5.	Desarrollo del prototipo .....	54
6.5.1.	Prototipo en placa de prototipado.....	54
6.5.2.	Prototipo en PCB .....	58
6.5.3.	Prototipo en PCB v2 – Versión de tamaño reducido.....	59
7.	Secuencia de montaje de Bambú mota.....	61
8.	Secuencia de uso de Bambú – Mando y Motas.....	62
9.	Conclusiones y líneas de investigación futura.....	64
9.1	Conclusiones.....	64
9.2	Líneas de futuro.....	65
ANEXO A – PROGRAMACIÓN DEL PRODUCTO		
ANEXO B – BRIEF DEL PROYECTO		
ANEXO C – USO DEL AGUA EN VIVIENDAS PARTICULARES, DOSIER FASE 3 - REDUCIDO		
ANEXO D - DATASHEETS		
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES		
ÍNDICE DE TABLES		
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		

## Lista de Acrónimos

PFC Proyecto Final de Carrera  
LDR *Light Dependant Resistor*  
RTD *Resistance Temperature Detector*  
NTC *Negative Temperature Coefficient*  
PTC *Positive Temperature Coefficient*  
DC *Direct Current*  
LED *Light-Emitting Diode*  
EMI *Electromagnetic Interference*  
EMC *Electromagnetic Compatibility*  
MCU *Microprocessor Control Unit*  
LCD *Lyquid Cristal Display*  
PWM *Pulse Wide Modulation*  
SPI *Serial Peripheral Interface*  
IR *Infrared Radiation*  
RF *Radio Frequency*  
RTCC *Real Time Clock Calendar*  
ICSP *In Circuit System Programing*  
PCB *Printed Circuit Board*  
SMD *Surface Mount Device*  
THD *Through Hole Device*  
IC *Integrated Circuit*  
RAM *Random Access Memory*



### 1. Introducción

El proyecto que nos ocupa está catalogado como **tipo B** según la normativa de proyectos fin de carrera (PFC) de la Universidad de Zaragoza.

El proyecto consiste en el diseño de un producto electrónico, capaz de integrar y aprovechar las posibilidades que ofrece la tecnología existente, obteniendo su máximo aprovechamiento en un entorno de uso definido y de modo que tenga una identidad que permita al usuario reconocerlo y utilizarlo del mejor modo posible [1].

#### 1.1. Ámbito

El proyecto busca reducir el consumo de agua en grandes edificios públicos, donde hay varios aspectos claves a tener en cuenta son:

- Diversidad de usuarios que no paga por el agua
- Cambios de infraestructura complicados por motivos económicos

Existen diversas estrategias: mejorar la eficiencia de las cargas que consumen energía, gestionar automáticamente el uso de dichas cargas (domótica) o la concienciación del consumidor. En principio se persigue esta última estrategia en la que mediante los datos (d) e información (i) se crea un conocimiento (k) en las personas que provoca un entendimiento (u) del efecto que la gestión energética tiene a diferentes niveles: económico, medioambiental, etc. Este entendimiento es el que posibilita la generación de una sabiduría (w) con un impacto hacia futuro [1].

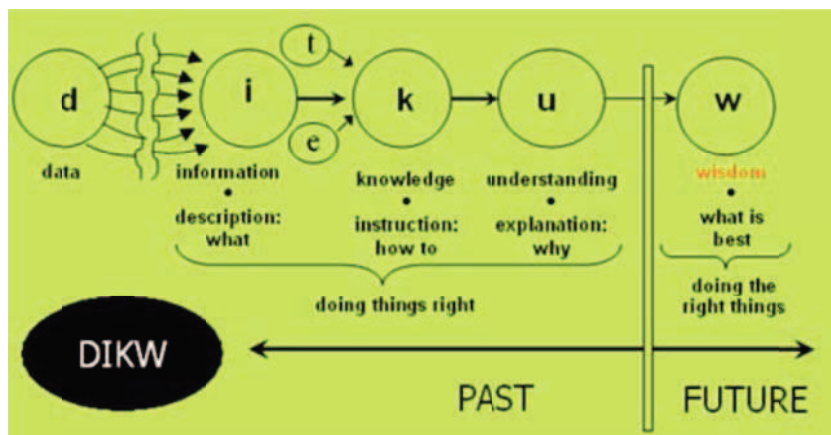


Ilustración 1 - Diagrama flujo para la concienciación del consumidor [1]

#### 1.2. Motivación e importancia de ahorrar agua

El agua es uno de los recursos más importantes e imprescindibles para el desarrollo de cualquier tipo de vida, motivo por el cual es fundamental proteger su utilización y, por ende, su correcto uso. Por todo ello, nuestros hábitos de consumo tanto despreocupados como irresponsables, el aumento de la concentración de la población mundial, la contaminación de las fuentes básicas de obtención y otros factores han provocado que muchos expertos en la materia hayan puesto el grito en el cielo como uno de los principales focos de preocupación medioambiental.

La motivación para ahorrar agua no ha de ser únicamente por interés personal, sino también por solidaridad, ya que sólo el 1% de toda el agua del planeta es agua dulce, ésta se encuentra en los lagos,

en los ríos o en la lluvia de una forma limitada, y ha de poder ser utilizada por los seres humanos, por plantas y animales, y conseguir llegar a las próximas generaciones, por ello es muy importante no malgastarla y mantenerla limpia y en buenas condiciones.



Ilustración 2 - Gota de Agua

### 1.3. Escenario de trabajo

El proyecto se ha desarrollado en colaboración con equipos de estudiantes del Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto, que se encuentran cursando la asignatura de Metodología de Diseño Industrial del 4º curso 2013-2014; y equipos de estudiantes del Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, que se encuentran cursando la asignatura de Laboratorio de Diseño Electrónico de segundo curso; mezclados con estudiantes de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial de Electrónica Industrial, que se encuentran realizando el PFC. Como se menciona en el siguiente punto, el objetivo es desarrollar un producto electrónico en busca de reducir el consumo energético en un escenario preestablecido.

La composición de los diferentes equipos se encuentra reflejada en la siguiente tabla

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Electrónico
Diana Fernández	Javier Balvin	Miriam Puebla	Pablo Moreno Mínguez
Cristina Fleta	Ignacio Berges	Fernando Puerto	
Jorge Francos	Nieves Blecua	Jorge Ramírez	
Miriam Gálvez	Ana Cans	Noah Rico	

Tabla 1 - Composición de equipos

Durante la realización del proyecto, se establece una estrecha colaboración entre ambas partes para conseguir un producto final viable en fase de prototipo, durante el periodo de tiempo de duración de la asignatura mencionada anteriormente. Una vez finalizada la colaboración, el equipo electrónico compuesto por estudiantes de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial de Electrónica Industrial, sigue desarrollando la parte electrónica del producto hasta una versión funcional de todo el producto como parte de un PFC.

En este periodo de tiempo, ambos equipos deben colaborar en todas las fases. Los electrónicos tienen que realizar un estudio de las tecnologías electrónicas disponibles y sus potenciales funcionalidades, aportando al equipo un panorama de posibilidades que encauce la evolución de los conceptos de producto que se vayan desarrollando. Posteriormente, el avance en los conceptos de diseño y el

desarrollo de las soluciones electrónicas deben estar perfectamente acompasados para que el trabajo dé como resultado un producto viable [1].

### 1.4. Descripción del proyecto y metodología

En este PFC se busca el diseñar un producto electrónico capaz de concienciar a los niños en los centros educativos de la importancia de realizar un buen uso del agua, y realizar un seguimiento del consumo de agua que tiene el lavado donde se encuentra instalado.

Para la realización del trabajo, se ha llevado a cabo una serie de fases previas en colaboración con los equipos de diseñadores. En estas fases, se procede a realizar una investigación de mercado y su segmentación, y un análisis de gamas y líneas de producto hasta disponer de un mínimo de tres conceptos de producto de los que seleccionar y proponer un concepto viable. La tarea del equipo electrónico en esta fase, consiste en realizar una investigación sobre tecnologías electrónicas, (tanto *hardware* como *software*) aplicables a los conceptos, considerando la viabilidad de su desarrollo. Toda esta información se va poniendo en común con los diseñadores, para que así se vayan concretando las posibles ideas de producto de manera que sean coherentes con las tecnologías electrónicas aplicables [1].

Una vez superada esta fase, se procede al desarrollo del proyecto seleccionado hasta el nivel de prototipo funcional, en la que el equipo de diseñadores continua este desarrollo a través de bocetos más elaborados y que muestren la evolución funcional y la exploración formal; solucionando las características técnicas del producto y definiendo con precisión los procesos productivos y materiales a utilizar en su fabricación. Por otro lado, el equipo electrónico desarrolla el sistema electrónico mediante herramientas de simulación y con montajes reales, explorando a fondo sus funciones y restricciones, seleccionando los componentes concretos que mejor se ajusten a las necesidades. Finalmente se han extraído una serie de conclusiones evaluando todas las etapas involucradas en el trabajo y de donde se extraen líneas futuras de actuación.

## 2. Búsqueda de información de la fase previa

A continuación se redacta la información aportada a los equipos de diseñadores.

### 2.1. Clasificación de sensores

Un sensor o captador, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que somos capaces de cuantificar y manipular.

Vamos a realizar la búsqueda de información de varios tipos de sensores de humedad. Dispondremos de sensores de tipo mecánico, por conductividad, capacitivos, infrarrojos, resistivos o basados en sales higroscópicas.

De todos los tipos mencionados anteriormente, nos vamos a centrar en dos tipos (debido a la complejidad, coste, tamaño y resultados que precisamos). Los elegidos serán de tipo resistivo y capacitivo. Los resistivos resultan más fáciles de gestionar y también más económicos en comparación con los sensores capacitivos. Como punto negativo más destacable, será el de la precisión de dicho sensor. No obstante, los requisitos que nos exigen los diferentes usos del producto final, nos permiten prescindir de la precisión.

Además, vamos a tomar valores de la temperatura ambiente. Aunque en un principio este parámetro no lo usaremos, si se desarrolla más el prototipo, se pueden realizar ajustes en las mediciones de la humedad con la temperatura.

### 2.2. Sensores Resistivos

Este tipo de sensores se encuentra basado en la variación de su resistencia eléctrica. Son los más abundantes debido a que son muchas las magnitudes físicas que afectan al valor de la resistencia eléctrica de un material [2].

En el caso que ocupa para el desarrollo de este proyecto, los sensores resistivos nos devolverán una diferencia de potencial correspondiente con la resistividad del sustrato en el que pongamos nuestro sensor de humedad.

Para poder modelar nuestro sensor resistivo, este sería el equivalente a un potenciómetro. La variación de la humedad de la tierra se traduciría en una variación de la conductividad y por tanto de la resistencia del terreno.

Un potenciómetro es un resistor con un contacto móvil deslizante o giratorio. La resistencia entre dicho contacto móvil y uno de los terminales fijos es

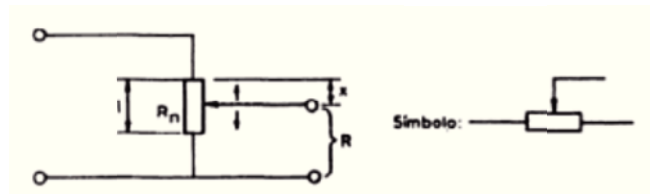
$$R = \left( \frac{\rho}{A} \right) * l * (1 - \alpha) = \left( \frac{\rho}{A} \right) * (l - x)$$

Ecuación 1

Donde  $x$  es la distancia recorrida desde el otro terminal fijo,  $\alpha$  la fracción de longitud correspondiente,

$\rho$  es la resistividad del material,  $l$  su longitud y  $A$  su sección transversal, supuesta uniforme. De forma que la resistencia varía en función de la longitud entre el terminal fijo y el móvil.

Los potenciómetros pueden emplearse para detectar posición, acompañados por un tubo de Bourdon permiten detectar presión, y, entre otras magnitudes, acompañados con un flotador sirven para detectar el nivel de un líquido.



Ecuación 2 - Potenciómetro ideal y su símbolo [2]

### 2.3. Sensores Capacitivos

Desde el punto de vista puramente teórico, se dice que el sensor está formado por un oscilador cuya capacidad la forman un electrodo interno (parte del propio sensor) y otro externo (constituido por una pieza conectada a masa). El electrodo externo puede estar realizado de dos modos diferentes; en algunas aplicaciones dicho electrodo es el propio objeto a sensor, previamente conectado a masa; entonces la capacidad en cuestión variará en función de la distancia que hay entre el sensor y el objeto. En cambio, en otras aplicaciones se coloca una masa fija y, entonces, el cuerpo a detectar utilizado como dieléctrico se introduce entre la masa y la placa activa, modificando así las características del condensador equivalente.

Aplicado a nuestro caso, el sustrato nos va a hacer de dieléctrico, y este variara según su humedad. Si profundizamos un poco más en el funcionamiento teórico de dicho sensor, podemos decir que nuestro sensor podría representarse como un condensador variable.

Un condensador eléctrico consiste en dos conductores separados por un dieléctrico (sólido, líquido o gaseoso), o el vacío. La relación entre la carga  $Q$ , y la diferencia de potencial  $V$ , entre ellos viene descrita por su capacidad  $C$

$$C = \frac{Q}{V}$$

Ecuación 2

Esta capacidad depende de la disposición geométrica de los conductores y del material, dieléctrico, dispuesto entre ellos

$$C = C(\epsilon, G)$$

Ecuación 3

En general, cualquier cambio en el dieléctrico o en la geometría puede ser considerado para la detección del fenómeno que lo provoca.

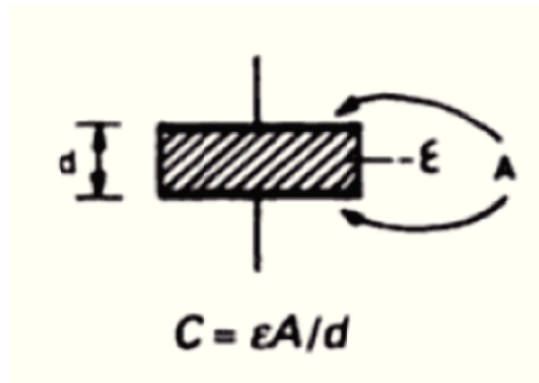


Ilustración 3 - Condensador de capacidad variable [3]

Entre las aplicaciones más inmediatas de los sensores capacitivos están la medida de desplazamientos lineales y angulares, y los detectores de proximidad. Además, los sensores capacitivos permitirán la medida de cualquier magnitud que se pueda convertir en un desplazamiento, como pueden ser la presión, la fuerza o par, o la aceleración, si se aplica a un sistema inercial, así como la medida de nivel de líquidos conductores y no conductores.

#### 2.4. Sensores de temperatura

Estos son algunos de los sensores de temperatura valorados para la realización del proyecto.

##### 2.4.1. Detectores de Temperatura 2.2.3. Resistivos (RTD)

Los detectores de Temperatura Resistivos o RTD (*Resistance Temperature Detector*) se encuentran fabricados en su mayoría en platino. El fundamento de las RTD es la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. En un conductor, el número de electrones disponibles para la conducción no cambia apreciablemente con la temperatura. Pero si ésta aumenta, las vibraciones de los átomos alrededor de sus posiciones de equilibrio son mayores, y así dispersan más eficazmente a los electrones, reduciendo su velocidad media. Esto implica un coeficiente de temperatura positivo, es decir, un aumento de la resistencia con la temperatura. Esta dependencia se puede expresar en su margen lineal de la forma

$$R = R_0 (1 + \alpha T)$$

Ecuación 3

Donde  $R_0$  es la resistencia a la temperatura de referencia y  $T$  el incremento de temperatura respecto a la de referencia. Hay modelos de RTD tanto para inmersión en fluidos como para medir temperaturas superficiales, de forma que aunque su principal función es medir temperaturas, también pueden emplearse para medir la velocidad de un fluido con una configuración especial.



Ilustración 4 - Símbolo RTD [2]

### 2.4.2. Termistores

Son resistores variables con la temperatura, pero no están basados en conductores como las RTD, sino en semiconductores. Si su coeficiente de temperatura es negativo se denominan NTC (*Negative Temperature Coefficient*), mientras que si es positivo se denominan PTC (*Positive Temperature Coefficient*). Los símbolos respectivos son los de la figura 2.4, donde el trazo horizontal en el extremo de la línea inclinada indica que se trata de una variación no lineal.



Ilustración 5 - Símbolo Termistores [2]

El fundamento de los termistores está en la dependencia de la resistencia de los semiconductores con la temperatura, debida a la variación con ésta del número de portadores. En una NTC, al aumentar la temperatura lo hace también el número de portadores reduciéndose la resistencia y de ahí que presenten coeficiente de temperatura negativo. Esta dependencia varía con la presencia de impurezas, y si el dopado es muy intenso, el semiconductor adquiere propiedades metálicas con coeficiente de temperatura positivo en un margen de temperaturas limitado.

Las aplicaciones de los termistores se pueden dividir entre las que están basadas en un calentamiento externo del termistor, que son todas las relativas a la medida, control y compensación de temperatura; y las que se basan en calentarlo mediante el propio circuito de medida, entre las que se encuentran las medidas de caudal, nivel y vacío, y el análisis de la composición de gases.

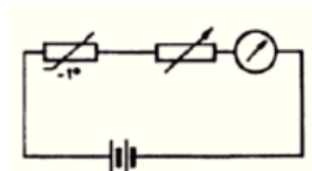


Ilustración 6 - Aplicación NTC: Medida de temperatura con indicador no lineal [2].

### 2.4.3. Sensores termoelectrónicos: termopares.

Los sensores termoelectrónicos se basan en que en un circuito de dos metales homogéneos, A y B, con dos uniones a diferente temperatura, aparece una corriente eléctrica, es decir, hay una conversión de energía térmica a energía eléctrica, o bien, si se abre el circuito, una fuerza termo-electromotriz (f.t.e.m.) que depende de los metales y de la diferencia de temperaturas entre las dos uniones. Al conjunto de estos dos metales distintos con una unión firme en un punto o una zona se le denomina termopar.

En las uniones de termopar interesa tener: resistividad elevada para tener una resistencia alta sin requerir mucha masa, lo cual implicaría alta capacidad calorífica y respuesta lenta; coeficiente de temperatura débil en la resistividad; resistencia a la oxidación a temperaturas altas, pues deben tolerar la atmósfera donde van a estar, y linealidad lo mayor posible [4].

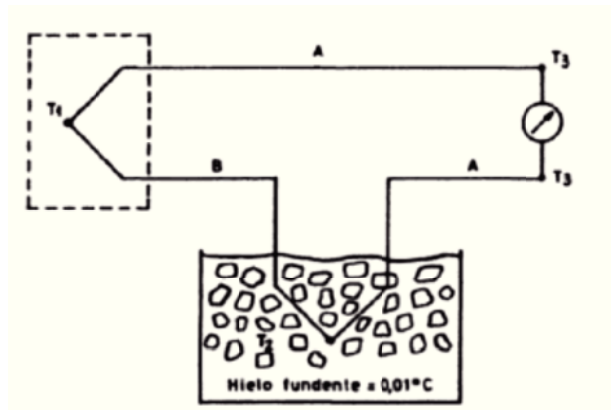


Ilustración 7 - Medida de temperatura mediante termopares con una unión a temperatura de referencia constante [4]

## 2.5. Alimentación

En lo relativo a la alimentación de un producto electrónico, hay que distinguir entre la alimentación mediante baterías o la red eléctrica.

### • Baterías

Una batería es un dispositivo que convierte la energía química contenida en los materiales activos en energía eléctrica por medio de reacciones electroquímicas de oxidación y reducción.

La unidad básica de este sistema se denomina celda o elemento, reservándose el nombre de batería a la unión de dos o más celdas conectadas en serie, paralelo o ambas formas para conseguir la capacidad y tensión deseadas.

Según su capacidad para ser eléctricamente recargadas se clasifican en:

- Baterías primarias, no recargables o irreversibles

Son las que no son susceptibles de recibir carga eléctrica y, por tanto, se descargan de una sola vez. Sus características más importantes son: baja auto descarga, alta densidad de energía, fácil utilización y sin mantenimiento, bajo precio en comparación con sistemas recargables equivalentes.

- Baterías secundarias, recargables, reversibles o acumuladores

Pueden ser recargadas eléctricamente después de su descarga hasta alcanzar su condición inicial, para lo cual se conectan a un sistema de carga que genera una corriente en dirección opuesta a la de descarga. Sus características generales son: buena aptitud para descarga de alta intensidad, alta densidad de potencia, buen comportamiento a bajas temperaturas.

### • Red eléctrica

Se denomina red eléctrica al conjunto de medios formado por generadores eléctricos, transformadores, líneas de transmisión y líneas de distribución utilizada para llevar la energía eléctrica a los elementos de consumo de los usuarios. Con este fin se usan diferentes tensiones para limitar la caída de tensión en las líneas. Usualmente las más altas tensiones se usan en distancias más largas y mayores potencias. Para utilizar la energía eléctrica las tensiones se reducen a medida que se acerca a las instalaciones del usuario. Para ello se usan los transformadores eléctricos. La energía eléctrica se genera en las Centrales Eléctricas.



## Búsqueda de información de la fase previa

En las instalaciones del usuario, la tensión eléctrica llega con una amplitud de 240 V en AC. Para poder hacer uso de esta tensión, es necesario convertir esa tensión a DC y reducir su amplitud, lo que se consigue mediante fuentes de alimentación.

Entre los distintos tipos de fuentes de alimentación se encuentran la fuente de alimentación lineal y la fuente de alimentación conmutada, cuyas principales características se muestran en la tabla ??.

FUENTE DE ALIMENTACIÓN LINEAL	FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONMUTADA
Diseño sencillo y económicas	Diseño complejo y de alto coste
Bajo rendimiento (30 y 60%)	Mayor eficiencia energética (70 y 95%)
Elevado calentamiento	Menor calentamiento
Elevado volumen y peso	Pequeño tamaño, peso y coste
No acoplan ruido en alta frecuencia	Se ven afectadas por interferencias electromagnéticas (EMI)
Se obtiene una mayor regulación y velocidad	

Tabla 2 - Comparación entre fuente lineal y conmutada

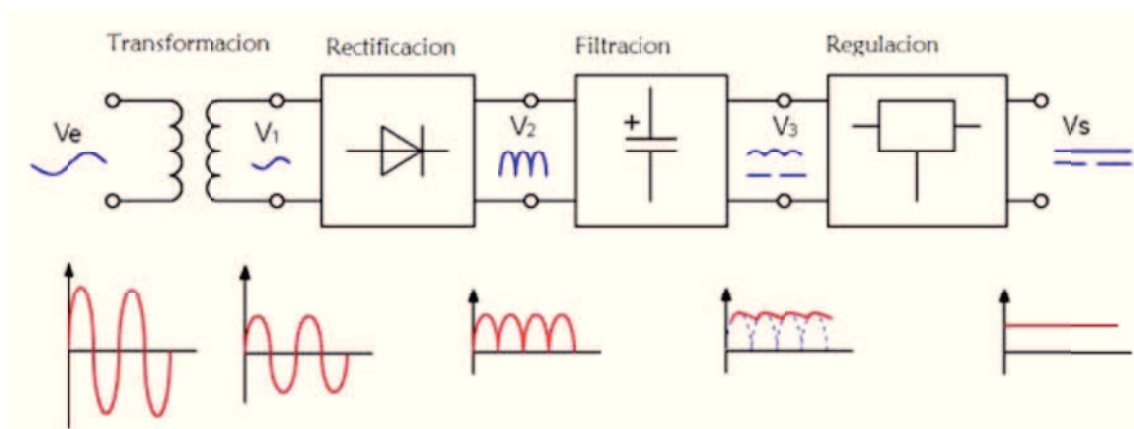


Ilustración 8 - Diagrama de bloques de una fuente de alimentación lineal.

### 2.6. Arduino – Microcontrolador de Atmel.

Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar. Se creó para artistas, diseñadores, aficionados y cualquiera interesado en crear entornos u objetos interactivos [5].

Arduino puede tomar información del entorno a través de sus pines de entrada de toda una gama de sensores y puede afectar aquello que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores. Arduino recibió una Mención Honorífica en la sección *Digital Communities* de la edición del 2006 del Ars Electrónica Prix. El equipo Arduino es: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, y David Mellis.



Ilustración 9 - Placa Arduino UNO Rev 3 [5]

### 2.6.1. AVR

Los **AVR** son una familia de microcontroladores RISC del fabricante estadounidense Atmel. La arquitectura de los AVR fue concebida por dos estudiantes en el Norwegian Institute of Technology, y posteriormente refinada y desarrollada en **Atmel Norway**, la empresa subsidiaria de Atmel, fundada por los dos arquitectos del chip. Cuenta con bastantes aficionados debido a su diseño simple y la facilidad de programación. Se pueden dividir en los siguientes grupos:

- **ATxmega**: procesadores muy potentes con 16 a 384 kB de memoria flash programable, encapsulados de 44, 64 y 100 pines (A4, A3, A1), capacidad de DMA, eventos, criptografía y amplio conjunto de periféricos con DACs.
- **ATmega**: microcontroladores AVR grandes con 4 a 256 kB de memoria flash programable, encapsulados de 28 a 100 pines, conjunto de instrucciones extendido (multiplicación y direccionamiento de programas mayores) y amplio conjunto de periféricos.
- **ATTiny**: pequeños microcontroladores AVR con 0,5 a 8 kB de memoria flash programable, encapsulados de 6 a 20 pines y un limitado set de periféricos.
- **AT90USB**: ATmega integrado con controlador USB
- **AT90CAN**: ATmega con controlador de bus CAN
- Tipos especiales: algunos modelos especiales, por ejemplo, para el control de los cargadores de baterías, pantallas LCD y los controles de los motores o la iluminación.
- **AT90S**: tipos obsoletos, los AVR clásicos

Bajo el nombre AVR32, Atmel tiene una arquitectura RISC de 32 bits con soporte de DSP y SIMD. A pesar de la similitud de sus nombres y logotipos, las dos arquitecturas tienen poco en común.

### 2.7. Microcontrolador PIC de la casa Microchip.

Los **PIC** son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instrument.

El nombre actual no es un acrónimo. En realidad, el nombre completo es **PICmicro**, aunque generalmente se utiliza como *Peripheral Interface Controller* (controlador de interfaz periférico).

El PIC original se diseñó para ser usado con la nueva CPU de 16 bits CP16000. Siendo en general una buena CPU, ésta tenía malas prestaciones de entrada y salida, y el PIC de 8 bits se desarrolló en 1975

para mejorar el rendimiento del sistema quitando peso de E/S a la CPU. El PIC utilizaba micro código simple almacenado en ROM para realizar estas tareas; y aunque el término no se usaba por aquel entonces, se trata de un diseño RISC que ejecuta una instrucción cada 4 ciclos del oscilador.

En 1985 la división de microelectrónica de General Instrument se separa como compañía independiente que es incorporada como filial (el 14 de diciembre de 1987 cambia el nombre a Microchip Technology y en 1989 es adquirida por un grupo de inversores) y el nuevo propietario canceló casi todos los desarrollos, que para esas fechas la mayoría estaban obsoletos. El PIC, sin embargo, se mejoró con EPROM para conseguir un controlador de canal programable. Hoy en día multitud de PICs vienen con varios periféricos incluidos (módulos de comunicación serie, UARTs, núcleos de control de motores, etc.) y con memoria de programa desde 512 a 32.000 palabras (una *palabra* corresponde a una instrucción en lenguaje ensamblador, y puede ser de 12, 14, 16 ó 32 bits, dependiendo de la familia específica de PICmicro).

La empresa Microchip es, con mucha ventaja, la que controla la mayor parte del mercado. Con una amplia gama de modelos para muy diversos proyectos, además de otro tipo de soluciones a nivel de hardware y software, es una de las opciones más interesantes para el usuario dedicado a este mundo, sin diferencia entre los diferentes niveles de conocimiento que este tenga. Su competidor más destacable, es la casa de Atmel, que gracias a la plataforma Arduino, es cada vez más usada en todo el mundo [6].

### 3. Generación de conceptos

A continuación, se describen los distintos conceptos presentados por cada equipo de trabajo.

#### 3.1. Grupo 1

En este primer grupo, el cual contendrá los tres conceptos iniciales y de los cuales uno de estos será el elegido para desarrollarlo hasta el final. En este grupo, desde un primer momento se inclinó hacia la opción de concienciar más que de ahorrar agua.

Una de las bases sobre la cual empezar a trabajar era que o bien podíamos concienciar al usuario sobre la utilización que estaba haciendo de agua. O bien, podíamos actuar directamente pensando un producto que ahorrara agua sobre una actividad que realizara el usuario sin una participación directa de este. La idea es que el producto haga que se obtenga un consumo más eficiente sobre la tarea en la que va a funcionar. Tras diversos planteamientos iniciales, y con una primera fase inicial de documentación ya finalizada, y dado nuestro escenario de actuación se eligió el camino de concienciar.

Un campo sobre el que exista mayor posibilidad de obtener una idea útil y sobre el cual tener mucho más campo sobre el que actuar. No ahorraríamos directamente, pero sí que nos enfocáramos en una labor complicada, había que pensar algo útil y que no se quedara en el olvido, una aplicación que le aportara información valiosa al usuario y que le llevara a un uso constante y no fuera un problema.

Con todo esto, se plantearon los siguientes conceptos. [7]

##### 3.1.1. Grupo 1-Concepto 1: Concienciación en familia.

Este concepto pretende concienciar sobre el uso del agua en el baño, por lo que toma datos del lavabo, la ducha y el baño. Para hacer más atractiva la concienciación, se ha creado una especie de competición entre los miembros de la casa de tal forma que los consumos de cada uno de ellos se contabilicen por separado. Al entrar en el baño se seleccionaría el usuario y, cuando utilizase el lavabo, la ducha o el inodoro, comenzaría a contar el consumo midiendo el caudal. Los datos finales de consumo se podrían consultar a través de Internet desde un ordenador o teléfono móvil.

Serían dos sistemas independientes pero interconectados para que puedas cambiar solamente la botonera si el número de usuarios aumenta. Se ha pensado que la botonera pueda hacer las funciones de interruptor de la luz del baño y, de esta forma, se seleccione el usuario al entrar al baño.

En este concepto, se pensaron las siguientes especificaciones electrónicas en rasgos generales:



Ilustración 10 Concienciación en familia [7]

- Comunicación:
  - Inalámbrico (Wifi, Bluetooth)
  - Cable
- Uso de sensores para medición de caudal. Se podría añadir información como la temperatura del agua, precisando de sensores de este tipo.
- Alimentación de 7v a 12v por cable. Sin uso a ser posible de baterías.
- Electrónica posiblemente basada en Arduino. Para prototipo, nuevo diseño de las diferentes PCBs.
- Procesamiento de información:
  - Sensar en todos los puntos donde se vaya a tener un consumo de agua.
  - Programación mucho más fácil.
  - Mayor coste económico (mayor cantidad de HW y posiblemente mayor coste de instalación del equipo de medición).
  - Sensar en un solo punto (entrada agua al baño):
  - Identificación de los diferentes consumos de agua mediante software (creación de un algoritmo para la identificación del uso del agua). Por ejemplo, las cantidades de agua que usa el WC son constantes y teniendo 1 o 2 valores como mucho.
  - Menor coste económico en hardware y quizás algo más sencillo de instalar el sistema de medición.



Ilustración 11 - Elementos básicos [7]

- Botonera de identificación del usuario (2 funciones):
  - Identificación del usuario que está haciendo uso del agua.
  - Conectar o desconectar la iluminación del cuarto de baño.

### 3.1.2. Grupo 1-Concepto 2: Cuanto gastamos.

Se trata de un sensor de humedad (hemos pensado que tenga una forma graciosa, tipo, un patito de goma) y que se encuentre flotando en el agua cuando te duchas o bañas.

Va conectado a una pantalla (preferiblemente iría sin cables) y en la pantalla se muestran datos aproximados del consumo. El “patito” se encarga de comprobar cuándo hay agua circulando y cuándo no y es la pantalla la que se encarga de mostrar datos midiendo el tiempo y haciendo una relación con el consumo y mostrando, por ejemplo, el coste [7].

- Comunicación únicamente inalámbrica.
- Alimentación por batería para el dispositivo correspondiente al sensor y por cable o batería para la pantalla o sistema de visualización de la información.
- Mediante el sistema de visualización podemos obtener el tiempo en el que se está usando el agua. Además se pueden sacar otros datos como un posible coste económico aproximado.



### 3.1.3. Grupo 1-Concepto 3: Regando las plantas.

#### ALTERNATIVA SIMPLE

Se trata de un dispositivo pequeño que se coloca en el pie de una planta y, midiendo la humedad del suelo, detecta si la planta necesita agua. Si el sensor dice que necesita agua, el dispositivo emite una luz

## Generación de conceptos

que va cambiando de color conforme vamos añadiendo agua. De esta forma se utiliza el agua estrictamente necesaria para regar cada tipo de planta.

El dispositivo mide la humedad de la tierra sobre la que se asienta la planta y de esta forma reconoce si ésta necesita mayor humedad o no. Para definir los valores de humedad que ha de tener cada variedad de planta existen varios programas que definen si la planta necesita un suelo muy húmedo, normal o poco húmedo. Según se va regando, se va aumentando la humedad y el dispositivo cambia de color como se ve en la imagen.

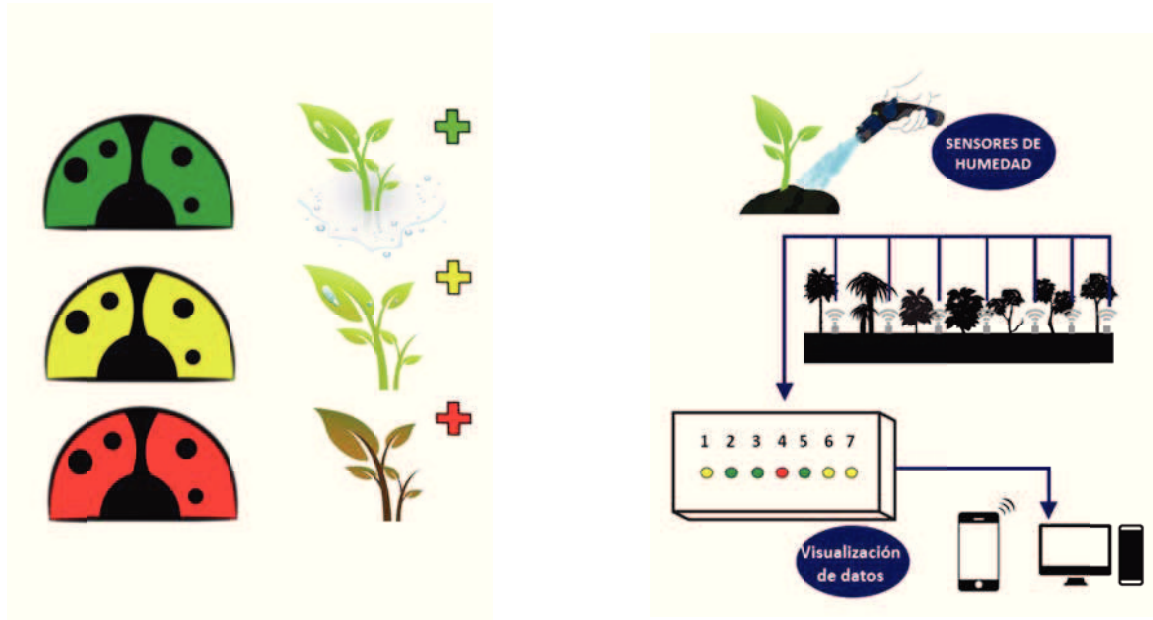


Ilustración 14 - Colores Mota [7]

- Medidor de humedad de la tierra digital.
- Diferentes opciones a la hora de visualizar información:
- Mediante una pequeña pantalla que
- muestre el valor en % o Mediante indicación luminosa usando varios colores. Cada uno correspondería a diferentes estados de humedad de la tierra.
- Alimentación por batería. De 5 a 7V.
- Comunicación Inalámbrica entre todos los dispositivos.
- Alimentación mediante batería o cable para los sensores. Batería para el accesorio de la manguera. Cable para la pantalla. De 5v a 12v.
- El accesorio para la manguera consiste en un pequeño sistema de visualización que permita seleccionar el sensor a mostrar la información.
- Se puede medir la humedad tanto en macetas como en un área de tierra mediante un sensor por maceta o una matriz de sensores para una superficie de tierra.
- Mediante una pantalla o con un PC, se puede acceder a la interfaz del sistema en la
- cual gráficamente se muestra el estado del jardín.

### ALTERNATIVA COMPLEJA

Surge de la alternativa simple pero adaptada a todo el jardín. Se pretende sensar todas las plantas del jardín del mismo modo que lo hacemos en la alternativa simple.

La información de todos los sensores podría mostrarse a través de un panel, y, también, directamente en la manguera para un control más cómodo.

### 3.2. Grupo 2

En este segundo grupo de trabajo, el rumbo seguido por ellos, se inclinó más en el sentido de una participación activa del concepto sobre el consumo de agua por parte del usuario. Así pues, más que concienciar, los conceptos propuestos fueron encaminados al ahorro de agua. Una tarea difícil hoy en día por la cantidad de soluciones que existen en el mercado para el hogar, lo que deja poco espacio para presentar una idea nueva. Pese al ahorro de agua que se podría plantear en grandes líneas mirando el procedimiento del usuario al realizar dicha tarea, se obtiene un gasto energético superior al necesitar calentar el agua para la aplicación oportuna, lo cual a fin de cuentas es que el ahorro de agua (en un plano económico) se perdiera en un mayor gasto energético [8].

#### 3.2.1. Grupo 2-Concepto 1: Humidificador de platos.



Ilustración 15 - Humidificador - Concepto [8]

#### ¿Qué necesidad se ha encontrado?

Cubrir de agua toda la vajilla para que no se sequen los restos de alimentos.

#### ¿Qué se propone?

Sistema expulsión vapor: Grifo

- Direccionable manualmente.
- Regulable mediante temporizador





### ¿Cómo?

Grifo estándar + zona para vapor en su conducción.

### ¿Conciencia o ahorra?

Ahorro: No tener que llenar todas las cacerolas por completo.

### ¿Qué forma presentará?

- Interior grifería de cocina
- Complemento.

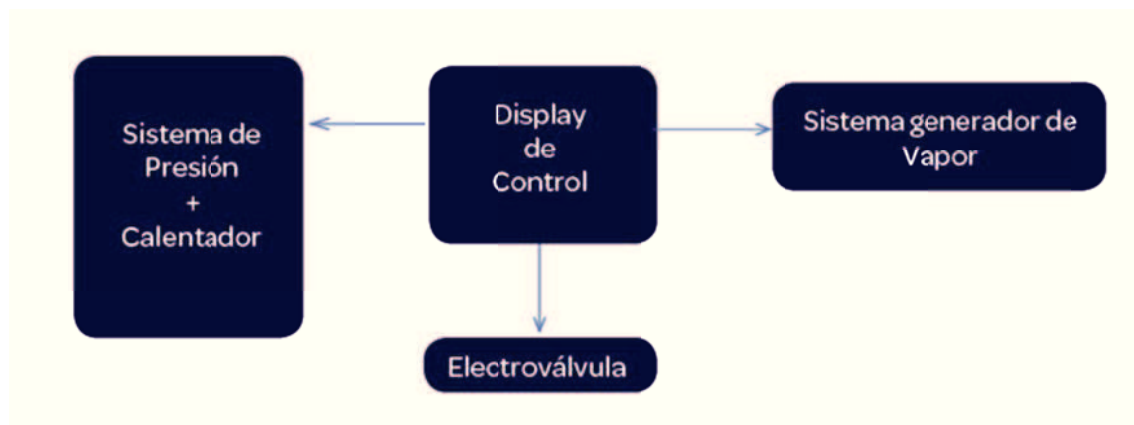
### Todas las cuberterías

Utilizar para toda la cubertería de menaje. Se acabó el tener platos y ollas con una máscara de suciedad pegada.

### Display y temporizador

El grifo cuenta con un display con el que el usuario podrá interactuar y seleccionar los tiempos de encendido del vapor.

En este concepto, podemos escribir a grandes rasgos por donde iría encaminada la electrónica.



- Electrónica de control basada en un microcontrolador (Atmel, Microchip)
- Opciones de visualización de los posibles parámetros:
  - 7 segmentos
  - LCD
- Alimentación:
  - Sistema de control 12/24v DC
  - Sistema de presión/Vapor + Calentador 220 V AC
  - Electroválvulas a 24V
- En el momento de actuar sobre el agua, tenemos dos opciones:
  - Posibilidad de Generar vapor de agua
  - Sistema que eleve un poco más la presión del agua

(si fuera necesario elevar la presión para lograr la pulverización), además habría que añadir una etapa que calentara el agua antes de ser pulverizada.

### 3.2.2. Grupo 2-Concepto 2: Afeitado Automático.

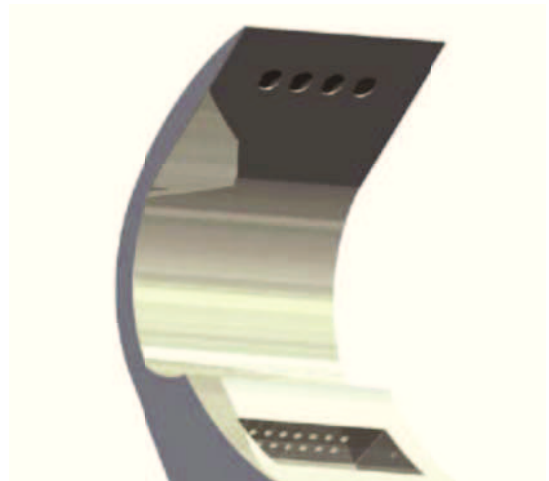


Ilustración 17 - Afeitado automático [8]

#### ¿Qué necesidad se ha encontrado?

Durante el afeitado se gasta mucha agua, ya que o bien se llena la pila de agua para sacudir la cuchilla o se abre el grifo en cada sacudida.

#### ¿Qué se propone?

Grifo limpiador de cuchillas automático:

- Expulsa agua a presión direccionada al detectar la presencia de la cuchilla.
- Reutiliza el agua al limpiarla mediante un filtro.

#### ¿Cómo?

- Grifo con sistema de limpieza de cuchilla integrado.
- Depósito y fontanería para reutilizar el agua.

#### ¿Conciencia o ahorra?

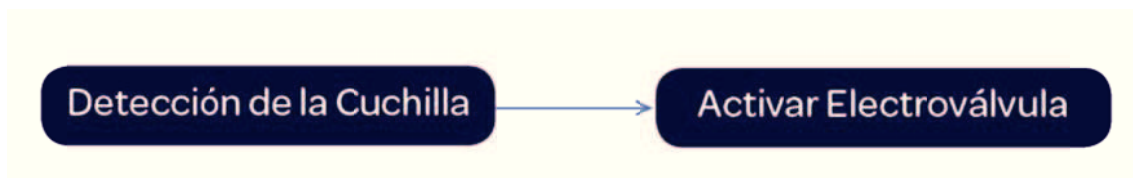
Ahorro: No tener que llenar la pila o abrir el grifo varias veces.



**Ilustración 18 - Afeitado automático – Análisis [8]**

cada cierto número de afeitados.

Este concepto tiene una electrónica muy sencilla, pues la finalidad es controlar el accionamiento de un motor (bomba de agua) mediante un sensor que detecte la cuchilla en un determinado lugar.



- Alimentación:
  - Dispositivo de control a 12/24v
  - Sistema de presión a 12/24v DC o 220v AC
  - Electroválvula a 24v o 220v
  - \* La misma electroválvula puede usarse tanto para vapor como para agua.
- Con la detección de la cuchilla, se actúa sobre una electroválvula que permite el paso del agua. Se precisará de un pequeño sistema que eleve la presión del agua al ser un circuito cerrado.
- Podría ser necesario elevar un poco la temperatura del agua con el fin de facilitar la limpieza de la cuchilla. Posible calentamiento del agua almacenada en el depósito.

### ¿Qué forma presentará?

- Grifo integrado.
- Fontanería debajo del lavabo.

### Filtro

Incorpora un filtro para limpiar el agua, que se extrae fácilmente para poder limpiar el pelo que genera el afeitado.

### Agua reutilizable

- El agua que ha quedado limpiada vuelve al depósito para volverse a utilizar.
- El depósito, situado debajo del lavabo, permitirá cambiar el agua

### 3.2.3. Grupo 2 - Concepto 3: Humidificador para la ducha.



Ilustración 19 - Humidificador para la ducha [8]

#### ¿Qué necesidad se ha encontrado?

- No apagar la ducha para mantener la sensación de calor y agua, durante el enjabonado

#### ¿Qué se propone?:

- Expulsar agua caliente pulverizada desde una columna de ducha.
- Pantalla para programar los tiempos de salida del agua (caliente y pulverizada).
- Se podrá regular su cantidad y temperatura.

#### ¿Cómo?

Columna:

- Orificios para la salida de agua.
- Pantalla para programarla.

#### ¿Conciencia o ahorra?

Ahorro: Cambio caudal de agua por agua pulverizada.

#### ¿En qué forma se presentara?

Columna de ducha independiente

Temporizar la duración antes de que salga el agua pulverizada y el tiempo durante el que saldrá.  
Posibilidad de su variación durante la ducha (manualmente pantalla)

- Cuenta atrás del tiempo (concienciar usuario)
- Modificarlo en caso de ser necesario.

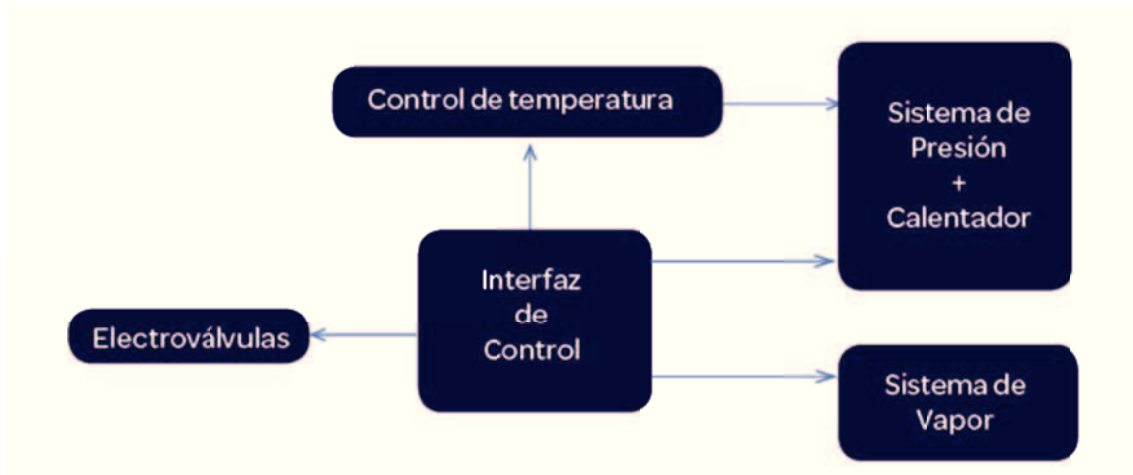


Ilustración 20 - Diagrama básico de la electrónica [8]

- Interfaz:
  - Pantalla Táctil
  - Botones e indicadores luminosos.
- Alimentación:
  - Sistema de control 12/24v DC
  - Sistema de presión/Vapor + Calentador 220 V AC
  - Electroválvulas a 24V
- Diseño del HW basado en Arduino como base de trabajo (microcontrolador Atmel).  
(Posibilidad de desarrollarlo usando microcontroladores de la empresa Microchip).
- División de la columna de vapor en varias secciones, las cuales serán activadas mediante la actuación sobre la electroválvula que vaya asociada a cada sección.
- Posibilidad de Generar vapor de agua o como alternativa, si fuera necesario mediante un sistema que eleve un poco más la presión del agua y así poder pulverizarla (Sería necesario calentar antes el agua).

### 3.3. Grupo 3

En mi último grupo con los que he trabajado, la situación se plantea más como en el primer grupo. Desde el principio se vio que resultaba muy difícil obtener una idea que actuara directamente sobre el consumo de agua y se inclinó por ofrecer varios conceptos entorno a concienciar al usuario [9].

### 3.3.1. Grupo 3 - Concepto 1: Sensar toda la casa.



Ilustración 21 - Sensar la casa [9]

#### Definición

Según se ha visto en la fase de Información y análisis, de la falta de ahorro y concienciación por parte de los usuarios, generalmente es debido a que no son conscientes de la cantidad de agua que consumen, llegando a creer, incluso, que consumen una menor cantidad. Por ese motivo se propone sensar todos los componentes de la casa que consumen agua, para poder obtener datos particulares para poderlos mostrar al usuario. El principal inconveniente es que el hecho de sensar todos y cada uno de los elementos puede suponer un gran coste, por lo que el usuario no podría estar dispuesto a asumirlo ya que podría hacer poco uso del producto una vez que estuviese concienciado. Por ello, se ha considerado que para que el usuario no tenga que asumir tanto coste, podría ser una empresa la que alquilara los sensores y los instalara en las viviendas. Cada mes el usuario pagaría una cuota por beneficiarse del sistema. Una vez finalizado el tiempo del alquiler, la empresa volvería a la casa del usuario y se quitarían los sensores. En el caso de que el usuario quisiera quedarse con el sistema, podría tener la opción de compra.

De esta forma se pretende ofrecer un sistema informativo y de control acerca del consumo del agua en cada vivienda, de una forma fácil y asequible [9].

#### Funcionamiento

Habría un sensor en cada elemento que consuma agua, que emitiría una señal y transmitiría los datos al dispositivo que quiera el usuario (ordenador, móvil, tablet, etc). De ese modo se pueden generar gráficos y relaciones entre las variables obtenidas por los sensores. También se podrá calcular el equivalente en coste económico tanto en el presente como en un futuro hipotético. Se considera también la opción de incluir datos informativos de interés y consejos para el usuario.

#### Visibilidad de los sensores

Se plantean dos alternativas distintas en cuanto a la visibilidad de los sensores:

- Sensores no visibles: No alteran visualmente el entorno del usuario y no suponen un elemento más para la limpieza y mantenimiento. Al estar más recogidos, estarán también más protegidos.

## Generación de conceptos

- Sensores visibles: El usuario tiene mayor consciencia del producto, siendo una referencia visual que podría influir en el uso del agua. Se podrán detectar con mayor facilidad fallos en los dispositivos. También se tendrá en cuenta que en algunos casos podría no ser factible el poner un sensor no visible, bien porque electrónicamente pudiera resultar inviable, o bien porque podría suponer un gran encarecimiento del servicio.

En la tabla adjunta se muestran algunas soluciones posibles atendiendo al tipo de elemento.

	VISIBLE	NO VISIBLE
Grietería	Dispositivo en la boca del grifo. Sin resultar agresivo visualmente.	En el interior del mueble en el que está situado el grifo.
Lavadora y Lavavajillas	No recomendable	En la parte posterior del elemento.
WC	En los pulsadores de la cisterna.	En el interior de la cisterna
Ducha	Nueva grifería. Dispositivo adaptable a grifería convencional.	Dispositivo a la entrada del baño (Cuantificación de la ducha= Total baño - Suma cantidades de los dispositivos restantes)



Ilustración 22 - Soluciones para sensor [9]

Se realiza el siguiente planteamiento electrónico:

- Alimentación a 12v. Posibilidad de usar baterías debido al uso temporal del sistema.
- Basado en Arduino:
  - Fácil implementación
  - Diversos módulos de comunicación inalámbrica de bajo coste
- Comunicación inalámbrica entre todos los dispositivos: Wifi, Bluetooth, Otros
- Ahorrar costes creando un algoritmo que procesara la información del consumo (Un dispositivo frente a 2 o 3 dispositivos).
- Visualización de información y/o procesamiento de datos se puede hacer vía Pc o Móvil.
- Comparación de consumos por horas, días, periodos
  - Tiempo de uso del agua.
  - Temperatura del agua y/o ambiente.
  - Otras.



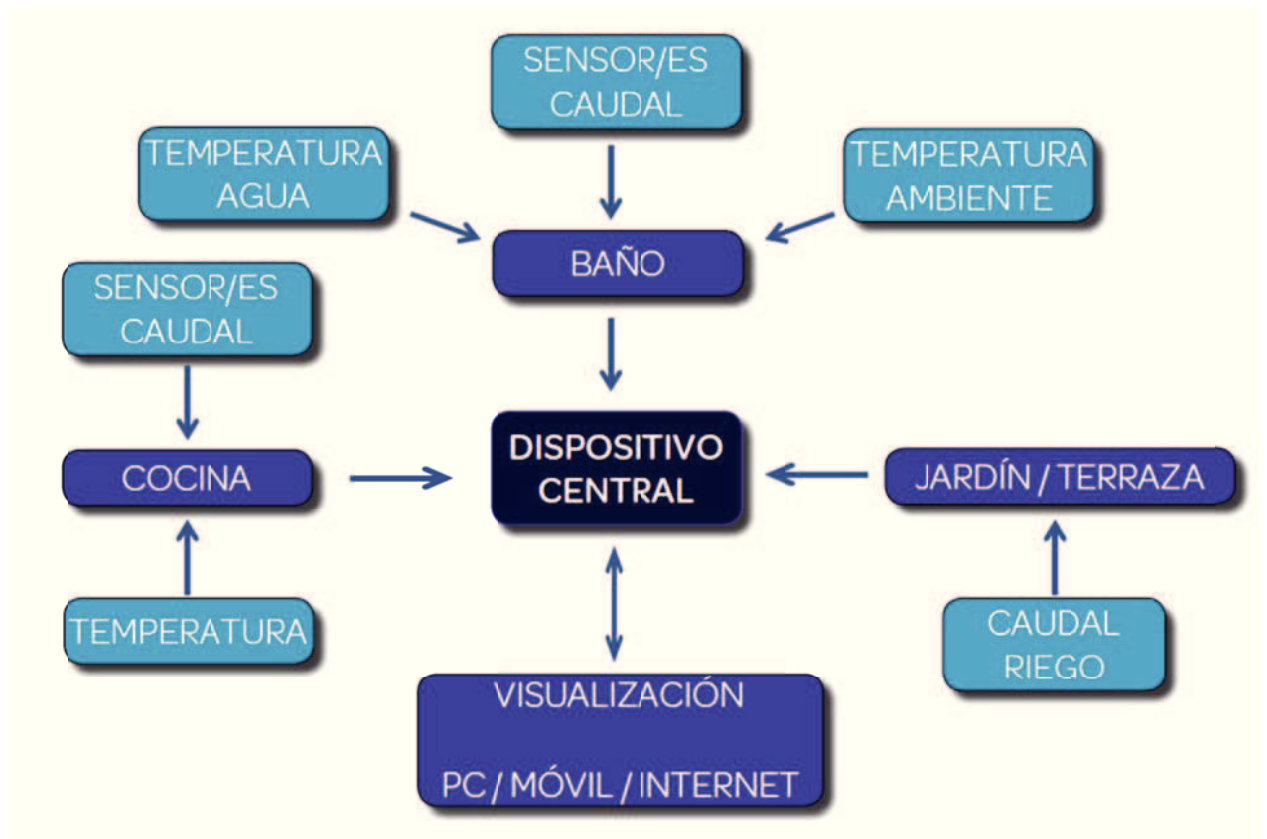


Ilustración 23 - Diagrama básico de la electrónica [9]

### 3.3.2. Grupo 3 - Concepto 2: Maceta inteligente.

#### Fácil cuidado y ahorro

Mantener una planta bien cuidada, con el riego suficiente y en condiciones ambientales óptimas, no siempre es fácil. Con este concepto, se pretende aunar el hecho de que podemos ahorrar agua, manteniendo el riego suficiente sin desperdiciarla, a la vez que mantenemos viva nuestra planta y nos ahorramos cambiarla continuamente, algo que nos hace gastar más y ser menos respetuosos con el medioambiente. Este concepto de maceta, llevará incorporado un sistema electrónico que nos facilitará cuidar de la planta y ser conscientes de las atenciones que necesita en todo momento. Visualizaremos fácilmente el nivel del agua, y las oberturas del depósito se emplazarán en la parte superior, lo cual nos permite el aprovechamiento del agua de lluvia, pudiendo así en temporadas, no tener que regar nuestra planta para nada y no tener que gastar agua. Con la previsión del tiempo, esto es aún más sencillo de prever. Toda la información se plasmará en una pantalla incorporada y se podrá trasladar a un dispositivo móvil del propio usuario. Por último el diseño será translucido, de ese modo no se oculta el estado de la planta y el nivel de agua que posee.





	Funcionamiento
Sensor de humedad	La maceta incorpora un sensor que mide la humedad de la planta en todo momento, de ese modo sabremos si la tierra se está secando y si es necesario cambiarla o simplemente activar el riego de forma manual.
Información meteorológica	El dispositivo electrónico será capaz de recaudar información meteorológica y enlazar con un dispositivo móvil, de este modo podremos saber con antelación si será necesario resguardar la planta o regarla menos. Esto será muy útil en el caso de usuarios que pasen temporadas de tiempo largas fuera del hogar.
Datos sobre los cuidados óptimos	En la programación del riego automatizado, podremos introducir cuidados especiales para plantas y tener una base de datos con familias de plantas concretas, que requieran una atención distinta unas de otras.
Riego automático	La maceta será capaz de adoptar un modo de riego automático, basándose en las necesidades que tenga ese tipo de planta y haciendo más fácil su cuidado.

Ilustración 24 - Funcionamiento [9]

En esta ocasión la electrónica fue planteada de la siguiente forma:

- Alimentación a 12v para el sistema de control y bomba de agua. De 12v/24v para las electroválvulas.
- Posibilidad de crear la electrónica basada en Arduino.
- Comunicación inalámbrica con el Pc o móvil (Wifi, Bluetooth, otros).
- Comunicación por cable entre todos los sensores, electroválvulas, otros accesorios con el dispositivo de control.
- Configuración del dispositivo de control vía pc.
- Posibilidad de almacenamiento de datos para una posterior consulta.
- Sistema de riego Manual/Automático por secciones o macetas de forma individual.

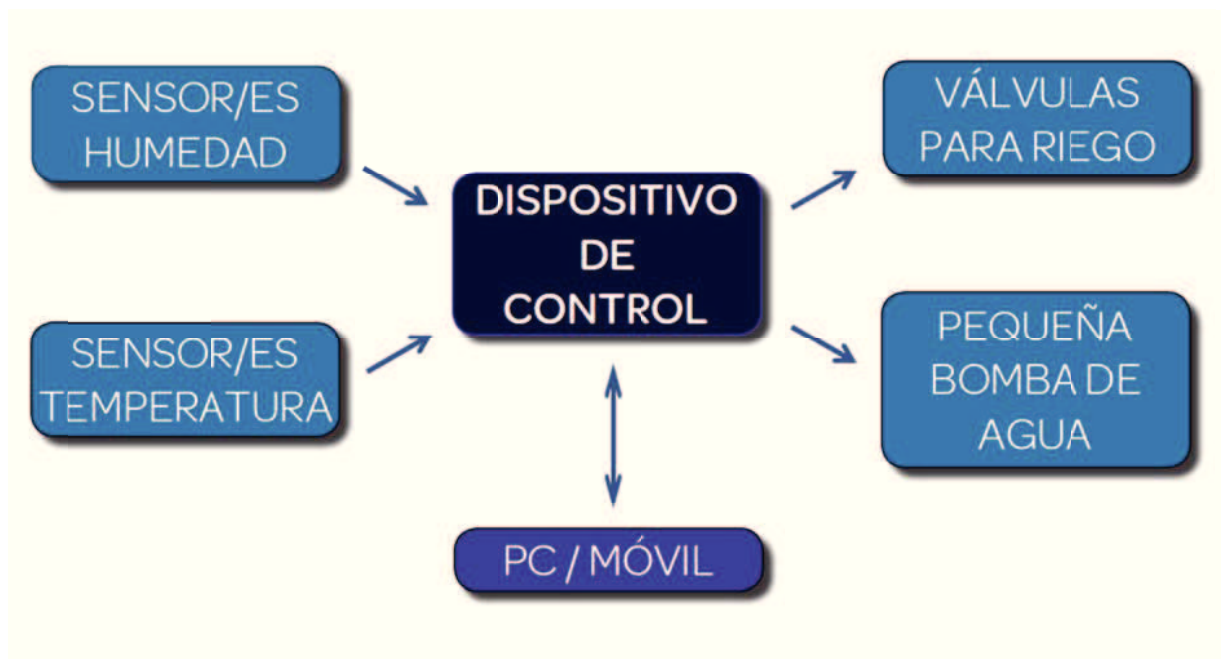


Ilustración 25 - Diagrama de la electrónica [9]

### 3.3.3. Grupo 3 - Concepto 3: Panel ducha.

#### Definición

El presente concepto tiene como fin principal conseguir la concienciación del usuario, creando hábitos correctos en el uso del agua y que ello derive en una reducción del uso del mismo. Tras verse que uno de los lugares donde más agua se consume de manera indiscriminada es la ducha/bañera se decidió realizar un sistema que conciencie personalmente a cada uno de los inquilinos de un domicilio. Cada usuario es diferente y atiende a unas necesidades puntuales, por ello durante los primeros usos, el producto estudiará a cada uno de ellos a fin de realizar un perfil del mismo, del que se sacará cuál es su consumo medio. A partir de ese punto la cortina/mampara de LEDs se iluminará en su totalidad, e irá disminuyendo proporcionalmente el número de LEDs iluminados a

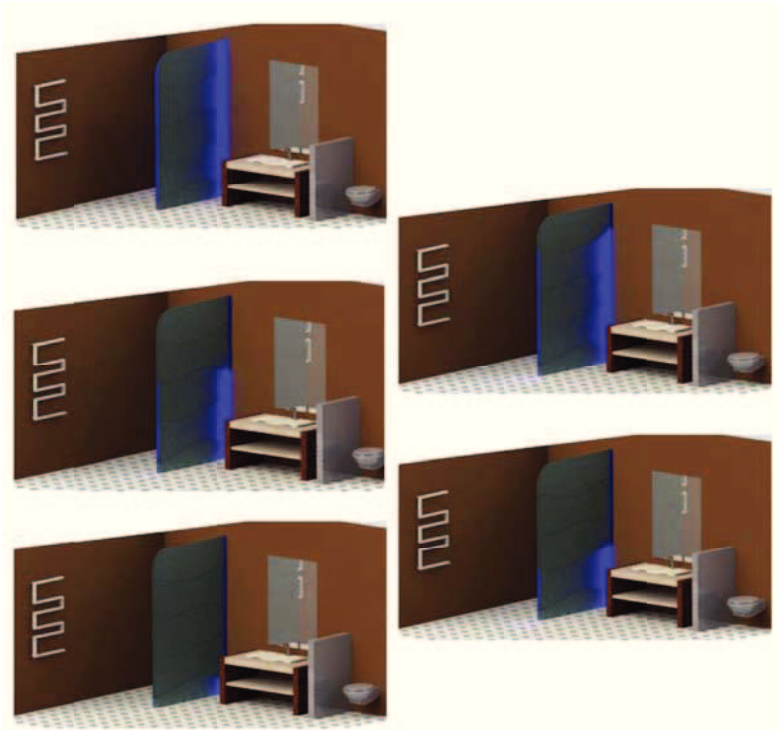


Ilustración 26 - Panel ducha [9]

medida que el usuario se está duchando. Con ello se pretende realizar una analogía entre la iluminación y la cantidad de agua que debería emplear en su higiene personal. Así mismo, para conseguir reducir el empleo de agua, progresivamente la equivalencia LED/litro irá aumentando hasta llegar a un tope. De este modo se consigue que el usuario utilice cada vez menos agua. Y puesto que se realiza una toma de datos, ésta podría consultarse consiguiendo de este modo que el usuario pueda comprobar cómo ha ido disminuyendo su consumo, quién ha sido el que más ha conseguido y cuándo se gasta más.

Situación electrónica:

- Alimentación 12v DC
- Dispositivo electrónico de control basado en Arduino.
- Visualización de consumo:
  - LEDS RGB
  - Formas pre-programadas



Ilustración 27 - Diagrama electrónica [9]

### 3.4. Concepto Seleccionado

Para la selección del concepto a desarrollar, se realiza una presentación con cada equipo de diseñadores, en la que se defiende el valor de cada concepto expuesto. El jurado de las exposiciones y los encargados de escoger el concepto a desarrollar valorando el grado de innovación y creatividad y su potencial de viabilidad y aplicación, de entre todos los conceptos presentados de un mismo escenario, recae sobre los profesores de las distintas asignaturas que participan en el proyecto.

El concepto seleccionado para ser desarrollado hasta el nivel de prototipo se corresponde con el concepto **Regando las plantas - Bambú (3.1.3)**, desarrollado conjuntamente con el grupo 2 de diseñadores. En reuniones posteriores con los directores de proyecto, los cuales coinciden con los profesores de las distintas asignaturas, se especifican una serie de restricciones que debe cumplir el producto, entre las que destaca la comunicación entre el producto a desarrollar y un elemento externo; además de aportar distintas vías de desarrollo para abordar el proyecto.

En colaboración con el equipo de diseñadores, se desarrolla el producto principal en versión de prototipo y el elemento externo de forma conceptual, quedando pendiente el desarrollo del elemento externo para el equipo electrónico, así como el desarrollo final del producto principal.

### 4. Especificaciones de diseño

Como arranque en el desarrollo del producto, redacto unas especificaciones de diseño realizadas por los integrantes del equipo de diseñadores. [7]

#### 4.1. Ámbito

El proyecto consiste en el diseño y desarrollo de un dispositivo que monitoree el estado de humedad de la tierra en la que están plantadas diversas plantas. Puede ir desde una simple maceta en casa, hasta un jardín.

El producto ayuda a concienciar a los usuarios contra malgasto de agua que se puede generar en el proceso de regar las plantas o el jardín. Dado que se trata de un dispositivo de varios sensores y comunicados de forma inalámbrica, el límite de la extensión de terreno a cubrir sería el de la cobertura capaz de ofrecer el dispositivo.

El producto radica en dos dispositivos. Uno es el modulo central donde se recibe la información que envían los diferentes dispositivos llamados motes. La información se visualiza usando colores, siendo estos el verde, amarillo y rojo. Dichos colores, representan el estado de humedad de la tierra en la que esta pinchado el mote.

#### 4.2. Normativa

Las normas que el producto debe cumplir son las siguientes:

- **2011/65/UE:** Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas en aparatos eléctricos y electrónico (RoHS)
- **D.C. 2004/108/CEE:** Compatibilidad Electromagnética (EMC)
- **1999/5/CE:** Equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación (RTTE)

#### 4.3. Información General

En este punto se exponen información necesaria para el desarrollo del producto

##### 4.3.1. Necesidades del cliente y expectativas razonables

El producto deberá cumplir su función principal, concienciar al usuario de cuánta agua necesita destinar al mantenimiento de sus plantas o jardines.

Para lograr el objetivo, se trabaja en dos dispositivos, un dispositivo central y otro dispositivo (pueden ser varios) que llamaremos mota, el cual se encarga de medir la humedad de la tierra, indicar mediante varios led el estado de esta y enviar la información al dispositivo central. Las claves principales serán las de lograr tamaños reducidos y gran autonomía.

##### 4.3.2. Descripción de usuarios

Los usuarios principales son los adultos. Será necesario hacer un producto de fácil uso, que sea útil y no requiera un excesivo mantenimiento. Si no podemos lograr esto, el usuario podría no lograr ponerlo en marcha o descartaría su uso debido a que no sea practico.

### **4.4. Requisitos**

A continuación se redactan los requisitos que debe cumplir el producto

#### **4.4.1. Críticos**

En este punto se describen los requisitos críticos del producto.

##### **4.4.1.1. Funciones**

Como ya se ha nombrado el producto deberá concienciar al usuario de la cantidad de agua que esta usando en su tarea de regar las plantas.

##### **4.4.1.2. Usuarios**

En cuanto al usuario beneficiario principal, el producto debe adaptarse a sus características físicas y cognitivas. Además debe ser atractivo visualmente e identificable por dicho usuario. El producto además debe ser fácilmente identificable y atractivo visualmente, debido a que puede ser parte de la decoración en un jardín.

El rango de exigencia que implique el producto se debe adaptar al usuario.

##### **4.4.1.3. Ergonomía**

El dispositivo central, llamado mando, debe estar ergonómicamente adaptado al usuario tanto antropométricamente como biomecánicamente.

Habrà que tener en cuenta la posición del usuario en cuanto a su punto de mira o campo de visión, con el fin de adaptar las motas al usuario.

##### **4.4.1.4. Estructura morfológica**

El producto debe estar constituido por el menor número de piezas posible. Además constará de un alto grado de estancamiento ya que el producto tendrá electrónica en el interior del producto, en ningún momento tiene que haber contacto con el agua en su interior. En caso de haber contacto de la electrónica con el agua, no debe generarse ninguna situación de peligro para el usuario. Asimismo deberá adecuarse a los aspectos ergonómicos y al entorno al que va destinado.

La instalación del producto será solo apta para personal responsable, ya que el dispositivo denominado motas, contiene partes punzantes que pueden generar un riesgo si no se manipulan adecuadamente.

##### **4.4.1.5. Interfaz**

La interfaz que tenga el producto debe ser comprensible por los usuarios beneficiarios, adaptándose por tanto a sus características. Asimismo deberá ayudar a entender el correcto uso del producto.

### **4.4.1.6. Factores estéticos**

Estéticamente, el dispositivo estará acorde con el entorno y el usuario hacia el que va dirigido, en cuanto a colores y acabados. Se tendrá en cuenta además las tendencias actuales y las líneas estéticas adecuadas.

### **4.4.1.7. Materiales**

Los componentes que se van a usar deberán ser estancos para que el agua no entre a los componentes electrónicos. Además el producto debe poder desinstalarse y limpiarse siempre y cuando sea necesario.

El material o producto no se deteriorará con facilidad con el agua y el sol, por el uso al que va dirigido.

### **4.4.1.8. Fabricación**

El producto se podrá fabricar en serie, además se elegirá el proceso de fabricación que al menor coste, sea el proceso más fiable.

### **4.4.1.9. Medio Ambiente**

Todos los aspectos relacionados con el producto deberán ser lo más respetuosos posible con el medio ambiente, durante la selección de materiales y el proceso de fabricación.

### **4.4.1.10. Deseables**

En este punto se describen los requisitos deseables del producto.

### **4.4.1.11. Funciones**

Se intentará que el producto permita la lectura de la información que emite al usuario de la forma más fácil.

### **4.4.1.12. Estructura morfológica**

Se intentara adaptar el producto al uso más cómodo para el usuario.

### **4.4.1.13. Materiales**

En el caso de que sea posible el producto estará fabricado con el mínimo número de materiales que sea posible.

## **4.5. Descripción del Producto Desarrollado**

A continuación se realiza una breve descripción de los productos desarrollados en este proyecto [7].

### 4.5.1. Bambú

El producto Bambú tiene como función principal la de concienciar al usuario sobre el uso del agua en la tarea de regar plantas o jardines en el hogar.

Se han creado dos dispositivos, uno que realiza las mediciones de la humedad de la tierra y envía dicha información a otro dispositivo al que pueden ir conectados varios sensores. En este dispositivo, se visualiza mediante indicadores luminosos LED RGB el estado de ese sensor mediante 3 colores.

Los dispositivos encargados de realizar la medición de la humedad de la tierra se denominarán motas, y podrán usarse hasta un máximo de 6 motas simultáneamente. Cuando se abarque el tema de investigaciones futuras, se propondrá, entre otras cosas, el adaptar el producto a un mayor número de sensores y así poder sensar mayores puntos a la vez.

En la siguiente imagen, podremos apreciar el mando (izquierda) y una mota (derecha).



Ilustración 28 - Producto Principal [7]

#### 4.5.1.1. Bambú – Mando

Este dispositivo será el que denominemos a partir de ahora Mando. Se trata de un control del estado de las plantas. Consta de un botón Visualizar que permite recibir información del estado de las plantas del jardín sin necesidad de salir de casa.

Consta de 6 leds que van relacionados con las 6 motas que el usuario colocará en el jardín. Al activar el pulsador Visualizar, se iluminarán los leds del Mando según el estado de las plantas, mediante un código de color (rojo, amarillo y verde) similar al de los semáforos, y también se iluminarán los leds de las Motas del jardín. Se apagarán a los 5 minutos.



Ilustración 29 - Bambú Mando [7]

### 4.5.1.2. Bambú – Mota

Este dispositivo se clava en el suelo para estar en contacto con la tierra. En las puntas inferiores lleva dos sensores de humedad, que, mediante la aplicación de una tensión, mide la humedad del suelo. Posteriormente la relaciona con unos parámetros establecidos e informa al usuario de la necesidad de agua de sus plantas.

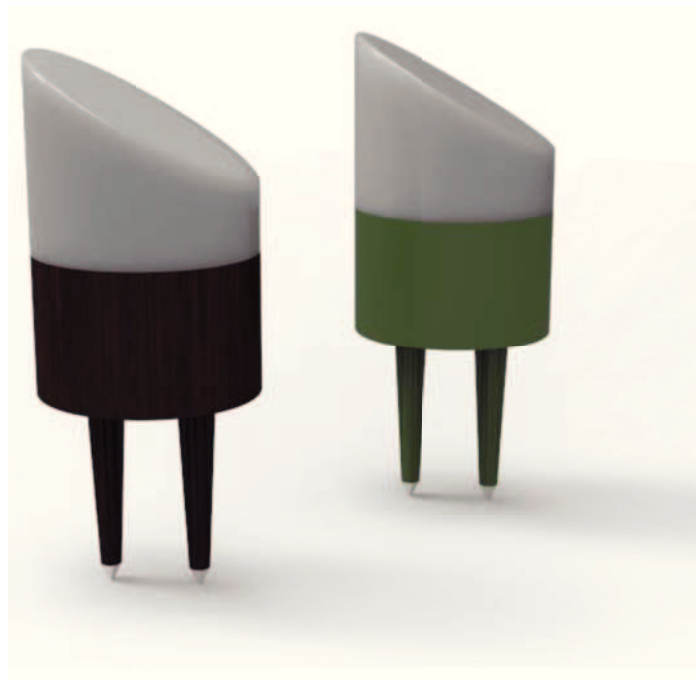


Ilustración 30 - Dispositivo Mota [7]



## 5. Diseño Estructural

En la figura 5.1 y la tabla 5.1, se muestra el parte del trabajo del equipo de diseñadores mediante un despiece de la estructura final de la mota, con una breve descripción de cada parte. En el **Anexo C – Ahorro de agua en viviendas particulares, Dossier Fase 3 Reducido** se encuentra más información relativa a la estructura del producto y su acabado final. Este acabado tiene una fuerte repercusión a la hora de realizar el diseño de la placa de circuito impreso, puesto que, como se muestra en apartados posteriores, limita sus dimensiones y fija la posición de algunos componentes electrónicos en la misma.

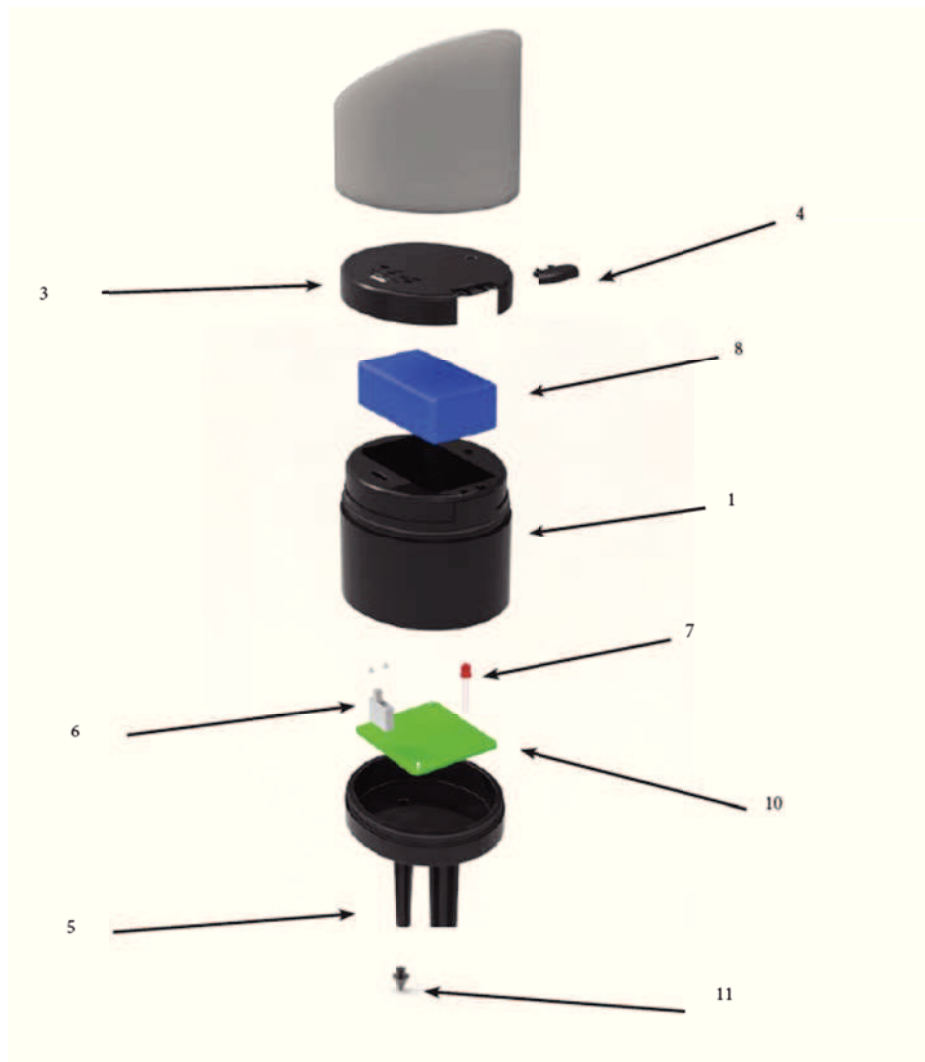


Ilustración 31 - Análisis Estructural [7]

MARCA	DESCRIPCIÓN	FUNCION PRINCIPAL	ANCLAJE
1	Cuerpo	Chasis de la mota	
2	Capucha	Proteger la electrónica	Roscado
3	Tapa	Separar la batería	Asentamiento
4	Pieza Tapa	Acceso a la batería	Encaje
5	Base	Soporte de la electrónica	
6	Interruptor 3 posiciones	Selección del modo de operación	Soldado
7	Led RGB	Indicador visual	Soldado
8	Batería	Alimentación	Encaje
9	Juntas Tóricas	Arandelas de plástico para mejorar la estanqueidad	Asentamiento
10	PCB	Placa de circuito impreso que forma la electrónica	Atornillado
11	Puntas metálicas	Sensores de humedad.	Roscado

Tabla 3 - Análisis estructural [7]

## 6. Diseño Electrónico

A continuación, se encuentra redactado el diseño electrónico de los productos a desarrollar, donde se incluyen sus diagramas de bloques generales y los distintos componentes seleccionados para la realización del diseño del producto final.

### 6.1. Diagrama de bloques general

Las siguientes figuras muestran los diagramas de bloques generales empleados para el desarrollo de ambos productos.

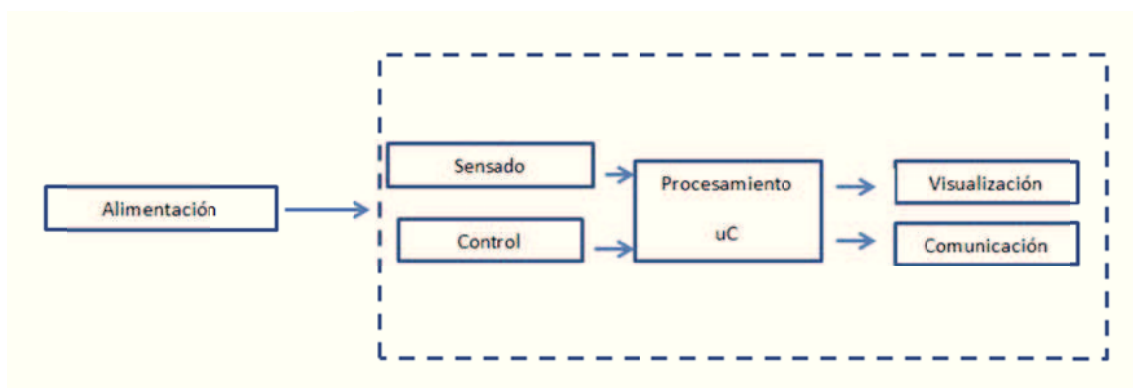


Ilustración 32 - Diagrama de bloques general de la Mota

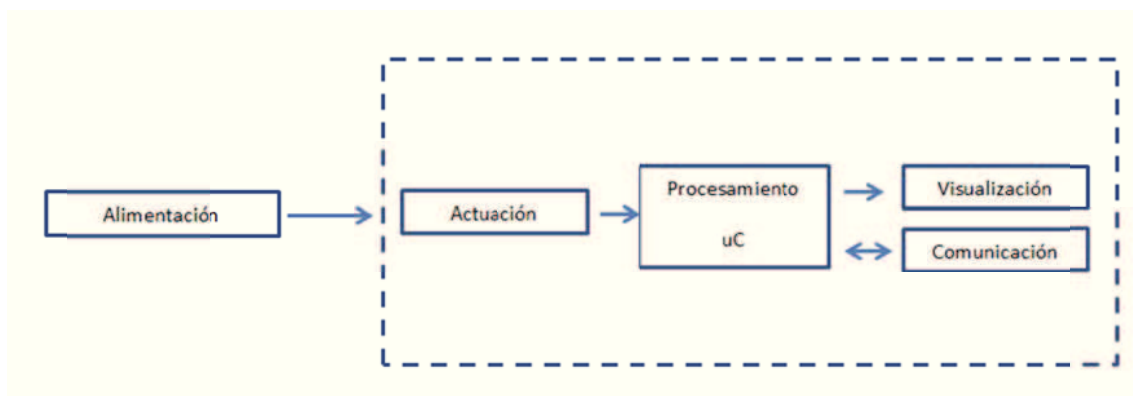


Ilustración 33 - Diagrama de bloques general del Mando

### 6.2. Búsqueda de información y elección de componentes

A continuación se ha redactado la elección de los componentes electrónicos de los productos.

### 6.2.1. Sensores

Se van a valorar diversas opciones que hay para medir la humedad del suelo. De entre todas las opciones disponibles, ya hemos descartado inicialmente gran parte de los diferentes tipos de sensores. Ahora vamos a seleccionar entre los dos tipos de sensores, el que más puede adecuarse a nuestras exigencias. En la siguiente tabla, muestro varios puntos a tener en cuenta para la elección del tipo de sensor.

Resistivos		Capacitivos	
Pros	Contras	Pros	Contras
Fácil instalación y adaptación.	Medidas poco precisas	Medidas precisas de la humedad del suelo.	Coste elevado.
Tamaño reducido y sensores económicos	Precisa de un mantenimiento	Acceso a mayor profundidad del suelo debido al tipo de instalación que se debe efectuar	Instalación con cierta complejidad del sensor. Mediciones erróneas si la instalación no se efectúa adecuadamente.
Electrónica de control muy sencilla	Complejidad a la hora de medir a una cierta profundidad del suelo.		Precisa de una mayor electrónica de control, con lo que aumenta el coste y el tamaño de la PCB.
Recambios económicos (debido al desgaste que se produce dado el método de medición)	Precisan de calibración para un correcto funcionamiento		Precisan de calibración para un correcto funcionamiento

Tabla 4- Comparativa de sensores Resistivos y Capacitivos

#### 6.2.1.1. Tipo de sensor seleccionado

Para la elección del sensor, he seguido los siguientes puntos:

- Coste del sensor. Debido a sensores económicos, disponibilidad de recambios.
- Instalación del sensor. En este caso, facilidad de instalación de la mota, para ello se precisa que el sensor permita una inserción fácil en la tierra.
- Evitar la complejidad en la electrónica para abaratar la solución y en gran medida, evitar posibles fallos técnicos.

Aplicando los criterios recién mencionados, el tipo de sensor seleccionado es el sensor de humedad de tipo resistivo. Debido a las características del producto (mota), se realizara un sensor de propio para este producto, siguiendo fielmente las características de este tipo de sensor.

### 6.2.2. Microcontrolador (MCU)

El microcontrolador (MCU), es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y unidades de E/S. A diferencia de los microprocesadores, que son sistemas de control que tienen una gran potencia de cálculo y que trabajan a grandes velocidades de procesamiento; es que los microcontroladores tienen integrados la unidad de memoria mientras que los microprocesadores tienen la memoria externa y sólo se ocupan del procesamiento de los datos y no de su almacenamiento. Los MCU son baratos, rápidos, y fáciles de usar y programar bajo lenguaje C o lenguaje ensamblador. Hoy en día son dispositivos muy utilizados y que vienen a sustituir a muchos dispositivos como ASIC y FPGA en muchas aplicaciones, ya que su nivel de programación es más alto que estos dispositivos. El control es muy fiable y con muchas prestaciones. Existe una gran diversidad de microcontroladores. Quizá la clasificación más importante sea entre microcontroladores de 4, 8, 16 o 32 bits. Aunque las prestaciones de los microcontroladores de 16 y 32 bits son superiores a los de 4 y 8 bits, la realidad es que los microcontroladores de 8 bits dominan el mercado y los de 4 bits se resisten a desaparecer. La razón de esta tendencia es que los Microcontroladores de 4 y 8 bits son apropiados para la gran mayoría de las aplicaciones, lo que hace absurdo emplear micros más potentes y consecuentemente más caros. Por lo general los fabricantes de microprocesadores lo son de microcontroladores. Los fabricantes de microcontroladores son más de 50, entre los que se encuentran Atmel, Motorola, Intel, Microchip, NEC, Hitachi, Mitsubishi, Philips, Matsushita, Toshiba, AT&T, Zilog, Siemens, National Semiconductor, Texas Instruments.

#### Componente seleccionado

Este proyecto tiene su base en el uso de un microcontrolador de la casa de Microchip. Esto es debido a que se trata de un gran micro, el cual presenta unas características muy interesantes y estoy familiarizado con su uso debido a la realización de proyectos a nivel personal.

En nuestro caso, se utilizarán dos modelos de micros. Fijándonos por un lado en las características de consumo y por otro en el patillaje disponible para la conexión de los diversos elementos sin tener que usar circuitería adicional. Los dos MCU elegidos son el 18F26J50 para los motores, y el 16LF876A para el mando. En la página 491 del datasheet de la familia 18FXXJ50[10] podremos ver los datos referentes a consumo según los diferentes modos. Mientras que en el otro modelo, dado que el mando siempre se debería encontrar conectado a la alimentación mediante una estación de carga o un cable alimentador, no es crítico su consumo. No obstante, los detalles referentes a consumos se encuentran a partir de la página 175 del datasheet de la familia 16F87XA [11]. Otro detalle importante en la elección del modelo de MCU para la mota es el de disponer de un bloque interno en el micro denominado RTCC. Era importante este detalle para no tener que añadir circuitería adicional debido al poco espacio disponible para la PCB. El modelo elegido dispone de tal bloque, que con un cristal adicional, nos permite activar los modos de bajo consumo y salir de ellos con un tiempo pre-definido. Es de vital importancia desarrollar una aplicación que pueda reducir su consumo a niveles muy bajos para así lograr mayores autonomías y que el usuario no tenga que preocuparse de las motas. No obstante, en el apartado de “líneas futuras” se proponen diversos puntos a investigar con el fin de mejorar la autonomía en mayor medida con la ayuda de elementos adicionales.

En el caso de el mando y dado que no precisamos grandes exigencias del MCU, únicamente tener pines suficientes para conectar todos los dispositivos, nos centramos en elegir de la serie 16F87XA el modelo más grande. Estos datos, los podemos ver en la página 3 del datasheet de la familia 16F87XA [11].

### 6.2.3. Indicadores visuales

Las posibles soluciones planteadas para el indicador visual tienen que ver con la funcionalidad que se intenta implementar en el producto a desarrollar. Mientras que para el producto principal, se busca la

concienciación de los niños mediante la simulación de distintas expresiones, en el producto secundario se busca indicar el nivel de las baterías y visualizar datos del consumo de agua.

- **Diodo LED**

Un LED (*Light-Emitting Diode*) es un tipo de diodo que emite luz incoherente de espectro reducido, es decir, con diferentes longitudes de onda, cuando es atravesado por una corriente eléctrica y está polarizado de forma directa. El color, depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo.

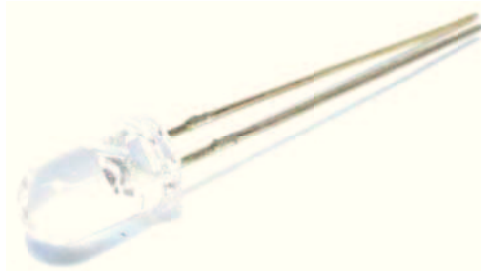


Ilustración 34 - Diodo LED



Ilustración 35 - Diodo LED RGB

Los LED presentan muchas ventajas, principalmente por el bajo consumo de energía, mayor tiempo de vida, tamaño reducido, durabilidad, resistencia a las vibraciones, reducen la emisión de calor, no les afecta el encendido intermitente y esto no reduce su vida promedio, y en la mayoría de los colores (a excepción de los LED azules), cuentan con un alto nivel de fiabilidad y duración.

- **LCD**

Una pantalla de cristal líquido o LCD, es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica.



Ilustración 36 - LCD1602

- **Display de 7 segmentos**

El visualizador o *display* de siete segmentos es una forma de representar números en equipos electrónicos. Está compuesto de siete segmentos que se pueden encender o apagar individualmente. Cada segmento tiene la forma de una pequeña línea. Se podría comparar a escribir números con cerillas o fósforos de madera. Es un componente que se utiliza para la representación de números en muchos dispositivos electrónicos debido en gran medida a su simplicidad. Aunque externamente su forma difiere considerablemente de un diodo LED típico, internamente están constituidos por una serie de diodos LED con unas determinadas conexiones internas, estratégicamente ubicados de tal forma que forme un número 8.

### Componente seleccionado

Dado que la aplicación debe ser de un tamaño reducido, bajo consumo y muy fácil para el usuario, el componente seleccionado de los diferentes indicadores visuales tanto para el mando como para las motas es el led. Concretamente será un led RGB para las motas y varios leds RGB para el mando (un total de 6 leds para la versión básica del mando).

En desarrollos futuros, se propondrá el uso de alguna pantalla LCD grafica o incluso la interacción con un dispositivo móvil.

### 6.2.4. Comunicación inalámbrica

A continuación se analizan los posibles métodos de comunicación inalámbrica entre los dos productos.

- **Bluetooth**

Se denomina *Bluetooth* al protocolo de comunicaciones diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo, que requieren corto alcance de emisión y basados en transceptores de bajo costo.

Los dispositivos que incorporan este protocolo pueden comunicarse entre ellos cuando se encuentran dentro de su alcance. Las comunicaciones se realizan por radiofrecuencia de forma que los dispositivos no tienen que estar alineados y pueden incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión es suficiente. Estos dispositivos se clasifican como "Clase 1", "Clase 2" o "Clase 3" en referencia a su potencia de transmisión, siendo totalmente compatibles los dispositivos de una caja de ordenador

CLASE	POTENCIA MÁXIMA PERMITIDA (mW)	POTENCIA MÁXIMA PERMITIDA (mW)	ALCANCE (APROXIMADO)
Clase 1	100 mW	20 dBm	30 metros
Clase 2	2.5 mW	4 dBm	5-10 metros
Clase 3	1 mW	0 dBm	1 metro

Tabla 5 - Clases de Bluetooth en referencia a la potencia de transmisión

- **Infrarrojos (IR)**

La radiación infrarroja, radiación térmica o radiación IR es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que la de las microondas. Consecuentemente, tiene menor frecuencia que la luz visible y mayor que las microondas. La comunicación basada en infrarrojos es una de las soluciones más comunes para mandos a distancia tanto domésticos como en ámbitos industriales. El funcionamiento está basado en un pequeño circuito integrado que reconoce la señal y determina qué botón fue presionado; en base a esa información da orden a un cristal para que genere un impulso eléctrico con una frecuencia determinada. Ese impulso es transmitido a un LED que lo envía convertido en radiación infrarroja. El receptor puede reconocer el botón pulsado midiendo la frecuencia de la radiación.

- **Radiofrecuencia (RF)**

El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz. Cuando la onda de radio actúa sobre un conductor eléctrico (la antena), induce en él un movimiento de la carga eléctrica que puede ser transformado en señales de audio u otro tipo de señales portadoras de información. El emisor tiene como función producir una onda portadora, cuyas características son modificadas en función de las señales a transmitir. Propaga la onda portadora así modulada. El receptor capta la onda y la «desmodula» para hacer llegar al espectador auditor tan solo la señal transmitida. Las transmisiones de televisión, radio, radar y telefonía móvil están incluidas en esta clase de emisiones de radiofrecuencia.

### Componente seleccionado

La comunicación inalámbrica se va a realizar mediante módulos RF. Dentro de los diferentes módulos RF tenemos de varios tamaños, consumos y frecuencias. Debido a que precisamos un tamaño, consumo y coste reducidos, nos vemos obligados a descartar los módulos RF en las frecuencias de 315Mhz y 433Mhz. De las diferentes opciones disponibles, nos vamos a centrar en los módulos de 2,4Ghz denominados nRF24L01. Estos módulos disponen de versiones con antena incorporada o con conectores de diferentes tipos (SMA, UFL, etc). Para nuestra aplicación, nos servirán los módulos con antena en la PCB [12].

Además, con el modulo seleccionado tenemos integrado en un mismo dispositivo el emisor y receptor, lo cual nos ahorra costes y espacio en nuestro diseño.

Otro de los motivos para elegir tal modulo, es la facilidad en la gestión de la comunicación [13].

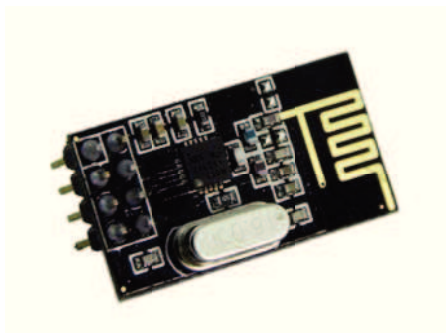


Ilustración 37 - Módulo de comunicación nRF24L01



### 6.2.5. Alimentación

En cuanto a la alimentación del producto electrónico, tanto en lo correspondiente al dispositivo mando o a las motas, se ha elegido usar baterías de tipo li-ion de 2000 mAh.

### 6.3. Diseño de Bambú - Mota

En este punto se encuentra redactado el proceso de diseño de la mota mediante la descripción de cada bloque.

#### 6.3.1. Diagrama de bloques

En la figura XXX se aprecia el diagrama de bloques como base para el desarrollo del circuito de la mota.

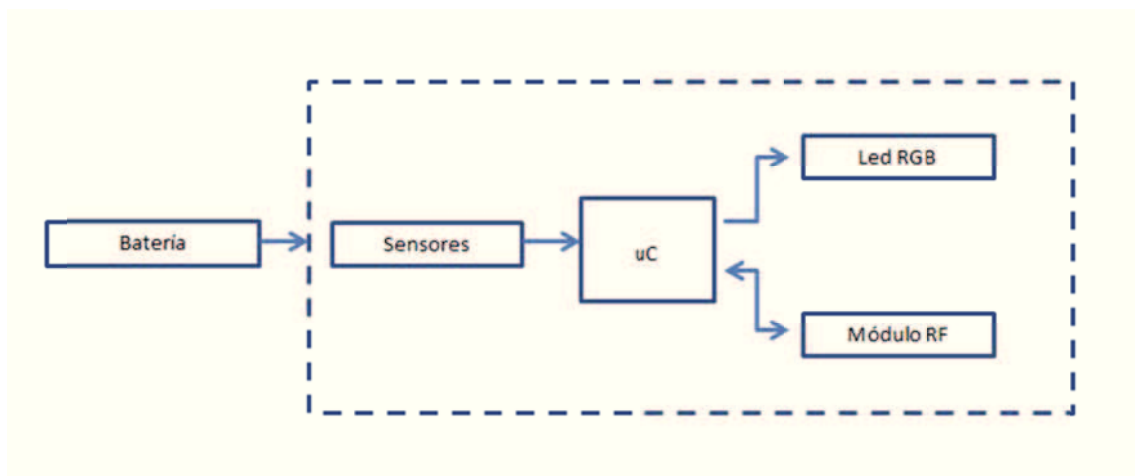


Ilustración 38 - Diagrama de bloques de la mota

#### 6.3.2. Batería

El circuito de alimentación lo forma una batería de Li-ion modelo 6SP063450 – 2000mAh 3,7V. Se ha elegido la capacidad de la batería a partir del consumo de la aplicación, el cual lo hemos calculado a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad (mAh)} = \text{Consumo (mA)} * \text{Tiempo (h)}$$

Para poder calcular la capacidad mínima necesaria para el correcto funcionamiento del producto, es necesario conocer el consumo del dispositivo.

La mota tiene un consumo medio de 14mAh durante el tiempo que se encuentra activa. Dado que el mayor parte del tiempo, el dispositivo se encuentra “durmiendo”, la autonomía de este aumenta de forma muy considerable.

$$\text{Autonomía (h)} = 2000\text{mAh} / 14\text{mAh} = 142,8 \text{ horas} = 5,9 \text{ días}$$

Si no usáramos sleep, la autonomía del dispositivo sería de casi 6 días. Si añadimos dicha función, y hacemos que el dispositivo trabaje unos pocos segundos mediante la programación y el resto del tiempo se encuentre en modo de bajo consumo, podemos alcanzar autonomías más interesantes.

Si tenemos el dispositivo activado durante 1 minuto, y posteriormente lo dormimos 5 minutos, nuestra autonomía se multiplicaría por 10, obteniendo casi 2 meses de funcionamiento. Obviamente, estas cifras se pueden mejorar optimizando la programación, y realizando ciclos de sueño mucho más óptimos para lograr unos mejores resultados.

Además, se ha añadido un regulador de tensión MCP1700 con sus respectivos condensadores necesarios para su funcionamiento. Esta etapa, alimentaría a todo el sistema, dándonos una tensión estable al resto de etapas o módulos. Es necesario alimentar todo a una tensión de 3,3v debido a las características de los componentes elegidos.

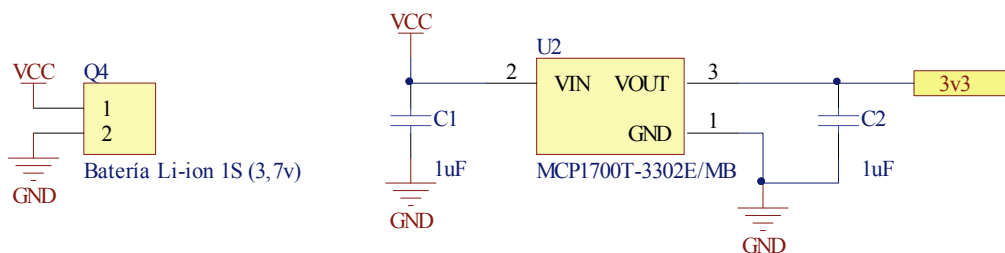


Ilustración 39 - Esquema de alimentación

### 6.3.3. Microcontrolador (MCU)

El microcontrolador elegido para el dispositivo de la mota es el PIC 18F26J50. Este componente es el encargado de gestionar todas las operaciones que realiza la mota, y además de entrar en modos de bajo consumo para poder alargar la autonomía del conjunto. La siguiente figura muestra el conexionado al micro de los diferentes sistemas que componen este diseño.

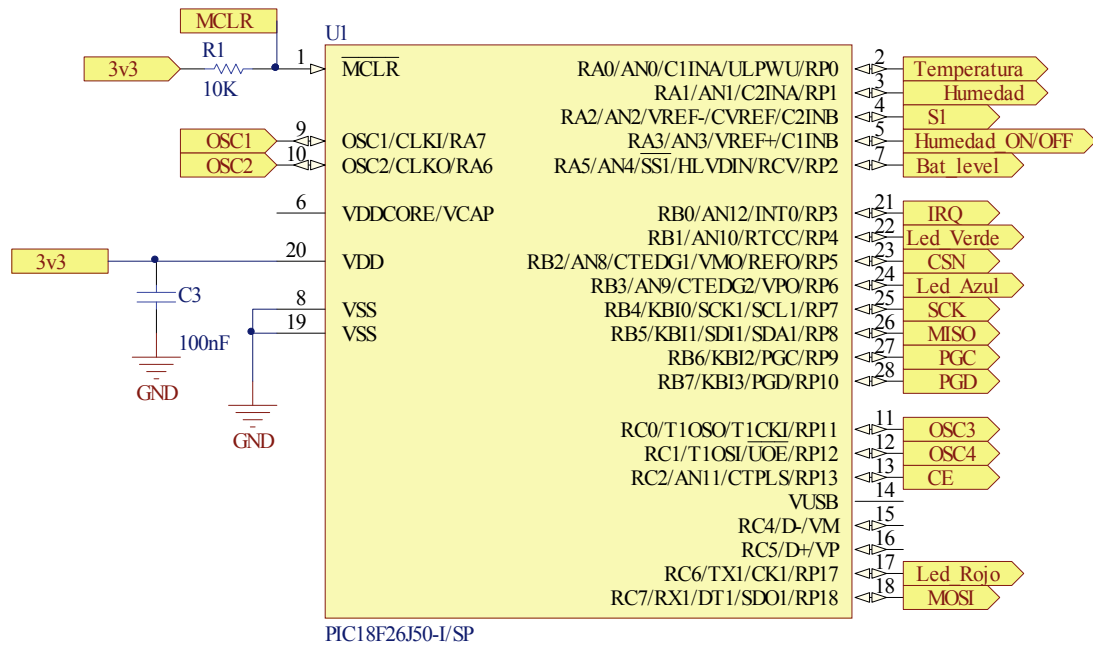


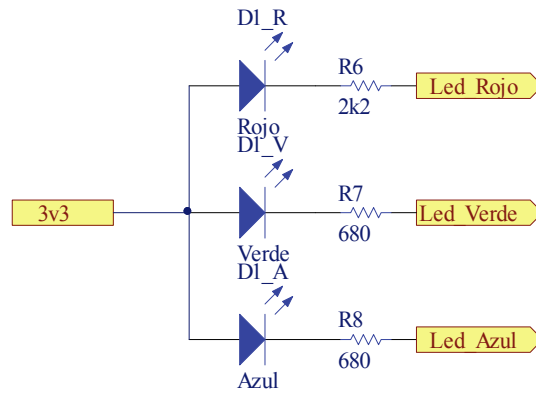
Ilustración 40 - Esquema conexiones del PIC de la mota

#### 6.3.4. Indicador visual

Como se ha comentado en el apartado anterior, la forma de indicar al usuario el nivel de humedad de la tierra es mediante la visualización de 3 colores, Rojo, Verde y Azul. Para ello se ha elegido usar un led de tipo RGB y así disponer de los tres colores en un mismo componente. El led RGB elegido es de tipo ánodo común.

El control de dicho led RGB esta hecho directamente por el microcontrolador. Dado que solo se usa un único color en el momento de visualizar el estado, en ningún momento se sobrepasan los límites de corriente máxima que permite el micro.

Debido a que el color rojo precisa de una menor tensión para lucir, su resistencia limitadora es diferente al valor de las otras dos. Dado que un led RGB no es más que la unión de 3 leds de color rojo, verde y azul mediante la cual podemos generar otros colores combinando estos tres colores básicos, he puesto el esquema de la siguiente forma.



Led RGB descompuesto en sus 3 colores

Ilustración 41 - Led RGB

### 6.3.5. Sensor

El sensor encargado de realizar la medición de la humedad de la tierra va acompañado de un circuito que conecta y desconecta este de la alimentación. Se ha tenido que hacer esto para reducir el consumo del conjunto y además, alargar la vida de las partes metálicas que están en contacto con la tierra. Para poder realizar la conexión y desconexión del sensor, se ha utilizado un transistor PNP BC557, del cual podremos obtener más información en su respectivo datasheet []. El transistor en cuestión, nos tiene que suministrar un mínimo de 30mAh, que es el consumo máximo del sensor de humedad cuando se encuentra en una tierra con un nivel de humedad del 100%.

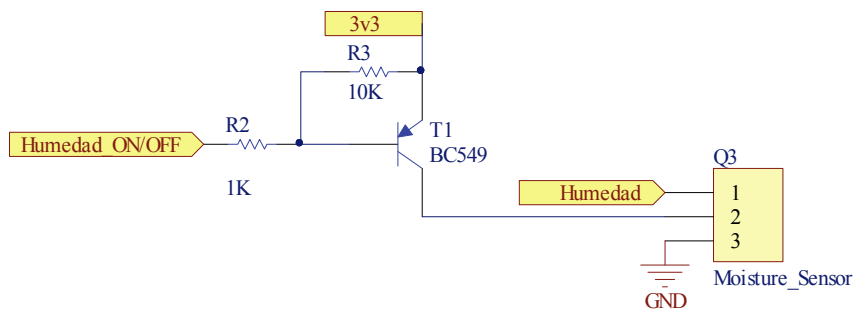


Ilustración 42 - Sensor de humedad y etapa de control

Nuestro sensor de humedad es muy sencillo, y como hemos comentado en apartados anteriores, simplemente se trata de medir la conductividad de la tierra. Dado que la tierra hará la función de resistencia variable, hemos preparado el siguiente sensor con un circuito para su control.

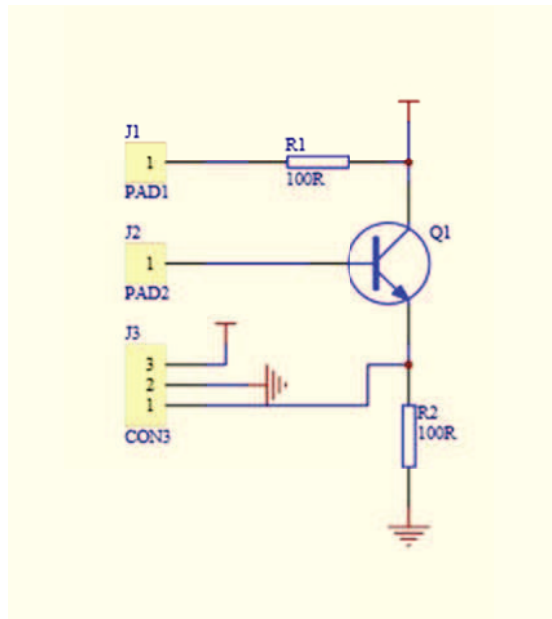


Ilustración 43 - Sensor de humedad de tierra

Siendo J1 y J2 los terminales metálicos que irán clavados en la tierra a una distancia pequeña entre ellos no superior a 2 cm. Y con J3 el conector de alimentación y el terminal que nos dará una tensión analógica variable en función de la resistividad de la tierra. Nuestro Q1 será un transistor de tipo NPN, del cual podremos obtener más información en su correspondiente datasheet [12]

### 6.3.6. Comunicación inalámbrica

El módulo encargado de realizar la comunicación inalámbrica entre la mota(s) y el mando se denomina nRF24L01, y podemos obtener más detalles en su respectivo datasheet []. Podremos encontrar la información básica en el anexo de Datasheets.

Nuestro módulo en cuestión se comunicará con el micro usando el protocolo de comunicación SPI. Por tanto, su conexión con el microcontrolador y alimentación será la siguiente.

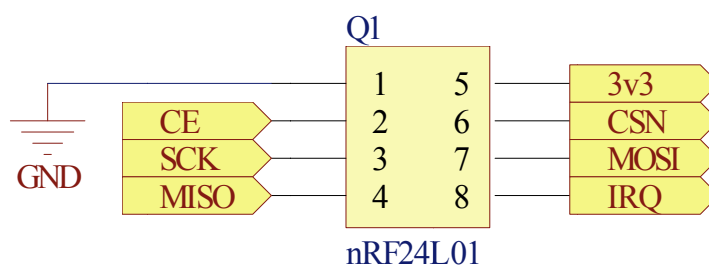


Ilustración 44 - Esquema del módulo de comunicación

### 6.3.7. Conector para la programación del dispositivo

Para realizar la programación de una forma cómoda del micro, se ha preparado un conector que permite conectar el micro con un programador de micros. Dicho conector lo denominaremos ICSP, que son las siglas correspondientes al proceso de programación de micros colocados ya en su PCB.

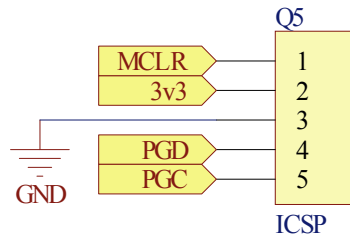


Ilustración 45 - Esquema de conexión del micro al conector ICSP

### 6.3.8. Controles

Para poder realizar la calibración de la mota de una forma sencilla y que esta sirva para todos los tipos de tierras posibles, se ha dispuesto un interruptor de tres posiciones. Este nos permitirá elegir entre el modo de uso normal, y entrar en dos modos de calibración, uno de ellos para establecer cuando la tierra está realmente seca y el otro para establecer el límite de humedad máxima que queramos. No obstante, si no se realiza el proceso de calibración, el sensor lleva unos parámetros cargados por defecto.

Para poder conectar este interruptor de tres posiciones, se ha realizado un divisor resistivo, el cual permitirá al microcontrolador, mediante el ADC, detectar la posición de dicho interruptor. La posición normal y por defecto que saldrá el dispositivo de fábrica es la que correspondería con la conexión a masa.

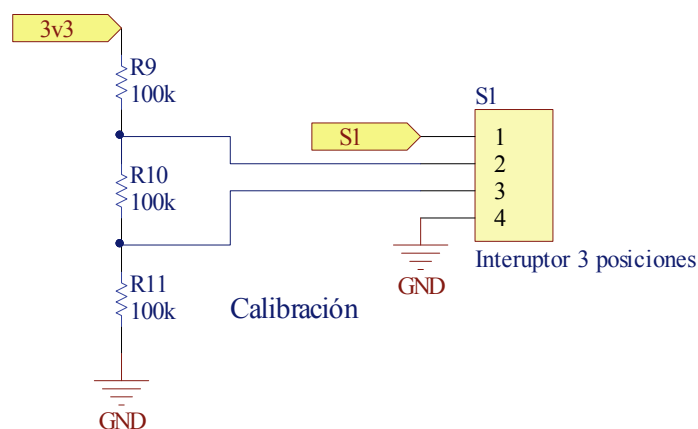
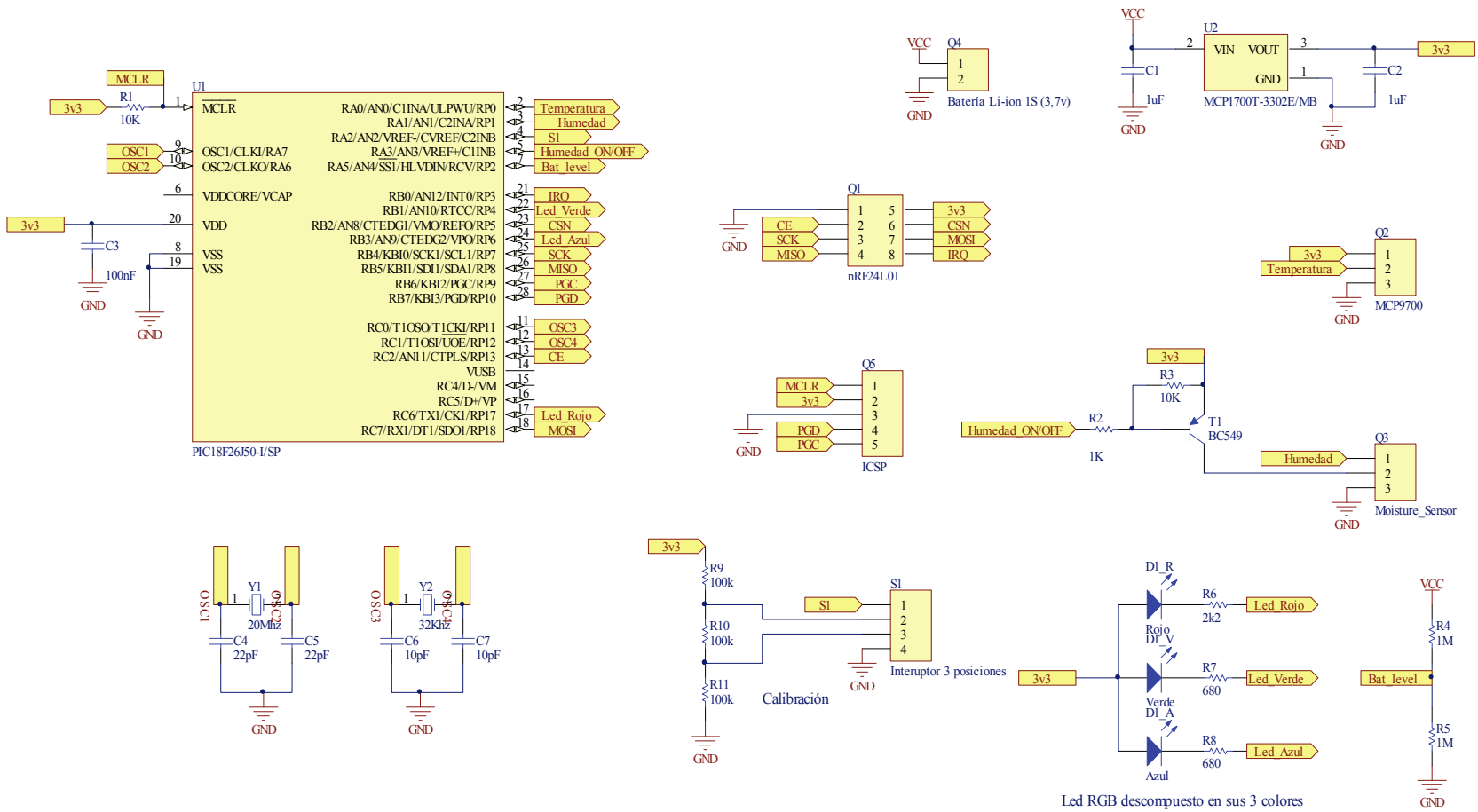


Ilustración 46 - Interruptor para la elección del modo de funcionamiento entre normal o calibración



### Ilustración 47 - Esquema general de la mota

## 6.4. Diseño del Mando

En este punto se encuentra redactado el proceso de diseño electrónico del circuito del mando mediante la descripción de cada bloque.

### 6.4.1. Diagrama de bloques

En la figura XXX se aprecia el diagrama de bloques como base para el desarrollo del circuito de la mota.

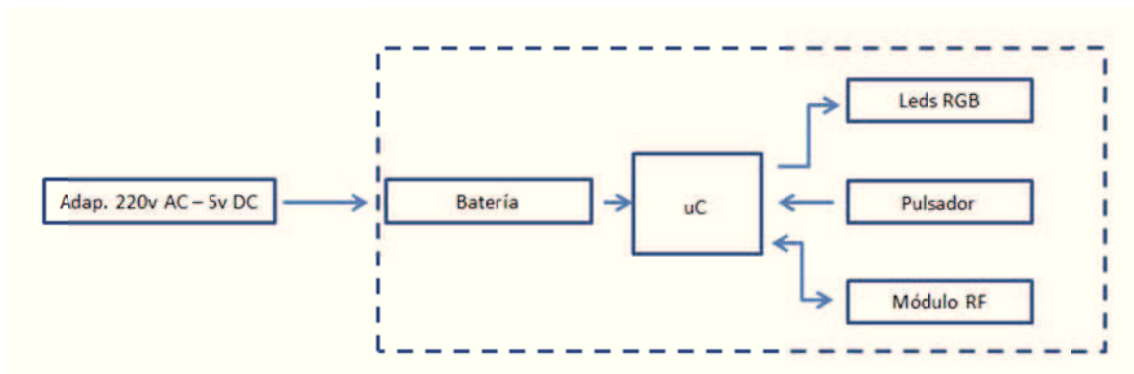


Ilustración 48 - Diagrama de bloques del mando

### 6.4.2. Alimentación

La alimentación proviene de una batería de Li-ion de 1S 3,7v. Además de una conexión a la red eléctrica mediante un trafo de 5v que se encargara de recargar la batería y alimentar el sistema.

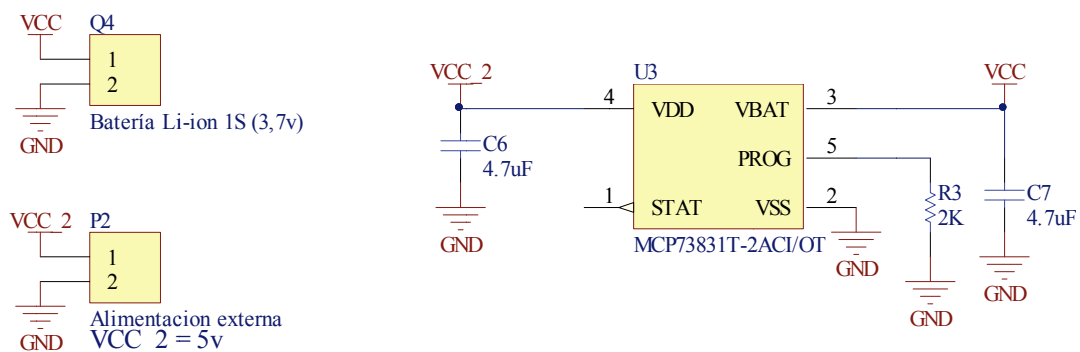
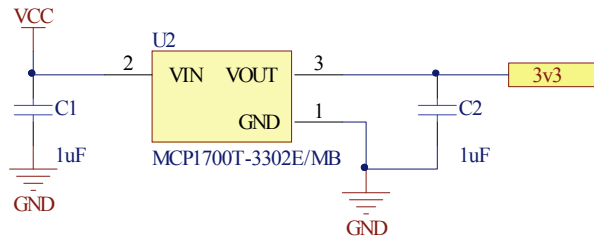


Ilustración 49 - Alimentación y recarga Mando

Se disponen de dos conectores, uno para la batería y otro conector exterior para la alimentación externa. El circuito de carga, constituido principalmente por un chip regulador MCP73831 de la casa Microchip [16], será el encargado de gestionar la recarga de la batería.



El circuito de carga se puede configurar mediante la resistencia R2, la cual está puesta para recargar la batería con una corriente de 500mA. Puede variarse para configurar corrientes inferiores, pues tal y como está configurado, es la máxima corriente que es capaz de entregar el chip.

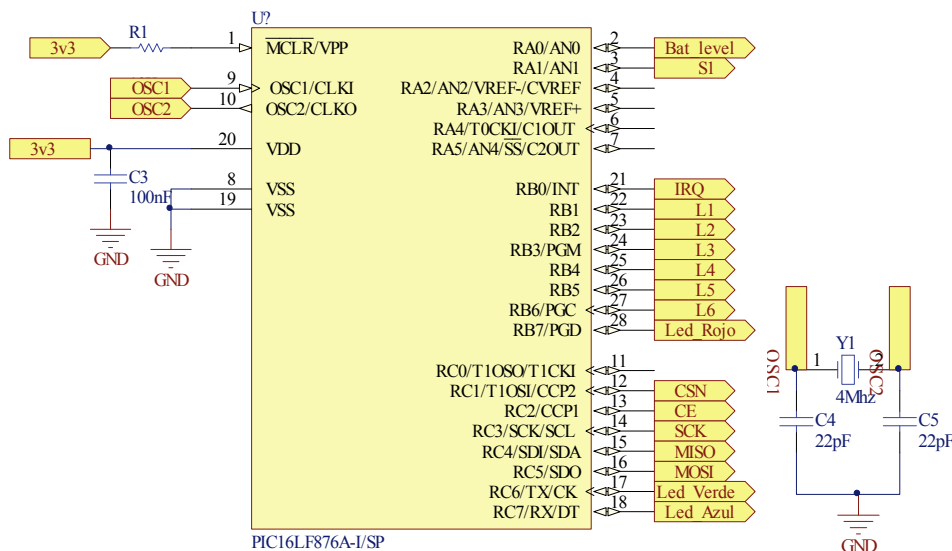


**Ilustración 50 - Etapa reguladora de 3v3**

Para alimentar con una tensión estable a 3,3v, disponemos de una etapa reguladora.

### 6.4.3. Microcontrolador (MCU)

El microcontrolador elegido para el dispositivo de la mota es el PIC 16LF876A. Este componente es el encargado de gestionar todas las operaciones que realiza el mando. La siguiente figura muestra el conexionado al micro de los diferentes sistemas que componen este diseño y la configuración del cristal de 4Mhz.



**Ilustración 51 - Conexionado del MCU 16LF876A**

Esta serie de microcontroladores disponen de dos tipos de versiones, una serie F y otra LF. La serie F solo es capaz de trabajar a 5v, mientras que la serie LF puede trabajar a 5v y a 3,3v. Por el contrario, la serie LF no puede trabajar con cristales de 20Mhz como si podría hacer la serie F. La ventaja de la serie LF es la de tener consumos inferiores y en un sistema que trabaja en su totalidad a 3,3v, nos ahorramos la inclusión de etapas adaptadoras de niveles.

#### 6.4.4. Comunicación inalámbrica

El módulo encargado de realizar la comunicación inalámbrica entre la mota(s) y el mando se denomina nRF24L01, y podemos obtener más detalles en su respectivo datasheet [12]. Podremos encontrar la información básica en el anexo de Datasheets.

Nuestro modulo en cuestión se comunicación el micro usando el protocolo de comunicación SPI. Por tanto, su conexionado con el microcontrolador y alimentación será el siguiente.

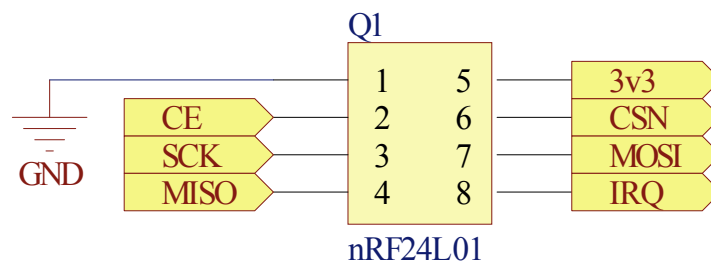


Ilustración 52 - Módulo nrF24L01

#### 6.4.5. Controladores

Mediante un pulsador, activaremos nuestro mando y se realizara la visualización del estado de las diferentes motas que tengamos activas.

Para el control del nivel de batería, usaremos un divisor resistivo que nos permita tener tensiones inferiores a 3,3v que sería la tensión máxima de trabajo del micro. Dado que la batería trabaja en unos valores de entre 4,2v y 2,9v de tensión, según esté más o menos cargada.

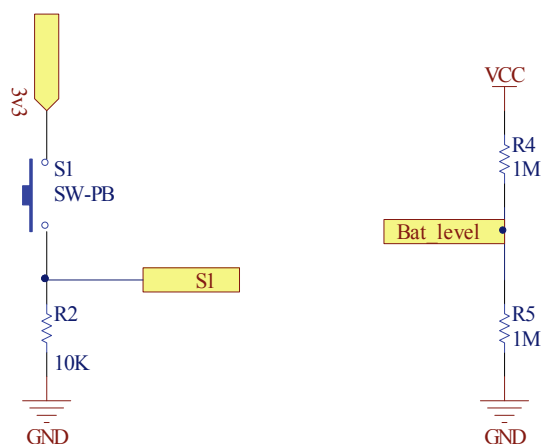


Ilustración 53 - Pulsador y medición de nivel de batería

#### 6.4.6. Indicadores visuales

Para la visualización de los estados de las diferentes motas, el dispositivo cuenta con 6 leds RGB. En el esquema, de uno de los seis leds (los otros 5 son iguales), se representa como va conectados directamente al micro con unas resistencias limitadoras de corriente. Se ha prestado atención en no sobrepasar los límites de corriente del PIC.

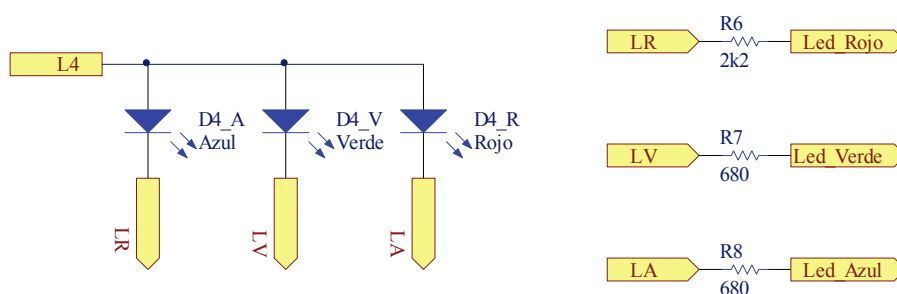
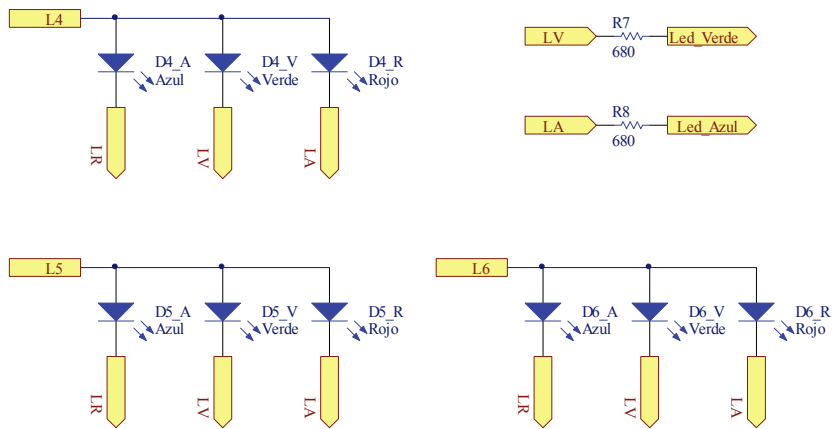
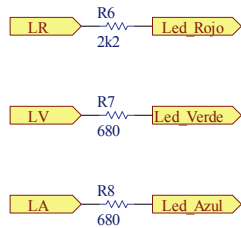
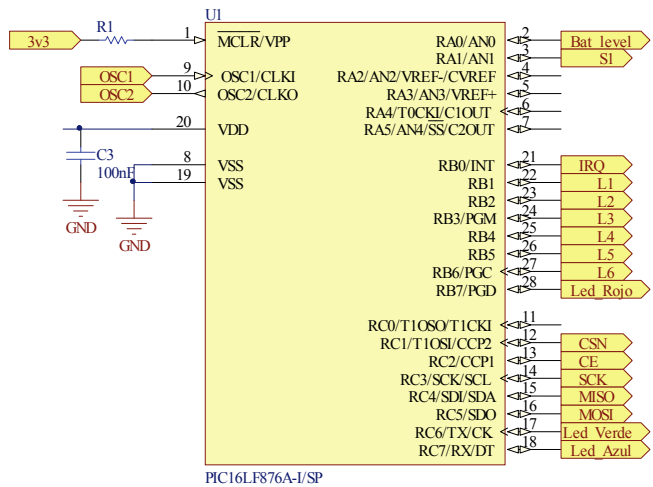
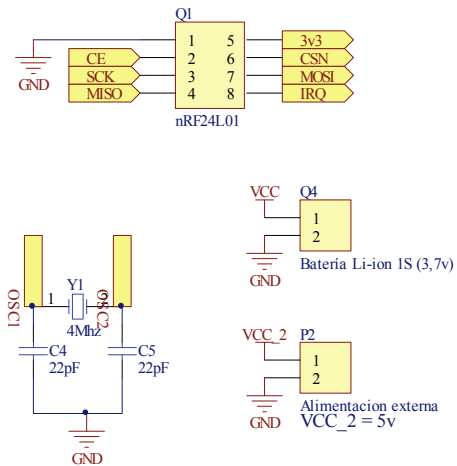
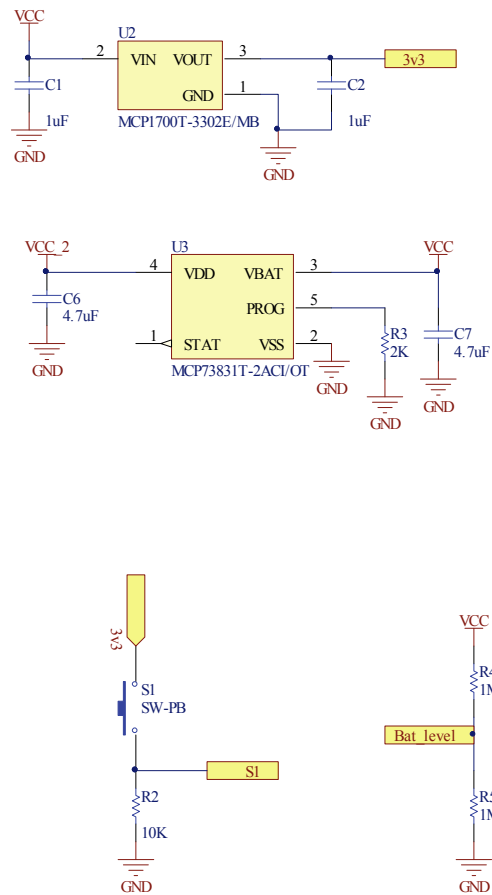


Ilustración 54 - Indicadores visuales

#### 6.4.6. Esquema general del circuito

En la siguiente ilustración se muestra el esquema general correspondiente al Mando.



Leds RGB descompuestos en sus 3 colores

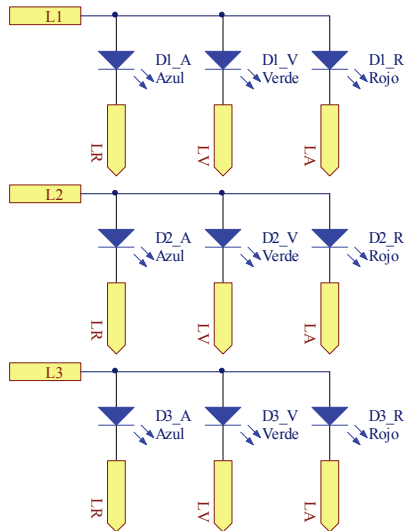


Ilustración 55 - Esquema general del Mando

### 6.5. Desarrollo del prototipo

En este punto, se describe el proceso a través del cual se han obtenido los prototipos funcionales de ambos productos.

#### 6.5.1. Prototipo en placa de prototipado

Para la realización de los diferentes prototipos, se ha empezado a trabajar en placa de prototipado para poder desarrollar una base de trabajo. Comprobar los diferentes subsistemas que componen los dispositivos y descartar aquellas opciones que no den el resultado buscado. Se busca tener gran flexibilidad a la hora de cambiar y realizar las diversas conexiones entre los componentes oportunos. A nivel de software, también se han realizado pruebas básicas de código con el fin de comprobar y validar el funcionamiento de ciertos componentes.

Uno de los primeros pasos ha sido el preparar las herramientas para realizar la programación de los dispositivos. Concretamente en el caso de las motas, pues es el más complejo. Para ello he utilizado algo de hardware y software como ayuda para los primeros pasos. Esto es, a nivel personal realice hace un tiempo el diseño de un pequeño hardware para trabajar con el módulo nRF24L01 en futuros proyectos personales y así evitar trabajar en cierta medida con placas de prototipado dado el elevado número de problemas que se dan. Me he servido de dicho trabajo realizado con anterioridad para tener una base con un funcionamiento correcto en las pruebas de comunicación y en las primeras pruebas de desarrollo de las motas. En un proceso de desarrollo de una aplicación de comunicación inalámbrica, resulta muy ventajoso disponer de un emisor o receptor con un funcionamiento correcto y verificado. Resulta muy problemático el trabajar con este módulo de comunicación y la placa de prototipado, motivo más que suficiente para abordar la programación en otro tipo de soporte.



Ilustración 56 - Hardware listo para usar con módulo de comunicación nRF24L01

En cuanto a mi plataforma de programación para todo el desarrollo del proyecto, ha sido la ofrecida por el entorno de programación y a su vez compilador CCS C 5 [14].

En lo que respecta a la programación de los diversos microcontroladores, he usado el propio programador oficial de la empresa Microchip denominado Pickit 3 [15].

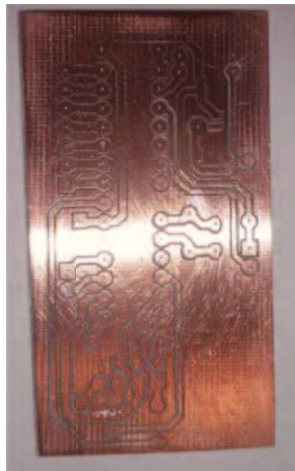
El objetivo de esta primera fase en el proceso de obtener un prototipo ha sido la de realizar el estudio necesario para poder generar unas placas PCB prototipo funcional sobre las cuales realizar el código de ambos dispositivos de una forma cómoda. No resulta nada cómodo trabajar en la placa de prototipado cuando tienes todo el dispositivo implementado. Posteriormente, se ha realizado el diseño final de la PCB, la cual sería la que se mandase a fabricar.

Dado que en la PCB final, se va a implementar la programación ISCP, desde la fase de prototipado se ha programado el micro de la mota de la misma forma.

Durante las pruebas iniciales en la placa de prototipado, se han verificado problemas de consumo y ha sido un buen momento para abordarlos, como por ejemplo el consumo elevado del sensor de humedad de la tierra. Por este motivo se ha tenido que añadir una etapa de control para poder desconectarlo cuando no se esté utilizando. O el caso del consumo de la electrónica correspondiente a la mota, lo cual ha obligado a cambiar a un micro con tecnología de bajo consumo para poder lograr una mayor autonomía.

También se ha descartado el uso de diferentes módulos de comunicación como por ejemplo los correspondientes a frecuencias de 315Mhz y 433Mhz por tener un consumo mayor y no disponer de modos de bajo consumo, y también por ser necesarios físicamente dos módulos, un emisor y un receptor por cada dispositivo.

La PCB prototipo correspondiente al mando que podemos ver en la siguiente imagen, presenta 2 niveles. La primera placa es la correspondiente al micro y la segunda que va pinchada sobre la primera, corresponde a los leds. Se ha elegido realizar así el prototipo por la facilidad que presenta. En la versión 2, al disponer de 2 capas y usar componentes smd, queda todo dispuesto en una sola placa.



**Ilustración 57 - PCB Mecanizada Mando v1**

Las siguientes imágenes corresponden con las PCB soldadas y ensambladas.

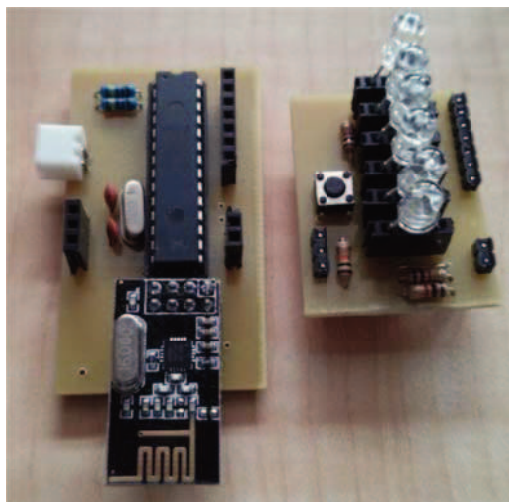


Ilustración 58 - Prototipo mando v1

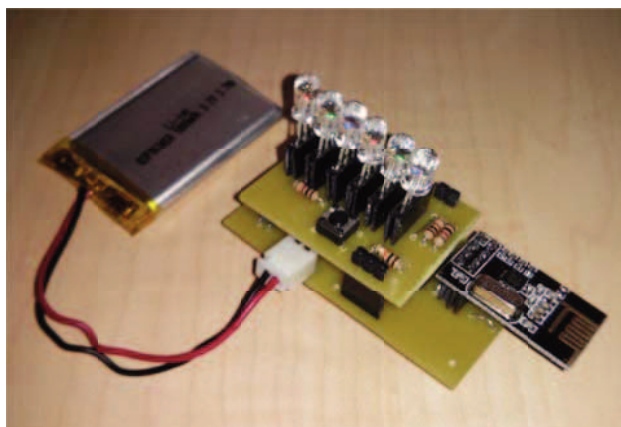


Ilustración 59 - Prototipo mando ensamblado v1

La PCB correspondiente a la mota corresponde con la siguiente imagen:

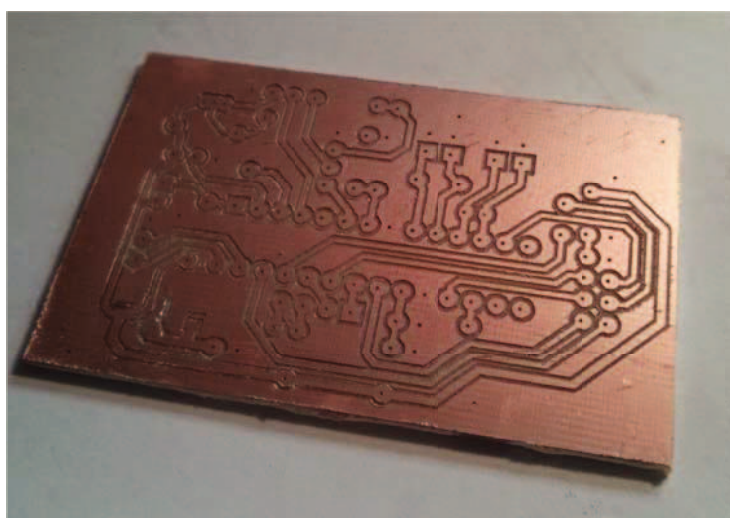


Ilustración 60 - Prototipo PCB mota mecanizado

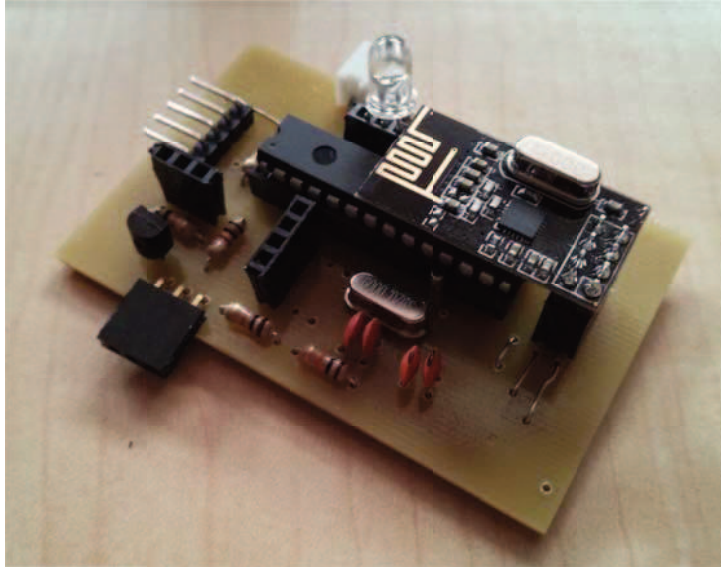


Ilustración 61- Prototipo PCB Mota v1

La programación del micro de la mota se realiza mediante ICSP. Conectando el programador oficial Pickit 3 al conector que se ha preparado en el diseño para poder realizar este proceso sin tener que extraerlo de la PCB.

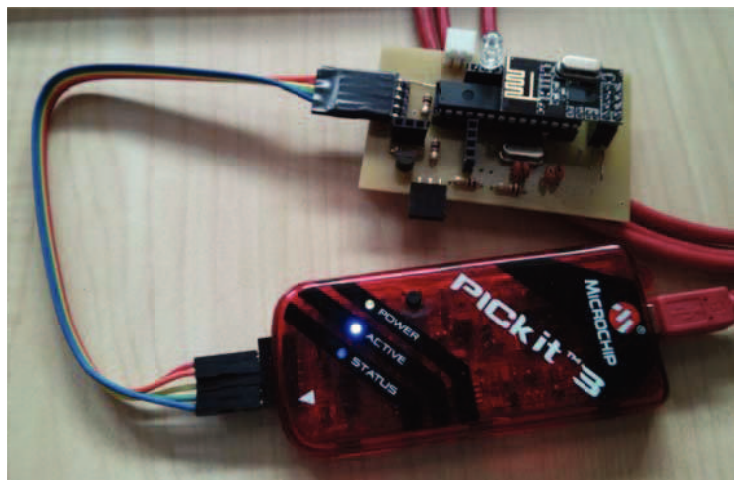


Ilustración 62 - Mota v1 programada vía ICSP

Dado que los diferentes subsistemas son relativamente sencillo por separado, donde más tiempo se ha invertido es en la generación de todo el código necesario para ambos dispositivos. Tal código se puede encontrar en los anexos, acompañado de los diferentes flujogramas.



### 6.5.2. Prototipo en PCB

En el diseño de la PCB, se ha tratado de seguir los siguientes puntos:

- Conectores en el borde de la placa.
- Emplear únicamente una cara de la PCB.
- Pistas de alimentación y señal de diferente grosor.
- Disponer de plano de masa.
- Realizar el diseño acorde con los límites de fabricación de mi propia maquina CNC a la hora de realizar la PCB.
- Combinar el uso de componentes THD y SMD.

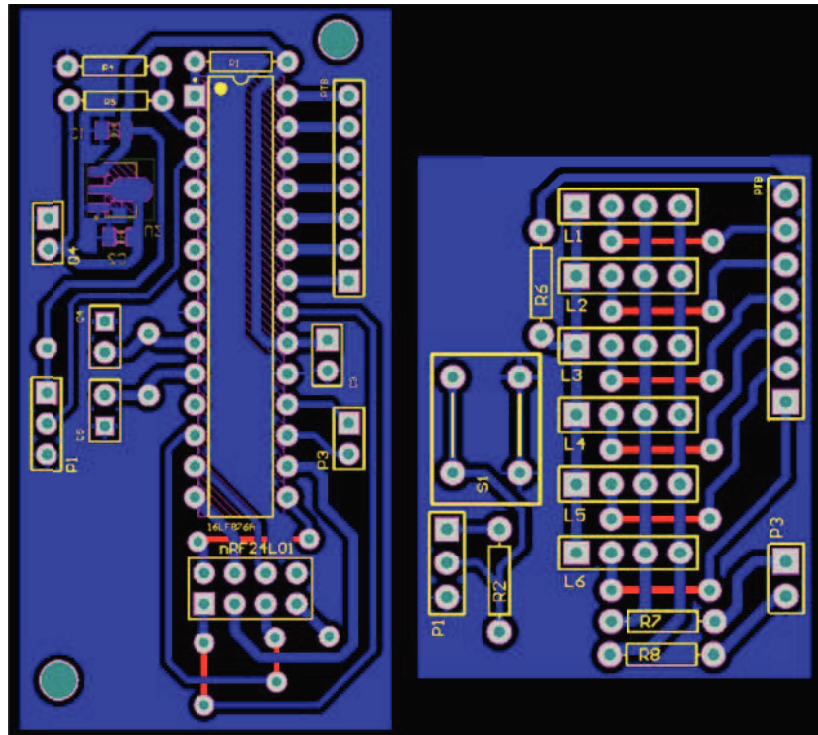


Ilustración 63 - Prototipo PCB Mando v1

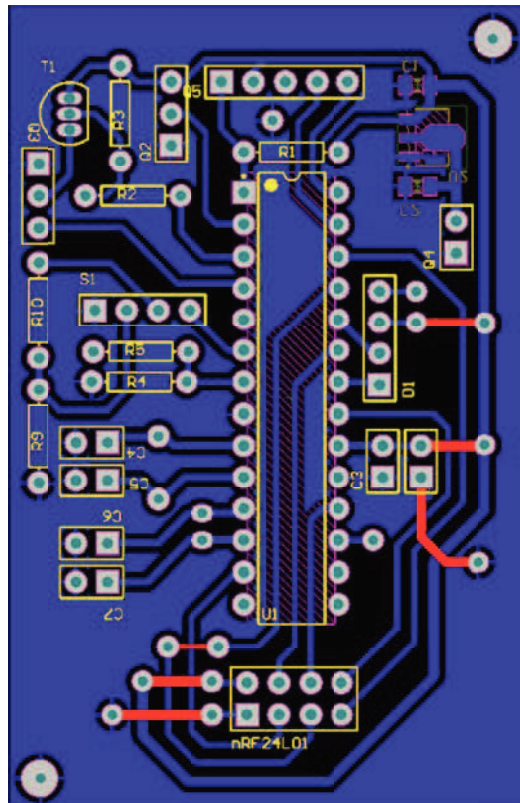


Ilustración 64 - Prototipo PCB Mota v1

### 6.5.3. Prototipo en PCB v2 – Versión de tamaño reducido.

En el diseño de la PCB v2, se ha tratado de seguir los siguientes puntos:

- Conectores en los límites de la placa.
- Uso en la gran mayoría de componentes SMD. El tamaño de las placas es crítico.
- Uso de 2 caras. Este diseño se mandaría hacer a un fabricante especializado.
- Disponer de plano de masa.
- Grosor de pistas acorde a su cometido.

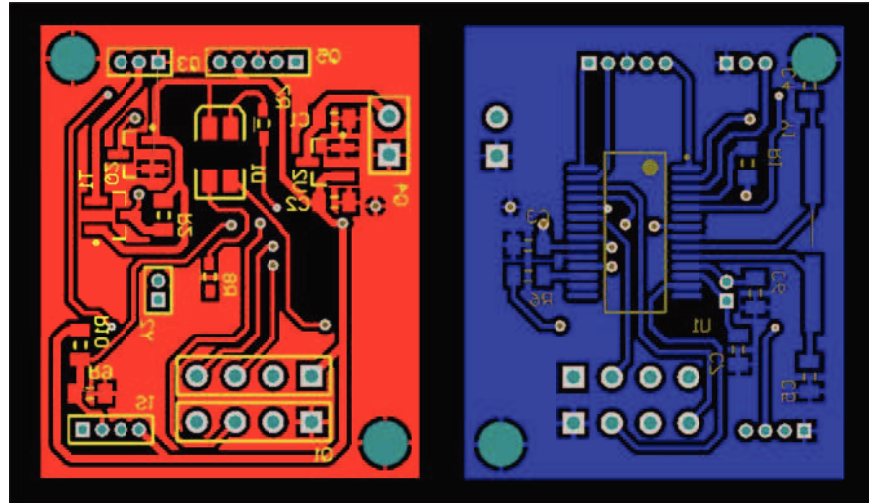


Ilustración 65 - PCB Mota v2

El diseño v2 de las motas, con un tamaño de 25x30 mm y diseñado para usar componentes SMD tipo 0805 y 0603, permite cumplir los requisitos de un reducido tamaño para la aplicación, además de un coste bajo de fabricación por usar componentes más baratos.

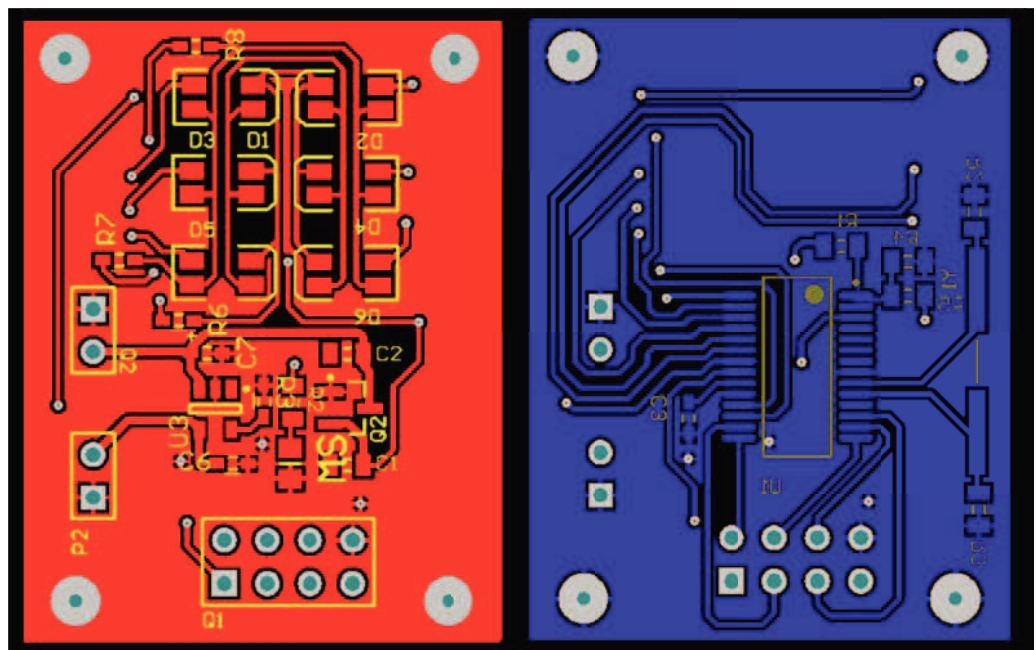


Ilustración 66 - PCB Mando v2

El diseño del Mando v2, con un tamaño de 28x35mm y diseñado para usar componentes de tipo smd 0805 y 0603, permite cumplir los requisitos de un tamaño crítico y de un bajo coste de fabricación.

### 7. Secuencia de montaje de Bambú mota

En el momento de empezar a usar la mota, habrá que añadirle la batería al dispositivo como se muestra en las siguientes ilustraciones. Dado que se trata de una batería recargable, se puede repetir el proceso en caso de que la batería se dañe o se acabe su ciclo de vida.

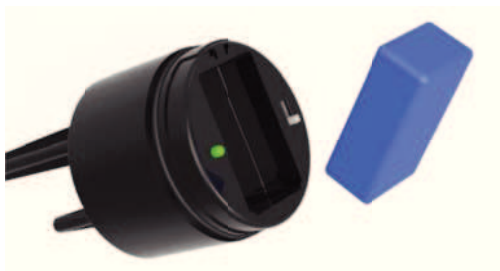


Ilustración 67 - Secuencia montaje - Paso 1 [7]



Ilustración 68 - Secuencia montaje - Paso 2 [7]



Ilustración 69 - Secuencia montaje - Paso 3 [7]

### 8. Secuencia de uso de Bambú – Mando y Motas

A continuación, se muestra el funcionamiento de uso principal del conjunto de dispositivos desarrollado.

En la ilustración XX, se puede ver la secuencia de uso del producto en su versión final. A continuación la describiré:

- En un primer lugar, realizamos la instalación de la batería en las diferentes motas.
- Posteriormente, realizaremos un proceso de calibrado si lo estima oportuno el usuario, de lo contrario, las motas cuentan con una configuración por defecto perfectamente válida. Para el proceso de calibración, hay que elegir la posición de humedad mínima o tierra seca del interruptor, clavar la mota y esperar unos segundos. Repetir el proceso seleccionando la posición de tierra humedad en el interruptor para volver a clavar la mota en la tierra que se quiere considerar como de máxima humedad para esa planta, y esperar nuevamente unos segundos. Tras este paso, el proceso de calibración habrá concluido y estaremos listos para clavar la mota en el punto donde queremos medir la humedad, previamente deberemos colocar el interruptor en la posición normal.
- Repetir el proceso anterior con cada mota que se quiera instalar.
- Las motas empezaran a realizar el sensado de la humedad y a visualizar este mediante su indicador luminoso.
- Si queremos ver el estado de todas las motas, tan solo tendremos que pulsar el único botón del mando y tras unos segundos, se visualizara el estado de las motas instaladas.

Si en algún momento, los niveles de batería no son los adecuados, el indicador visual del dispositivo que se esté quedando sin batería, indicara su estado mediante parpadeos.

Tanto las motas como el mando, tendrán un tiempo limitado en el que indicaran su estado de manera visual. Mientras no están realizando su tarea, los dispositivos entran en un estado de bajo consumo para lograr una autonomía mayor. En el apartado de investigaciones futuras, se propondrán varios accesorios para elevar dicha autonomía.

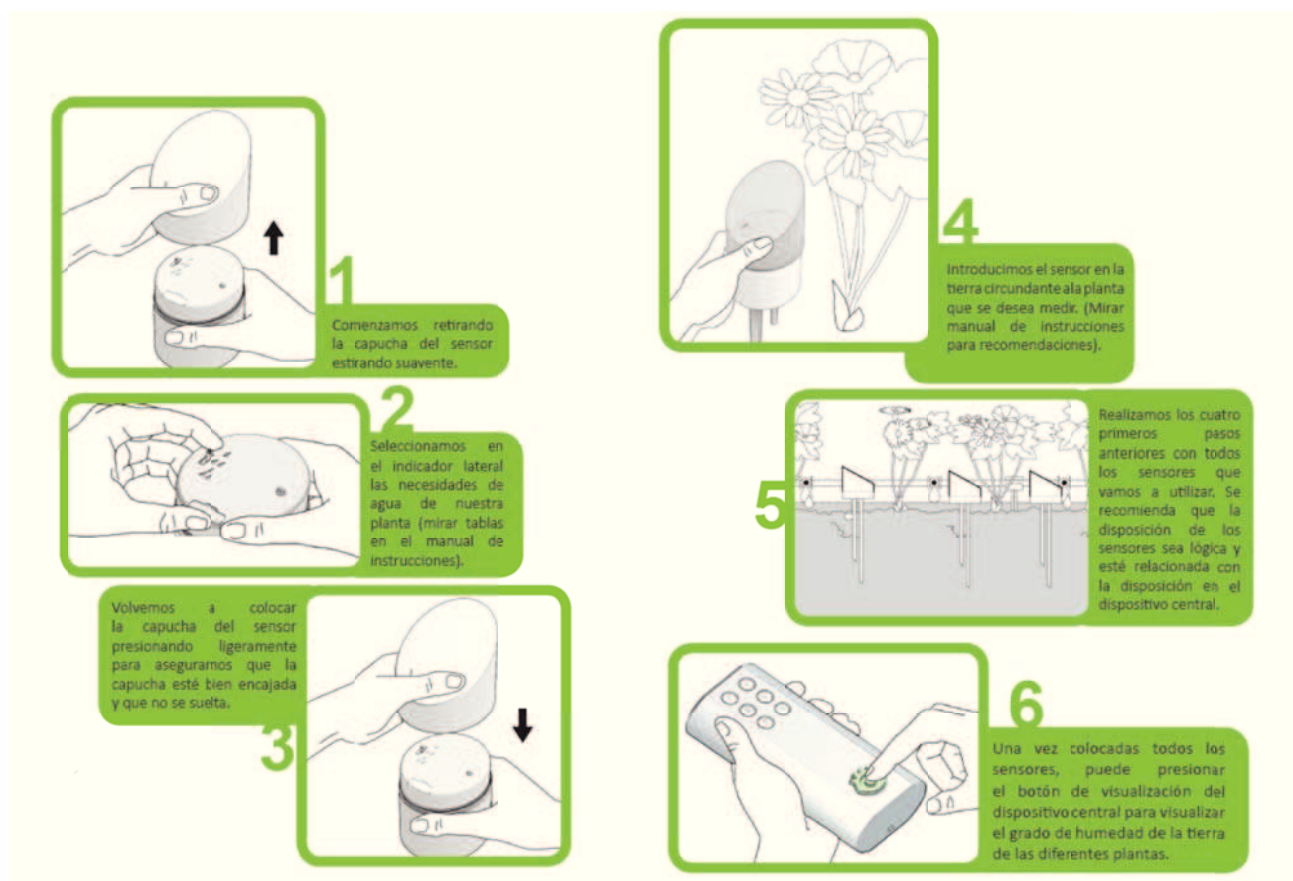


Ilustración 70 - Secuencia de uso de Bambú [7]

### 9. Conclusiones y líneas de investigación futura

A continuación se redactan las conclusiones del proyecto y unas líneas de investigación futura.

#### 9.1 Conclusiones

Las diferentes conclusiones sobre el desarrollo del PFC, son las siguientes:

- Desarrollo en colaboración y diseño de un producto electrónico con los estudiantes del Grado de Diseño Industrial, de la Universidad de Zaragoza. Con el fin de la reducción del consumo de agua en domicilios particulares.
- El trabajo de colaboración entre diferentes personas ha pretendido la simulación del desarrollo de un producto en una empresa.
- Las primeras fases, se han abordado mediante la realización de estudios previos, sobre las diferentes opciones en cuanto a sensores y formas de realizar el producto, y diversas reuniones con los diferentes grupos de diseño.
- Obtención de un prototipo funcional del sistema electrónico en la fase final. Mediante la realización de las PCB, se ha fabricado dicho producto. Este consta de todas las partes esenciales y sensores utilizados. El prototipo debía funcionar de forma real, sin necesidad de simular un entorno.
- Diseño de ambas PCBs según los requisitos de espacio y coste económico. Dichas placas, son las versiones finales listas para mandar al fabricante para su producción.

A nivel personal, mis conclusiones han sido las siguientes:

- Aprender y disfrutar del trabajo en equipo con compañeros de otras titulaciones.
- Adquisición de nuevos conocimientos y puesta en práctica de aquellos que he ido aprendiendo durante mi trayecto en mi formación académica.
- Valoración personal positiva sobre el tiempo dedicado fuera de la universidad a aprender por mi cuenta dado que luego me ha facilitado enormemente la tarea de realizar el proyecto.
- Satisfacción personal por poder fabricar de forma completa el prototipo, usando únicamente mis propios recursos (como una CNC y los diferentes accesorios para la fabricación de PCBs, instrumentos de medición, diversos útiles, etc). Todo ello me ha permitido comprobar, validar y conocer los puntos flojos de mi capacidad de fabricación y así, poder seguir mejorándola con el fin de poder materializar nuevos proyectos.

### 9.2 Líneas de futuro

Planteando unas líneas de futuro con el fin de mejorar lo ya desarrollado se propone:

- Rediseñar la estructura de las motas y mando. En el caso de las motas, hay que lograr el tamaño físico más reducido sin perder la funcionalidad del dispositivo. En el del mando, se debería revisar la visualización e incluso eliminarlo y/o sustituirlo por un módulo que nos permita la conexión al móvil. Esto precisaría la realización de una app para el móvil.
- Para el escenario en el que se debería de trabajar, el alcance del módulo de comunicación es más que suficiente. Si se quisiera abarcar mayor mercado, se necesitaría revisar la comunicación, y buscar soluciones de mayor alcance. Aquí romperíamos la regla de coste reducido, pero es necesario de cara a lograr mayores coberturas que las actuales.
- Se puede pensar de integrar el producto en un sistema domótica, y a su vez, implementar un sencillo sistema de control de riego automático.
- También es preciso mejorar la autonomía de las motas. Esto se puede conseguir añadiéndoles un pequeño panel solar que recargue la batería de cada una de ellas. No sería aplicable en interiores, pero en escenarios al aire libre, resulta una opción muy interesante a tener en cuenta.
- Permitir la integración de muchas más motas. De cara a un futuro, es necesario poder conectar muchos más dispositivos si se quiere utilizar el producto en áreas de gran extensión.



## Índice de Ilustraciones

---

Ilustración 1 - Diagrama flujo para la concienciación del consumidor [1] .....	2
Ilustración 2 - Gota de Agua .....	3
Ilustración 3 - Condensador de capacidad variable [3] .....	7
Ilustración 4 - Símbolo RTD [2] .....	7
Ilustración 5 - Símbolo Termistores [2] .....	8
Ilustración 6 - Aplicación NTC: Medida de temperatura con indicador no lineal [2]. .....	8
Ilustración 7 - Medida de temperatura mediante termopares con una unión a temperatura de referencia constante [4] .....	9
Ilustración 8 - Diagrama de bloques de una fuente de alimentación lineal. ....	10
Ilustración 9 - Placa Arduino UNO Rev 3 [5] .....	11
Ilustración 10 Concienciación en familia [7].....	14
Ilustración 11 - Elementos básicos [7].....	14
Ilustración 12 - Cuanto gastamos; Elementos básicos [7] .....	15
Ilustración 13 - Regando las plantas [7] .....	15
Ilustración 14 - Colores Mota [7].....	16
Ilustración 15 - Humidificador - Concepto [8] .....	17
Ilustración 16 - Humidificador - Renderizado 3D [8] .....	18
Ilustración 17 - Afeitado automático [8] .....	19
Ilustración 18 - Afeitado automático – Análisis [8] .....	20
Ilustración 19 - Humidificador para la ducha [8] .....	21
Ilustración 20 - Diagrama básico de la electrónica [8].....	22
Ilustración 21 - Sensor la casa [9] .....	23
Ilustración 22 - Soluciones para sensor [9].....	24
Ilustración 23 - Diagrama básico de la electrónica [9].....	25
Ilustración 24 - Funcionamiento [9] .....	26
Ilustración 25 - Diagrama de la electrónica [9].....	26
Ilustración 26 - Panel ducha [9].....	27
Ilustración 27 - Diagrama electrónica [9] .....	27
Ilustración 28 - Producto Principal [7].....	32
Ilustración 29 - Bambú Mando [7].....	33
Ilustración 30 - Dispositivo Mota [7] .....	33
Ilustración 31 - Análisis Estructural [7] .....	34
Ilustración 32 - Diagrama de bloques general de la Mota.....	36
Ilustración 33 - Diagrama de bloques general del Mando .....	36
Ilustración 34 - Diodo LED .....	39
Ilustración 35 - Diodo LED RGB.....	39
Ilustración 36 - LCD1602.....	40
Ilustración 37 - Módulo de comunicación nrF24L01 .....	41
Ilustración 38 - Diagrama de bloques de la mota.....	42
Ilustración 39 - Esquema de alimentación .....	43
Ilustración 40 - Esquema conexiones del PIC de la mota .....	44
Ilustración 41 - Led RGB .....	45
Ilustración 42 - Sensor de humedad y etapa de control.....	45
Ilustración 43 - Sensor de humedad de tierra .....	46
Ilustración 44 - Esquema del módulo de comunicación.....	46
Ilustración 45 - Esquema de conexión del micro al conector ICSP .....	47

Ilustración 46 - Interruptor para la elección del modo de funcionamiento entre normal o calibración....	47
Ilustración 47 - Esquema general de la mota .....	48
Ilustración 48 - Diagrama de bloques del mando.....	49
Ilustración 49 - Alimentación y recarga Mando .....	49
Ilustración 50 - Etapa reguladora de 3v3.....	50
Ilustración 51 - Conexión del MCU 16LF876A .....	50
Ilustración 52 - Módulo nrF24L01 .....	51
Ilustración 53 - Pulsador y medición de nivel de batería.....	51
Ilustración 54 - Indicadores visuales.....	52
Ilustración 55 - Esquema general del Mando .....	53
Ilustración 56 - Hardware listo para usar con módulo de comunicación nrF24L01 .....	54
Ilustración 57 - PCB Mecanizada Mando v1 .....	55
Ilustración 58 - Prototipo mando v1.....	56
Ilustración 59 - Prototipo mando ensamblado v1 .....	56
Ilustración 60 - Prototipo PCB mota mecanizado.....	56
Ilustración 61- Prototipo PCB Mota v1 .....	57
Ilustración 62 - Mota v1 programada vía ICSP .....	57
Ilustración 63 - Prototipo PCB Mando v1 .....	58
Ilustración 64 - Prototipo PCB Mota v1 .....	59
Ilustración 65 - PCB Mota v2 .....	60
Ilustración 66 - PCB Mando v2 .....	60
Ilustración 67 - Secuencia montaje - Paso 1 [7].....	61
Ilustración 68 - Secuencia montaje - Paso 2 [7].....	61
Ilustración 69 - Secuencia montaje - Paso 3 [7].....	61
Ilustración 70 - Secuencia de uso de Bambú [7].....	63

**Índice de Tablas**

---

Tabla 1 - Composición de equipos..... 3

Tabla 2 - Comparación entre fuente lineal y conmutada ..... 10

Tabla 3 - Análisis estructural [7] ..... 35

Tabla 4- Comparativa de sensores Resistivos y Capacitivos..... 37

Tabla 5 - Clases de Bluetooth en referencia a la potencia de transmisión..... 40

# Referencias bibliográficas

---

- [1] Brief Proyectos Híbridos 2012-2013 3 Oct 2012
- [2] **Pallás Areny, Ramón.** “SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL” 4ª Edición. Editorial MARCOMBO, S.A., 2005. Capítulo 2, Págs. 56-98.
- [3] **Pallás Areny, Ramón.** “SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL” 4ª Edición. Editorial MARCOMBO, S.A., 2005. Capítulo 4, Págs. 173-231.
- [4] **Pallás Areny, Ramón.** “SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL” 4ª Edición. Editorial MARCOMBO, S.A., 2005. Capítulo 6, Págs. 273-313.
- [5] Web de Arduino. <http://www.arduino.cc/> (Consultada por última vez 19/7/2014)
- [6] Web de Microchip. [www.microchip.com](http://www.microchip.com) (consultada por última vez 7/8/2014).
- [7] **Fernández Jiménez, Diana; Fleta Anés, Cristina; Francos Perea, Jorge; Gálvez Sánchez, Miriam.** “Producto electrónico – Uso de agua en viviendas particulares”. Trabajo de la asignatura METODOLOGÍA DE DISEÑO. Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto. 4º CURSO: 2012-13. Universidad de Zaragoza.
- [8] **Balvín, Javier; Berges, Ignacio; Cans, Ana; Blecua, Nieves.** “Producto electrónico – Uso del agua en domicilios particulares” Trabajo de la asignatura METODOLOGÍA DE DISEÑO. Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto. 4º CURSO: 2012-13. Universidad de Zaragoza.
- [9] **Puebla Morcillo, Miriam; Puerto Ruiz, Fernando; Ramírez Seral, Jorge; Rico Link, Noah.** “Producto electrónico – Consumo de agua en el hogar”. Trabajo de la asignatura METODOLOGÍA DE DISEÑO. Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto. 4º CURSO: 2012-13. Universidad de Zaragoza.
- [10] Datasheet PIC 18F26J50 – [www.microchip.com](http://www.microchip.com)
- [11] Datasheet PIC 16F87XA – [www.microchip.com](http://www.microchip.com)
- [12] Web de Nordic Semiconductor. <http://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01> (consultada por última vez 5/5/14).
- [13] Web de Robótica. <https://sites.google.com/site/proyectosroboticos/nrf24l01> (consultada por última vez 20/7/14).
- [14] CCS C 5. [http://www.ccsinfo.com/content.php?page=version5\\_info](http://www.ccsinfo.com/content.php?page=version5_info) (consultada por última vez 22/8/14)
- [15] Pickit 3. <http://www.microchip.com/Developmenttools/ProductDetails.aspx?PartNO=PG164130> (consultada por última vez 15/14).
- [16] Datasheet MCP73831 - [http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Components/General%20IC/33244\\_SPCN.pdf](http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Components/General%20IC/33244_SPCN.pdf) (consultado el 10/8/2014)
- [17] Consulta de diversos post del foro de CCS C para la elaboración de los códigos - <http://www.ccsinfo.com/forum/index.php> (consultado el 10/8/14)

[18] **Martín del Brío, Bonifacio; Bono Nuez, Antonio.** Apuntes de la asignatura microprocesadores e Instrumentación Electrónica. Ingeniería Técnica Industrial Especialidad Electrónica. Universidad de Zaragoza.

[19] **Fernández Escartín, Vicente Pedro.** Apuntes de la asignatura Electrónica Analógica. Ingeniería Técnica Industrial Especialidad Electrónica. Universidad de Zaragoza.

[20] **Martín del Brío, Bonifacio; Bono Nuez, Antonio.** Apuntes de la asignatura Microprocesadores e Instrumentación Electrónica. Ingeniería Técnica Industrial Especialidad Electrónica. Universidad de Zaragoza.

[21] mbed. <http://mbed.org/cookbook/seeed-grove-RTC> (Consultada 10/2/2014)

[22] Foro TodoPIC - <http://www.todopic.com.ar/foros/index.php?PHPSESSID=uivlqhc8cji7dphlu4hsbbtfi6&> (consultado por última vez 15/8/14)