



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Control remoto de una estación meteorológica

Autor

Francisco José Esteban Gran

Director

D. Manuel Torres Portero

EINA
2017



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. _____,

con nº de DNI _____ en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
_____, (Título del Trabajo)

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, _____

Fdo: _____

RESUMEN

El principal objetivo de este proyecto consiste en estudiar la posibilidad de añadir un módulo de comunicaciones externo a una estación meteorológica comercial, para poder controlar y supervisar los diferentes datos aportados por dicha estación en lugares de difícil acceso y a grandes distancias, como pueden ser zonas de alta montaña, o zonas alejadas de trabajo como las grandes extensiones que llegan a controlar tanto agricultores como ganaderos.

Se ha intentado desarrollar el producto de tal forma que sea útil para el usuario, con un funcionamiento sencillo que posibilite extraer información rápida e intuitiva para poder ser utilizada por una amplia diversidad de gente, en cuanto a edad y formación.

Con el fin de alcanzar dicho objetivo, se ha implementado un sistema que permita la consulta y control a través de las comunicaciones móviles. Para ello se ha diseñado el hardware necesario para un correcto funcionamiento del producto, analizando diferentes alternativas para ello.

De igual modo, se ha consultado y revisado toda la normativa a la cual está sujeto un proyecto de estas características, generando la documentación necesaria en cuanto a las partes relacionadas con el proyecto se refiere como pueden ser, el proyectista, el cliente, los proveedores, etc.



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

Índice

Índice de figuras	2
1. Introducción	3
2. Motivación y justificación del tema elegido.....	4
3. Objeto	5
4. Metodología a seguir	5
4.1. Estudio de alternativas en el mercado.....	5
4.2. El internet de las cosas.....	6
4.3. Ámbito de aplicación.....	7
4.4. Búsqueda de componentes y diseño de la PCB	10
4.5. Búsqueda de proveedores.....	11
5. Normas aplicadas.....	11
5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas	11
5.2. Plan de gestión de calidad.....	12
5.3. Disposiciones legales y ensayos realizados.....	12
6. Desarrollo del proyecto.....	13
6.1. Requisitos de diseño	13
6.2. Emplazamiento, entorno socio-económico y ambiental	13
6.3. Alternativas y soluciones escogidas	14
6.3.1. Alimentación	17
6.3.2. Módulo de control	17
6.3.3. Antena.....	20
6.4. Diseño de la placa	21
7. Planificación	23
8. Conclusiones	23
9. Bibliografía y Linkografía	25



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

Índice de figuras

Figura 1: Concepto “Internet de las Cosas”	6
Figura 2: Expectativas de crecimiento de dispositivos inteligentes interconectados.....	7
Figura 3: Diferentes modelos de estaciones meteorológicas.....	8
Figura 4: Mapa de cobertura de la red ADSL en España.....	9
Figura 5: Mapa de cobertura de la red 3G/4G en España	9
Figura 6: Página principal Digikey	10
Figura 7: Software Altium v.16	10
Figura 8: Software Design Spark Mechanical v2.0.....	11
Figura 9: Batería de Litio	17
Figura 10: Conector USB	18
Figura 11: Módulo SIM900	19
Figura 12: Módulo SIM5218	19
Figura 13: Antena RF-SMA	20
Figura 14: Antena Magnética	20
Figura 15: Diagrama de bloques	21
Figura 16: Plano del esquema general	22
Figura 17: Diagrama de Gantt.....	23



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

1. Introducción

El objetivo es el diseño y desarrollo de un módulo de comunicaciones que permita el control y supervisión de los datos de una estación meteorológica.

Dicha estación puede estar emplazada en lugares remotos y de difícil acceso para su continua supervisión in-situ, por ello se propone utilizar un módulo GSM/GPRS gestionado vía SMS.

Debido al aumento de plataformas de mensajería gratuita como Wahtsapp, Allo, etc, por las que hay que abonar unas tarifas por utilizar la red de datos, las compañías de teléfono han decidido dar este servicio de mensajes SMS de forma gratuita por lo que es un beneficio económico importante para la transmisión de datos de cara al usuario final.

Este proyecto se engloba dentro de los Trabajo de Fin de Grado de TIPO A, tal como estipula la “Normativa interna de gestión de los trabajos de Fin de Grado y de Fin de Máster de las titulaciones que se imparten en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza” que los define como:

“Tipo A: Proyecto técnico, con estructura y formato normalizados, que deberá contener, como mínimo, los siguientes documentos: memoria, planos, pliego de condiciones y presupuesto”

El proyecto se realiza como Trabajo de Fin de Grado de Ingeniería Electrónica y Automática, con la supervisión de D. Manuel Torres Portero, profesor titular de la Universidad de Zaragoza, Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación.



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

2. Motivación y justificación del tema elegido

La elección de este proyecto resulta por dos motivos principalmente, el más importante es la necesidad de adquirir conocimientos en el campo de la gestión de proyectos, debido a la situación laboral del autor, por otro lado, una situación familiar cercana a la agricultura, y la necesidad de poder conocer las características climatológicas del terreno sin tener la obligatoriedad de acudir a observar el terreno para comprobar si se pueden hacer las diferentes labores.

Por todo ello mediante este Trabajo de Fin de Grado se busca el desarrollo íntegro de un proyecto técnico, desde las primeras etapas de recogida de información y lectura de normativa hasta las disposiciones finales como es el Manual de Instrucciones. Consiguiendo de esta manera todo lo necesario por si en un futuro se considerase viable llevarlo realmente a cabo.

Por lo acontecido se quiere desarrollar un trabajo de forma integral con todos los pasos a seguir, siendo lo muy cercano a la realidad que un proyectista debe desarrollar. Se busca un trabajo que como fin último tenga un marcado carácter profesional y técnico, poniendo especial cuidado en todo lo referente a normativa, análisis y acabado del producto.

Se quiere desarrollar y asentar parte de los conocimientos adquiridos durante el Grado, y la adquisición de otros durante el avance y elaboración del presente trabajo.



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

3. Objeto

La idea de este Trabajo Fin de Grado (en adelante TFG), parte de la necesidad del control y supervisión, en el medio rural, de una estación meteorológica comercial, ya que se ha observado en las últimas décadas la necesidad de la incorporación de la tecnología en este medio. También poder utilizar este trabajo para equipos forestales y para cualquier entidad o persona que posea una estación a gran distancia.

Para la elección del tipo de tecnología a utilizar en las comunicaciones se analizaron varias opciones, RF, GPRS/GSM, ...

Una de las premisas que se fijaron desde un principio fue tratar de reducir al máximo los costes del posible dispositivo, de manera que se obtuviese como resultado una herramienta de bajo coste que estuviese al alcance de todo el mundo. Además, sería necesario que la gran mayoría de la población (clientes finales) contase con los medios necesarios para la utilización de dicho dispositivo.

El objetivo final de este TFG es la obtención de la documentación y planos pertinentes para lograr un prototipo plenamente operativo. Abordaremos, para ello, con la correcta reglamentación para dicho proyecto.

Después de evaluar los diferentes aspectos para la elección de las distintas tecnologías y las dificultades que podían poseer los distintos usuarios, se llegó a la conclusión de utilizar la tecnología GPRS/GSM, debido a su mayor cobertura. Se va a utilizar como guía un shield GPRS/GSM de Arduino, modificando y eliminando partes innecesarias para el proyecto.

4. Metodología a seguir

En este apartado se va a describir los pasos que se han seguido para la realización del trabajo para llegar a las conclusiones finales, así como información en la que se ha basado en proyecto.

4.1. Estudio de alternativas en el mercado

Lo primero que se hizo fue estudiar como diferentes modelos de estaciones transmitían los datos a los usuarios, se observaron diversos métodos. Algunas colocadas en sitios remotos a grandes distancias están ubicadas en refugios conectadas



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

a ordenadores con módems por los que sacan los datos a la red. Otras poseen dataloggers que recogen datos y los envían por otros módulos. Y otras solamente tienen rangos de alcance cortos (alrededor de los 300m) utilizando vía wifi o bluetooth los envían a las pantallas de control.

Se consiguió gran cantidad de información por lo que se barajaron alternativas como las expuestas en el volumen 1 (Memoria) dentro de los Anexos.

4.2. El Internet de las cosas

La expresión “Internet de las Cosas” hace referencia a la interconexión entre objetos de consumo o de uso cotidiano (electrodomésticos, ropa, libros, productos alimenticios, etc.) a través de ciertos dispositivos capaces de conectarlos a la red. En la figura 1 se resume el concepto de IoT.

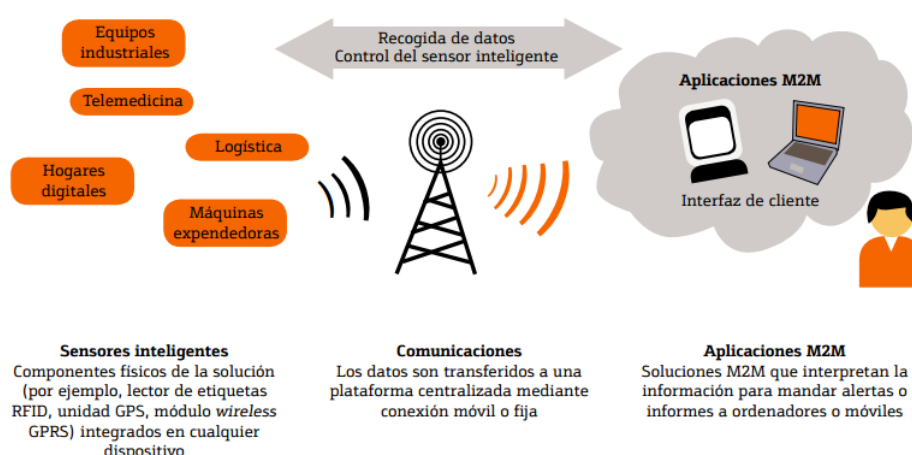


Figura 1: Concepto “Internet de las Cosas”

Las utilidades del Internet de las Cosas pueden considerarse prácticamente infinitas. Cada vez son más los medios que tenemos a nuestra disposición para implementar, de manera no muy compleja, un posible dispositivo capaz de dotar a cierto objeto o función de una conexión a la red, ya sea por medio de una tecnología u otra.

La llegada de IPv6 supone un factor clave en el desarrollo del concepto IoT. Gracias a este nuevo protocolo (diseñado para reemplazar a IPv4) se evitará que el crecimiento de Internet quede restringido, y hará posible la gestión de direccionamiento de innumerables dispositivos.



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

Por otro lado, ya son muchas las aplicaciones móviles y servicios en la nube que nos permiten la conexión a todos estos dispositivos, y proporcionan una vía para el tratamiento de una inmensa cantidad de datos en tiempo real (sistemas 'Big Data'), facilitando la integración de infinidad de sensores aplicables prácticamente a cualquier tipo de necesidad. De hecho, ya han surgido incluso redes sociales de sensores, como la plataforma 'Xively', donde los usuarios comparten datos en tiempo real procedentes de distintos sensores.

En los próximos años se espera un gran aumento en el número de equipos de uso cotidiano interconectados, entre otras cosas, gracias a la inminente llegada de todos estos sensores inteligentes a nuestros hogares. En la figura 2 se muestra un gráfico con las expectativas de crecimiento en vistas al año 2025.

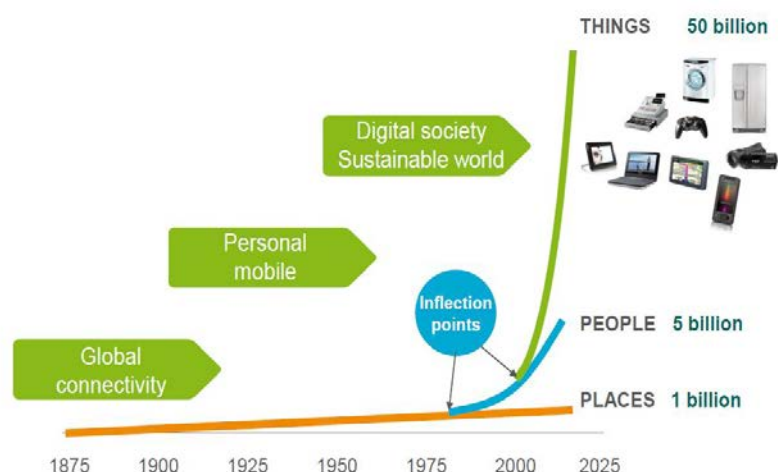


Figura 2: Expectativas de crecimiento de dispositivos inteligentes interconectados

También son muchas las empresas que ofrecen, o están interesadas, en soluciones IoT. La gestión de recursos y la eficiencia energética son las aplicaciones más solicitadas. Tecnologías inalámbricas como las redes móviles, WIFI, Zigbee, Bluetooth, etc., permiten optimizar posibles soluciones y facilitan su despliegue.

Sin ir más lejos, Arduino ha marcado un punto de inflexión en este sentido, convirtiéndose en la herramienta ideal para llevar a cabo multitud de prototipos y obtener nuevos usos de uso. Gracias a su bajo coste, sencillez y a la variedad de modelos que podemos encontrar, resulta una herramienta de gran ayuda a la hora de implementar ideas y soluciones de ámbito doméstico. Además, existen multitud de sensores y



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

actuadores compatibles con esta plataforma, mediante los cuales podemos recopilar datos de nuestro entorno, analizarlos, y actuar en consecuencia, incluso conectar con otros dispositivos a través de las distintas tecnologías de comunicación (GSM/GPRS, 3G, Bluetooth, RFID, etc.) aprovechando toda una variedad de shields de expansión.

4.3. Ámbito de aplicación

El dispositivo podrá ser colocado a cualquier estación meteorológica preparada para ello (OREGON, PCE Instruments, ...), ya que se conecta a la misma por medio de un puerto USB, tanto para la transmisión y recepción, como para la alimentación del dispositivo.



Figura 3: Diferentes modelos de estaciones meteorológicas (PCE-FWS 20, OREGON WRM89)

Debido a una protección IP56 de la carcasa puede ser emplazada en estación las cuales estén colocadas en diversas zonas, en el campo para agricultores con altas temperaturas, en la montaña con temperaturas bajas, con lluvia, en definitiva, zonas de difícil acceso y con diferentes climatologías.

En resumen, permitirá un envío de datos de los fenómenos atmosféricos en la zona deseada, incluso de los más destructivos, por si se pudieran llegar a controlar o minimizar.

Como se ha mencionado antes, las comunicaciones del sistema se basarán en la red inalámbrica GPRS/GSM de comunicaciones de teléfonos móviles. Esta red tiene una cobertura en el territorio español de aproximadamente el 98 % en algunas compañías y, por tanto, puede ser utilizada prácticamente en cualquier lugar. Incluso se



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

podría aplicar en territorios extranjeros sin perder funcionalidad debido a que es una tecnología extendida por casi todo el mundo.

Podemos observar en las siguientes figuras la gran importancia de la utilización de la red GPRS/GSM en comparación por ejemplo con la red ADSL.

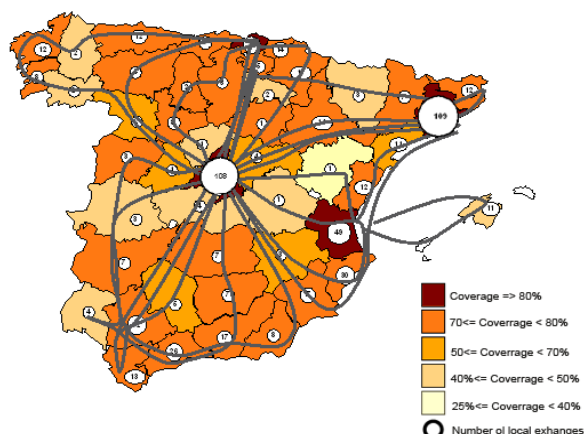


Figura 4: Mapa de cobertura de la red ADSL en España.

Como podemos observar como en la figura 2.2, la red de telefonía móvil dispone de una cobertura mucho más extensa a lo largo de nuestro territorio nacional en comparación, en este caso, con la cobertura ADSL en España.

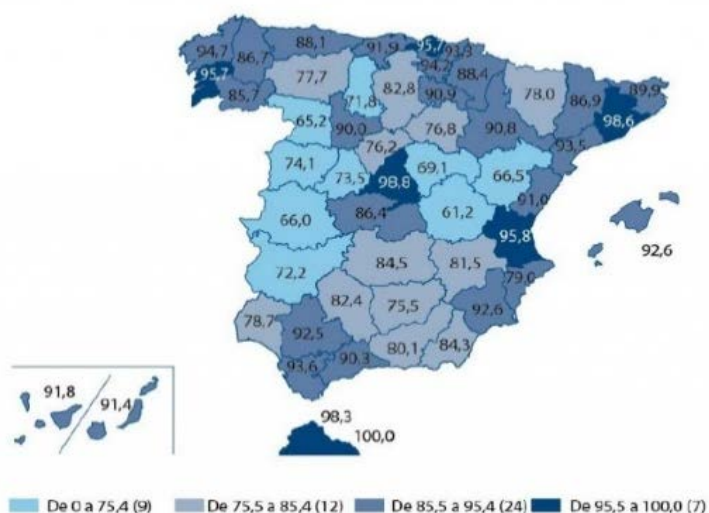


Figura 5: Mapa de cobertura de la red 3G/4G en España.



4.4. Búsqueda de componentes y diseño de la PCB

Fue necesario encontrar los componentes adecuados a las características del diseño, basándose en el módulo de comunicaciones GSM/GPRS de Arduino, para ello se utilizó por lo general un proveedor como Digikey (www.digikey.com), por la variedad de componentes.



Figura 6: Página principal Digikey

Para el diseño de la placa se ha utilizado el programa Altium. Es un programa de diseño de PCB's que permite el desarrollo de un sistema electrónico desde el esquemático hasta la generación de los planos de una PCB. Tiene, además, una biblioteca de componentes que en muchos casos pueden cargarse para su uso en el proyecto y la mayoría de veces incluye el componente en la biblioteca en 3D, lo que permite la exportación como PCB en 3D también. Una vez desarrollada la placa, es posible generar las posibles tablas necesarias, como de materiales o taladrado.

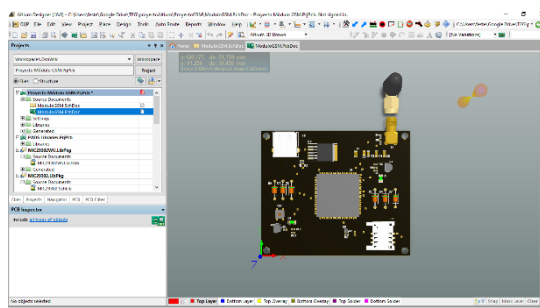


Figura 7: Software Altium v.16



El diseño 3D de la caja se ha realizado con el software Design Spark Mechanical 2.0, ya que se pueden exportar diferentes archivos desde Altium hasta el mencionado Design Spark Mechanical, para poder ser insertado en este formato y poder realizar unos documentos más explicativos como se puede observar en el volumen 4 (Planos) o en el Manual de Instrucciones, ambos en los Anexos de esta memoria.

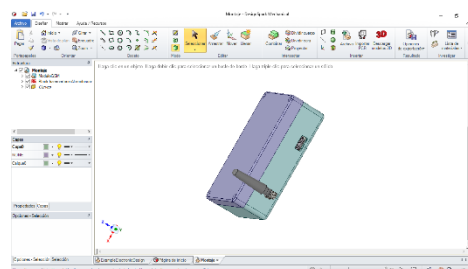


Figura 8: Software Design Spark Mechanical v2.0

4.5. Búsqueda de Proveedores

Tanto para las partidas de los componentes internos y externos, como para la envoltura, se han consultado diferentes proveedores, comparando diferentes precios y presupuestos, como por ejemplo:

- Digikey: Los componentes.
- PCBYA: Fabricación de la PCB
- Farnell: Envoltura.
- DEKRA: Ensayos

En los volúmenes 6 y 7 de los Anexos, Mediciones y Presupuestos respectivamente, se puede consultar todo lo referente a los distintos proveedores de cada una de las partes como los precios definitivos.

5. Normas aplicadas

5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

- **UNE-EN ISO 9001:2015.** Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos (ISO 9001:2015).
- **UNE 157001:2014.** Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

- **Directiva 2014/30/UE.** Directiva de Compatibilidad electromagnética
- **Directiva 2011/65/UE.** Directiva RoHS.
- **Directiva 2014/53/UE.** Comercialización de equipos radioelectrónicos.
- **Marcado CE.**

5.2. Plan de Gestión de Calidad

El proyecto se ha desarrollado según el sistema de calidad definido en la norma UNE-EN ISO 9001:2015, lo cual implica que el dispositivo cumple con unos determinados estándares de calidad reconocidos en todo el mundo además de una calidad en el servicio ofrecido a los clientes. Dentro de la norma desarrollada ISO se han aplicado los requisitos relativos al ámbito electrónico.

5.3. Disposiciones legales y ensayos realizados

Cualquier proyecto que se precie debe contener un documento que delimite las responsabilidades de cada uno de los integrantes del proyecto. Todas estas disposiciones se indican en el Volumen 5 de los anexos de este documento (Pliego de Condiciones).

Respecto a las características técnicas del proyecto se definen elementos como la calidad de los materiales y los grados de protección que se deben cumplir para el módulo de comunicaciones en el momento de su fabricación y los posibles cambios a realizar sobre el proyecto original, se delimita en todo lo referente a los componentes electrónicos y la envolvente.

Además, en relación con los requerimientos en materia de certificación y verificación del módulo, se estiman los ensayos necesarios para su aprobación, en cumplimiento con la normativa oficial como por ejemplo el ensayo de repetitividad o el ensayo IP.

Seguidamente se explican las obligaciones a realizar en torno a la ejecución del proyecto, incluso para definir las responsabilidades entorno al mantenimiento y precauciones de uso de cara a posibles negligencias.

Para terminar, se estimaron las condiciones económicas para la realización y ejecución del proyecto, estableciendo los correspondientes derechos y deberes del



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

contratista, por una parte, y del contratante por otra. Además, ciertas indicaciones en lo referente al contrato, como son las condiciones de pago y la fianza, por último, el plazo de garantía que cubra los posibles defectos en la fabricación.

6. Desarrollo del proyecto

6.1. Requisitos de diseño

Se pretende diseñar un módulo de comunicaciones para la gestión y control de una estación meteorológica comercial, teniendo en cuenta que la distancia entre el operador y la estación puede ser de varios cientos de kilómetros. Dicho módulo dispondrá de las siguientes características:

- Conexión con el puerto serial.
- Quad Band 850/900/1800/1900 Mhz.
- GPRS mobile station clase B.
- TCP/UP embebido.
- Consumo 1.5 mA.
- Interfaz entre operario y módulo por medio de SMS, apoyado en un formato de menús sencillos donde se pueden tomar las decisiones que correspondan en base a los datos recogidos por la central.

Características físicas:

- Para el montaje del equipo se utilizará caja/carcasa plástica diseñada a propósito, o comercial cuya IP mínima sea IP56.
- Las dimensiones de la caja serán reducidas para posibilitar una instalación adecuada.
- El diseño del equipo cumplirá con las directivas comunitarias que le son de aplicación (Marcado CE) y con la compatibilidad electromagnética (EMC).
- Rango de Temperatura: - 40 °C a +85 °C.

6.2. Emplazamiento, entorno socio-económico y ambiental

No existen documentos sobre el emplazamiento y el entorno socio-económico y ambiental que proporcionen especificaciones en el diseño del proyecto.



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

6.3. Alternativas y soluciones escogidas

En este apartado se presentan las alternativas estudiadas para la realización del proyecto, basadas todas ellas en un módulo Arduino ya existente en el mercado, del cual se han seleccionado parte y se han eliminado muchas otras innecesarias para el objetivo que nos acontece. Los criterios seguidos a la hora de escoger entre las diferentes alternativas y por lo tanto la justificación de su uso en el diseño fueron:

- **Precio**

Se intenta buscar una solución adecuada que mantenga un equilibrio entre la calidad y el precio final, el cual acabe siendo inferior a los ya dispositivos comerciales.

- **Tamaño**

Se ha escogido un tamaño reducido, solamente el necesario, tanto para la carcasa como la placa, ya que se ha intentado minimizar las dimensiones para que sea práctica y sencilla su colocación en la mayoría de las estaciones meteorológicas estudiadas.

- **Disponibilidad en el mercado**

Los componentes utilizados en el diseño del módulo de comunicaciones están actualmente disponibles, para la fabricación de productos y para la sustitución de los componentes en los productos vendidos a clientes.

- **Consumo**

El producto tendrá un consumo reducido asegurando el correcto funcionamiento, lo cual será atractivo para la decisión del consumidor final.

- **Legislación, reglamentación y normativa aplicables**

Para la comercialización del módulo es requisito obligatorio la colocación del Marcado CE, lo que implica el cumplimiento de ciertos requisitos de las directivas que le son de aplicación:

- Requisitos derivados de la Directiva 2011/65/UE. RoHs.

Se restringe la utilización de ciertas sustancias en la fabricación del módulo de comunicaciones. Estas sustancias no pueden superar el valor máximo de concentración



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

(VCM) en peso de los materiales homogéneos que componen el dispositivo. Los valores y las sustancias son:

- Plomo (0,1%)
 - Mercurio (0,1%)
 - Cadmio (0,1%)
 - Cromo hexavalente (0,1%)
 - Bifenilos Polibromados (PBB) (0,1%)
 - Éter de Difenilo Polibromado (PBDE) (0,1%)
- o Requisitos sobre el control
- Se debe asegurar que el producto cumple la restricción en el uso de sustancias peligrosas.
 - Se debe realizar una documentación técnica, así como un control interno.
 - Se debe elaborar una declaración UE de conformidad y colocar el marcado CE sobre el producto final.
 - Se debe conservar la documentación técnica y la declaración UE de conformidad durante un periodo de 10 años después de la introducción al mercado.
 - Se debe mantener un registro de los productos no conformes y de los recuperados.
 - Se debe asegurar que cualquier cambio en futuras producciones sigue siendo conforme y que se van adaptando a las modificaciones de las normas.
 - Se debe establecer para cada módulo de comunicaciones un elemento identificativo, así como incluirlo en cada producto comercializado.
 - Se debe realizar medidas correctoras cuando algún producto resulte defectuoso y avisar a las autoridades competentes.
 - Se debe elaborar toda la documentación en una lengua comprensible por las autoridades competentes.



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

- Requisitos de colocación y localización del marcado CE:
 - El marcado CE se debe colocar en el producto final o su placa de datos de manera visible, legible e indeleble.
 - Cuando esto no sea posible o no pueda garantizarse debido a la naturaleza del producto, se colocará en el embalaje y en los documentos adjuntos.
 - El marcado CE se colocará antes de la introducción del producto en el mercado.
- Requisitos derivados de la Directiva 2014/30/UE. Compatibilidad electromagnética.
 - Que las perturbaciones electromagnéticas generadas quedan limitadas a un nivel que permita a los equipos de radio y telecomunicaciones u otros equipos funcionar con el fin para el que han sido previstos.
 - Que hay un nivel de protección frente a las perturbaciones electromagnéticas previsibles que permita al equipo funcionar sin una degradación inaceptable en su uso previsto.
- Requisitos derivados de la Directiva 2014/53/UE. Comercialización de equipos radioelectrónicos.
 - Los equipos que emiten o reciben intencionadamente ondas radioeléctricas a fines de radiocomunicación o radiodeterminación utilizan sistemáticamente el espectro radioeléctrico. A fin de garantizar el uso eficiente del espectro radioeléctrico de manera que se eviten interferencias perjudiciales, todos estos equipos deben entrar en el ámbito de aplicación de la presente Directiva.
 - Los equipos radioeléctricos pueden ser decisivos en el acceso a servicios de emergencia. Por tanto, cuando resulte adecuado, los equipos radioeléctricos deben diseñarse de manera que sean



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

compatibles con las funciones necesarias para acceder a tales servicios.

- Es preciso aumentar la eficacia y transparencia del procedimiento de notificación y, en particular, adaptarlo a las nuevas tecnologías para hacer posible la notificación en línea.

6.3.1. Alimentación

- *Baterías Níquel – Cadmio:*

Corresponden a las baterías que tradicionalmente se han venido utilizando. Se caracterizan por su baja capacidad ya que duran poco y por admitir sobrecargas. Una de sus grandes ventajas es la posibilidad de mantenerlas en carga aun estando cargadas sin que presenten averías.

Además, pueden utilizarse en ambientes con altas temperaturas. Sin embargo, estas baterías se componen de cadmio que es un elemento altamente contaminante y por ello, se encuentran en obsoletas.

- *Baterías de Litio:*

Similares a las baterías de NI-MH, sus principales ventajas son que tienen menores dimensiones para unas prestaciones un poco mejores o similares, su número de cargas y descargas es más alto y posibilitan estar cargadas durante meses sin apenas tener efectos en la potencia. Por esto su coste es más elevado que el de las baterías anteriores.



Figura 9: Batería de Litio



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

- **USB:**

Es un bus estándar industrial que define los cables, conectores y protocolos usados en un bus para conectar, comunicar y proveer de alimentación eléctrica entre computadoras, periféricos y dispositivos electrónicos. Puede alimentar en un rango entre 3,3 V y 5 V.



Figura 10: Conector USB

La elección escogida para la alimentación es el conector USB, ya que podemos aprovechar la propia alimentación de la estación a la que se vaya a conectar el dispositivo. Además, se necesita poca corriente, lo que no influirá en el funcionamiento de la estación. Por último, es el componente más barato de los estudiados.

6.3.2. Módulo de control

- *Módulo GPRS/GSM Quadband (SIM900):*

Módulo inalámbrico ultra compacto de cuatro bandas en un tipo SMT y diseñado con un procesador de un solo chip muy potente que integra el núcleo AMR926EJ-S, lo que le permite beneficiarse de las pequeñas dimensiones y las soluciones rentables.



Figura 11: Módulo SIM900



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

Con un interfaz estándar de la industria, el SIM900 ofrece rendimiento GSM/GPRS 850/900/1800/1900MHz para voz, SMS y datos, con bajo consumo de energía. Con una pequeña configuración de 24 mm x 24 mm x 3 mm, SIM900 puede adaptarse a casi todos los requisitos de espacio en sus aplicaciones M2M, especialmente para exigencias de diseño delgadas y compactas.

- *Módulo GPRS/GSM Quadband (SIM5218):*

La serie SIM5218 es una solución de módulo Tri-Band / Single-Band HSPA / WCDMA y Quad-Band GSM / GPRS / EDGE que soporta velocidades de enlace ascendente de hasta 7.2Mbps y servicios de velocidad de enlace ascendente de 5.76Mbps. Tiene una gran capacidad de extensión con interfaces ricas que incluyen UART, USB2.0 de alta velocidad, tarjeta SIM integrada, tarjeta SD, GPS, etc. Con abundante capacidad de aplicación como script LUA incorporado, TCP / UDP / FTP / HTTP / HTTPS / SMTP / POP3 y MMS, agregará mucho valor a la aplicación de los clientes. Es ideal para una amplia gama de productos, incluidos módems USB, pasarelas, enrutadores, PDA, teléfonos con video y mucho más. Las dimensiones del SIM5218 son 58 mm x 26 mm x 4,5 mm.



Figura 12: Módulo SIM5218

Después de comparar varios módulos que pudieran cumplir los requisitos para el diseño del proyecto, al final se escogió el módulo SIM900 de la familia SIMCOM por dos importantes factores, uno su precio, ya que es 10 veces más barato que el SIM5218, y por otro lado sus dimensiones, éste último es el doble de grande.



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

6.3.3. Antena

Una **antena** es un dispositivo (conductor metálico) usado para las transmisiones en (frecuencias AM o FM) diseñado con el objetivo de emitir y/o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma energía eléctrica en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.



Figura 13: Antena RF-SMA

- Frecuencia: 800 MHz-2.2 GHz
- Impedancia: 50 Ohms
- Ganancia: 0 dBi
- Potencia: 2W
- Altura: 44,8 mm

Existe una gran diversidad de tipos de antenas. En unos casos deben expandir en lo posible la potencia radiada, es decir, no deben ser directivas, otras veces deben serlo para canalizar la potencia en una dirección y no interferir a otros servicios.



Figura 14: Antena Magnética

- Frecuencia: 800 MHz-2.2 GHz
- Impedancia: 50 Ohms
- Ganancia: 5 dBi
- Potencia: 50W
- Altura: 116 mm

Para la finalidad del módulo de comunicaciones las antenas deben ser no directivas, ya que es necesario que la potencia radiada se extienda hacia todas las direcciones.



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

Ambas antenas comparadas anteriormente podrían servir para este proyecto, pero por funcionalidad en el diseño, tamaño y precio se establece el uso de una antena como el primer modelo.

Para una información más profunda se puede acudir a los volúmenes 2,3 y 8 de los anexos de este documento (memoria, anexos y manual de instrucciones respectivamente).

6.4. Diseño

A continuación se muestra muy por encima los diseños realizados de algunas de las partes del proyecto después de haber tenido en cuenta cada una de las alternativas, pudiendo ser estudiadas con más profundidad en los volúmenes 3 y 4, anexos y planos respectivamente, de los anexos del presente documento.

En la siguiente figura se puede observar el diseño completo y el diagrama de bloques final del módulo de comunicaciones asociado a la propia estación meteorológica.

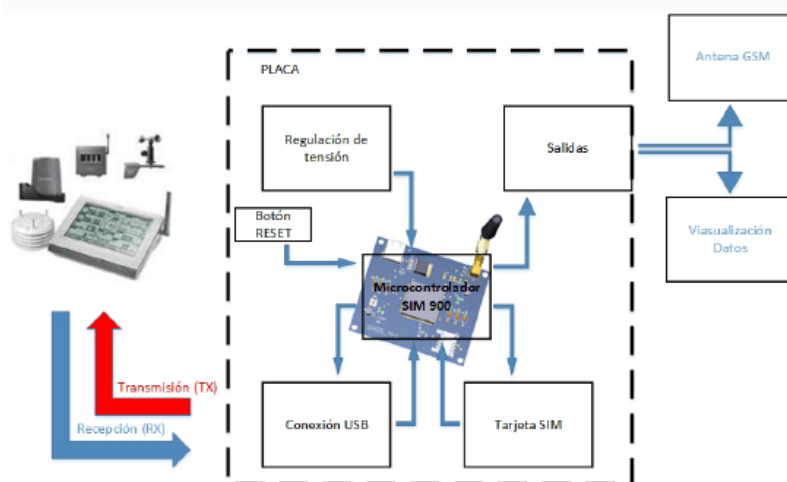


Figura 15: Diagrama de bloques (Anexos_Volumen 4)

En la figura 15 tenemos el plano del esquema general realizado con el programa Altium, de él se han sacado los diferentes planos necesarios para la descripción de las placas de circuito impreso, junto con otros planos, como plano en 3D o el interconexionado.



7. Planificación

La planificación del proyecto para poder ajustarse a los diferentes plazos durante el transcurso de la elaboración de dicho proyecto se puede observar en el siguiente diagrama de Gantt realizado con el software Microsoft Project.

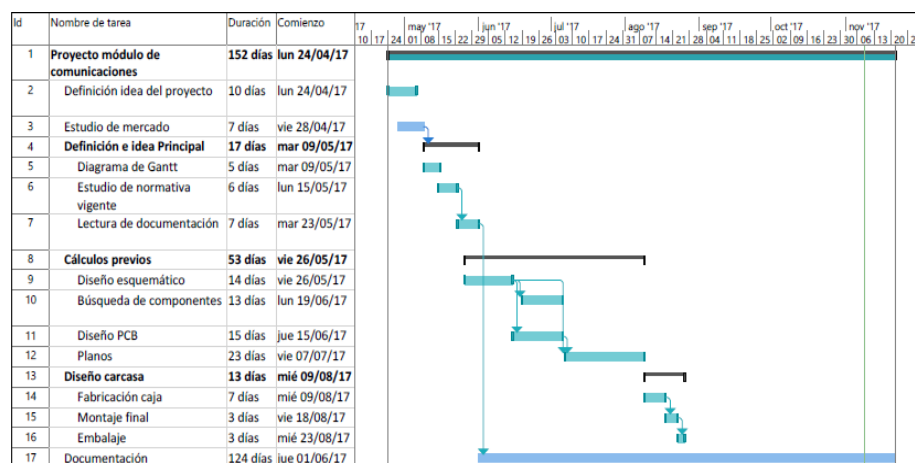


Figura 17: Diagrama de Gantt

8. Conclusiones

Tras analizar todas las alternativas disponibles para llevar a cabo la comunicación de la estación meteorológica con el usuario, se procede a indicar los componentes finales del módulo de comunicaciones, ya comentados con anterioridad.

Para el caso de la alimentación del dispositivo, no hubo ninguna duda entre la alimentación por USB y las otras alternativas, ya que por el bajo consumo utilizado por el módulo es suficiente y no merece la pena incrementar el precio en otras opciones. Será realizada a través de la conexión USB a la estación meteorológica. La propia estación, al poseer autonomía propia, será necesaria y suficiente para dar servicio al módulo de comunicaciones, debido a que éste necesita de un bajo valor de corriente. Hay componentes que necesitan 3,8V y otras partes del circuito trabajan a 4,8V, lo que será ajustado gracias a un regulador de tensión MIC29302WT, integrando todos los componentes necesarios para ajustar los valores del regulador como queda explicado en el capítulo Anexos.

La parte fundamental es el módulo GSM/GPRS SIM900, será el encargado de gestionar todas las actividades del dispositivo. Para este caso, no se comparó con



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

ninguna otra alternativa, ya que era la mejor opción desde el primer momento. Se conectará a la estación por medio de los pines Tx y Rx y a través de las dos líneas de Recepción y Transmisión del USB. Quedará programado, previa petición expresa del cliente y según sus necesidades, mediante comandos AT, transmisión y recepción de datos, modos de espera, etc. Estará en consonancia con la programación que deberá llevar la estación meteorológica para el envío de los datos recogidos a través del USB hasta el módulo de comunicaciones GSM/GPRS.

El envío y recepción de mensajes se realiza a través de la tarjeta SIM de la compañía, colocada en un porta-tarjetas, el cuál utiliza un sistema de protección, compuesto de cuatro diodos zener, para las descargas electrostáticas. También en cada salida del módulo SIM900 hacia el porta-tarjetas (SIM_VDD, SIM_RST, SIM_DATA, SIM_CLK) se coloca una resistencia para la limitación de corriente.

Se ha utilizado una antena RF-SMA con un rango de frecuencias entre 800Mhz y 2.2Ghz. Irá colocada en un conector adecuado para ella, el cuál es conectado al Pin RF_Ant del SIM900. Entre el SIM900 y el conector se han colocado dos condensadores y dos resistencias para la acomodación de la tensión y la corriente, dichos valores quedan recogidos en la hoja de características del componente.

Por otro lado, se ha pensado en colocar un botón de reset, conectado al Pin (NRESET) protegidos con dos diodos zener, con el fin de poder resetear al modo inicial de fábrica si hubiese algún problema.

Se han colocado dos diodos LED para visualizar tanto el estado como el momento de envío o recepción de datos (STATUS y NETLIGHT respectivamente) con sus correspondientes transistores y resistencias para asegurar el modo de conducción de los diodos LED.

Para terminar, se ha generado toda la documentación asociada al proyecto con la mayor fidelidad y precisión posible, incluso, pensando en un ficticio módulo para un cliente final. Mediante las imágenes 3D del producto final se representa de forma real las características deseadas del producto final.

El trabajo desarrollado en esta memoria se encuentra ampliamente desarrollado en materia, legal, técnica y económica en los volúmenes asociados.



MEMORIA	Francisco J. Esteban Gran	Trabajo Fin de Grado
---------	---------------------------	----------------------

9. Bibliografía y Linkografía

9.1. Bibliografía

- Martín del Brío, Bonifacio, *Transductores y Sistemas de Instrumentación*, vol. 2, Dpto. Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, Universidad de Zaragoza, 2ª Edición, 2009.
- Apuntes Oficina de Proyectos. Asignatura Grado Electrónica y Automática, Universidad de Zaragoza, 2016-2017.

9.2. Linkografía

- <http://es.rs-online.com/web>
- <http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp>
- <https://www.digikey.es/>
- http://simcom.ee/modules/gsm-gprs/sim900/http://es.wikipedia.org/wiki/Compatibilidad_electromagn%C3%A9tica
- <http://www.ngeeks.com/la-cobertura-de-adsl-en-espana/>
- <http://blog.pucp.edu.pe/blog/telecom/2009/12/12/soluciones-de-local-call-local-switch/>
- <http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp>
- <https://www.snapeda.com>
- <http://fundamentosdetelecomunicacionesitp.blogspot.com.es>