

**GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA**

**ESPECIALIDAD EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

Desarrollo de una infraestructura experimental para redes LoRa en malla

**TRABAJO DE FINAL DE GRADO**

**ENTREGABLE 4: DOCUMENTO FINAL**

**JUAN CARLOS RUBIO DIAZ**

Director: Felix Freitag

Codirector: Roger Baig Viñas

Tutor GEP: Joan Subirats Soler

Semestre de otoño

2024-2025

**Índice de contenidos**

[**1. Introducción y Contextualización 4**](#_lf2v4mop32z7)

[1.1 Contextualización 4](#_jfp8xhyp94iw)

[1.1.1 Problema a resolver 5](#_7cw31yj9fa5f)

[1.2 Definición de conceptos 5](#_kt6jenmq6qht)

[1.2.1 LoRa 5](#_7fnnhf8wabc4)

[1.2.2 LoRa Mesher & LoRaChat 6](#_oaqds02t2uwg)

[**2. Justificación 7**](#_iv3y4vw9v3hc)

[2.1 Soluciones existentes 8](#_pnrh7ox89wb)

[2.2 Soluciones posibles 8](#_ovopu3wf56wo)

[**3. Alcance 9**](#_acnodvag98rc)

[3.1 Objetivo 9](#_vlpcgpa2101s)

[3.2 Requisitos 9](#_lq8wl34j6o3c)

[3.3 Riesgos y obstáculos 10](#_cnfgm7z6lv3m)

[**4. Metodología y rigor 10**](#_q6u4wseylc3s)

[4.1 Metodología de trabajo 10](#_skgyfm7vnhiq)

[4.2 Seguimiento 11](#_gjkax5x1ynys)

[**5. Planificación temporal 11**](#_eloisucv26po)

[5.1 Descripción de las tareas 12](#_1b62wynkd7zq)

[5.1.1 Gestión del proyecto (GP) 12](#_db45qtpb6h71)

[5.1.2 Análisis de tecnologías (AT) 13](#_p3k2gxyxnb7m)

[5.1.3 Propuestas del trabajo (PT) 14](#_uz595wlv76ih)

[5.1.4 Elaboración del proyecto (EP) 15](#_5ysqg0g9tgor)

[5.2 Recursos 16](#_sqlffq47ygiu)

[5.2.1 Recursos humanos 16](#_kb68hyx7t65j)

[5.2.2 Recursos materiales 16](#_orwmoo33rqxg)

[**6. Estimaciones y Gantt 17**](#_ilelwmrw7pdf)

[6.1 Estimaciones 17](#_ka78fkjahihm)

[6.2 Diagrama de Gant 18](#_dvqfu9qf1nj7)

[**7. Gestión del riesgo: Planes alternativos y obstáculos 19**](#_yxxsch1a3lih)

[**8. Gestión económica 19**](#_bu7u4vmp8kn6)

[8.1 Presupuesto 19](#_b75kanob8w4o)

[8.1.1 Recursos humanos 19](#_6irzsdwf9smf)

[8.1.2 Recursos hardware 22](#_s21ie878426m)

[8.1.3 Recursos software 23](#_j480exejvo8d)

[8.1.4 Costos genéricos 23](#_gxkqt1ow3iyc)

[8.1.5 Contingencia 24](#_loi62kfs5iwj)

[8.1.6 Imprevistos 24](#_q3gohjfn53g4)

[8.1.7 Presupuesto final 25](#_qu9i68j81mpi)

[8.2 Control de gestión 26](#_i6f7mdh96rn4)

[**9. Informe de sostenibilidad 27**](#_47yxihfol2mj)

[9.1 Autoevaluación 27](#_67u04vuajuy5)

[9.2 Análisis de la sostenibilidad del proyecto 28](#_1z4xo0h5vdzk)

[9.2.1 Ambiental 28](#_fv48xgk273sj)

[9.2.2 Económico 29](#_k62fwoqxekcl)

[9.2.3 Social 30](#_d49tg3b2eqy9)

[**10. Referencias 31**](#_5pkqlk2cirs)

**Lista de Figuras**

[**Figura 1: LoRaChat, captura del proyecto en Visual Studio. 7**](#_f3fbs3rxnutz)

[**Tabla 1: Tabla resumen de las tareas. 17**](#_xeqd5xdrznp9)

[**Figura 2: Diagrama de Gantt del proyecto. 18**](#_bie7tp9aaxkm)

[**Tabla 2: Tabla de sueldos elaborada manualmente. 20**](#_lhc7c25ct440)

[**Tabla 3: Tabla con los costes estimados por tarea. 20**](#_pijbw9jzbnvd)

[**Tabla 4: Tabla de precios en el momento de adquisición. 22**](#_w11u2n3rsfga)

[**Tabla 5: Tabla de costes estimados por contingencias. 24**](#_9nja6blamz6p)

[**Tabla 6: Tabla de costes estimados por imprevistos. 25**](#_bimkr6hr5pry)

[**Tabla 7: Tabla del presupuesto final estimado. 25**](#_waq3tz1geqix)

# 1. Introducción y Contextualización

Este trabajo corresponde al proyecto final del Grado en Ingeniería Informática con especialización en Tecnologías de la Información. El grado es cursado en la Facultad de Informática de Barcelona, dentro de la Universitat Politècnica de Catalunya.

El proyecto se realiza en modalidad A, publicado en la web del Racó de la Fib, y tiene como director a Felix Freitag y como codirector a Roger Baig Viñas.

Por lo que respecta a las competencias técnicas asociadas a este proyecto tenemos [1]:

* CTI3.1: Concebir sistemas, aplicaciones y servicios basados en tecnologías de red, teniendo en cuenta Internet, web, comercio electrónico, multimedia, servicios interactivos y computación ubicua. [En profundidad].
* CTI3.3: Diseñar, implantar y configurar redes y servicios. [En profundidad].
* CTI3.4: Diseñar *software* de comunicaciones. [Bastante].

## 1.1 Contextualización

En los últimos años, las tecnologías de comunicación inalámbrica han tenido un notable crecimiento debido a la expansión del Internet de las Cosas (o abreviando, *IoT*, por sus siglas en inglés) y la necesidad de conectar dispositivos de forma eficiente en todo tipo de entornos. Una de las tecnologías protagonistas en este contexto es *LoRa* (*Long Range*), un protocolo de comunicación que ofrece un largo alcance, usando baja potencia, por lo que es ideal para aplicarlo en este campo.

Sin embargo, no todo son ventajas. *LoRa* presenta limitaciones tales como la dependencia de una infraestructura de red centralizada basada en estaciones base (*gateways*) que no tiene por qué ser siempre adecuada. Con el fin de remediar esto, surgen las redes en malla (*mesh networks*) como alternativa para ampliar las capacidades de las redes *LoRa*, ya que, proporcionan una topología descentralizada donde cada nodo puede hacer de repetidor. Esto permite extender el alcance de la propia red y mejorar la resiliencia ante fallos de los nodos.

La descripción del proyecto era: “We have been building at UPC a library called *LoRaMesher* that enables creating *LoRa* mesh network with embedded devices. The project should make a contribution to this open source library and help to make it more usable or showing new usages [2].”

### 1.1.1 Problema a resolver

El objetivo del trabajo es mejorar un trabajo ya existente. El punto de partida es el TFG de Jack Griffiths, también estudiante de la FIB, que conectó las placas que usaré en este proyecto. Por lo que respecta a nivel de madurez tecnológica o TRL, podríamos clasificar lo de Jack como TRL4 (nivel más bajo de simulación). En este trabajo se busca incrementar este TRL, teniendo como objetivo llegar a TRL6, el nivel más alto en la fase de simulación [3].

Hoy en día se han incrementado exponencialmente las aplicaciones que se le dan los dispositivos *IoT* siendo necesarias en implementaciones de sensores o aplicación inteligentes o *SMART*. Con el fin de llevar a cabo este sistema, es necesario un método adecuado y eficiente para la comunicación. Actualmente, este método es *LoRa*, pero tiene problemas en cuanto a diseño. Para el correcto funcionamiento de esta tecnología, se usan redes en estrella, lo que significa que es poco resiliente a fallos, entre otras cosas. Este trabajo pretende investigar otro diseño de la red: redes en malla o, aplicados a *LoRa*, *LoRamesher*, que soluciona los problemas provocados por las ya mencionadas, redes en estrella.

## 1.2 Definición de conceptos

### 1.2.1 *LoRa*

La tecnología *LoRa*, desarrollada por *Semtech*, se implementa dentro de una red *LoRaWAN*, en la cual dispositivos de *IoT*, como medidores inteligentes o sistemas de alarmas, se conectan a través de *gateways* que, a su vez, están conectados a Internet. Esto permite que los nodos de *IoT* interactúen con un servidor de red central. *LoRaWAN* es una red de área amplia de largo alcance (*Wide Area Network*), que usa los dispositivos *IoT* de *LoRa*, por lo que se ha convertido en la tecnología *LPWAN* más destacada y extendida. *LoRa* es preferida sobre otras soluciones debido a su bajo consumo de energía, mayor autonomía de batería, amplio rango de cobertura, coste reducido y facilidad de integración.

Actualmente, podemos encontrar *LoRa* en aplicaciones *Smart*, es decir, ciudades, hogares, agricultura y sistemas de medición inteligentes, ya que están impulsados por los propios dispositivos *IoT*.

Encontramos tres tipos de dispositivos *LoRa* dependiendo de su comportamiento y consumo [4]:

* Clase A: Estos dispositivos son los más eficientes en cuanto a consumo energético, ya que permanecen inactivos la mayor parte del tiempo. Estos se activan para enviar un mensaje y entran en modo escucha hasta recibir una respuesta.
* Clase B: Consumen más energía que los de Clase A al activarse de manera periódica para enviar datos.
* Clase C: Los instrumentos de clase C están activos siempre en espera de recibir un mensaje, y cuando es necesario, transmiten. Esto los hace los dispositivos con mayor coste energético.

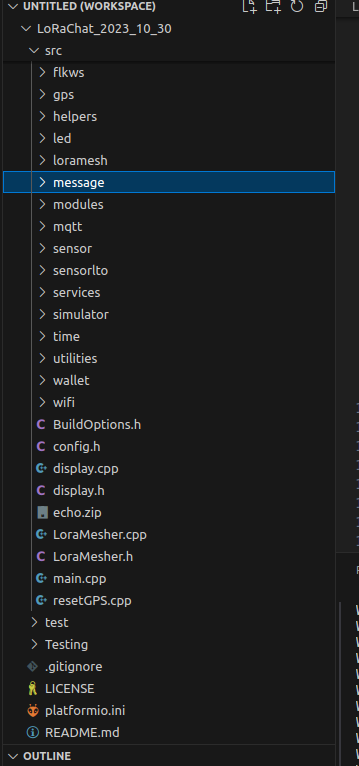
La decisión de utilizar *LoRa* en este proyecto se debe a que pretende ampliar una librería existente llamada *LoRaMesher*, que se detalla más adelante.

### 1.2.2 *LoRa Mesher & LoRaChat*

*LoRaMesher* es una librería desarrollada por Joan Miquel Solé, exalumno de la UPC, que implementa un protocolo de enrutamiento de vector de distancia en redes *LoRa*. Esta librería será utilizada en el proyecto para explorar y crear aplicaciones “*cross-networks*” en redes de malla *LoRa*.

En la página siguiente, se presenta una captura del código de *LoRaChat*, que utiliza *LoRaMesher* como servicio. *LoRaChat* facilita la creación de aplicaciones para dispositivos *LoRa* y será una herramienta clave en este proyecto para desarrollar las aplicaciones *IoT* deseadas. El proyecto está organizado de la siguiente forma [5]:

* /src: Contiene las aplicaciones creadas para los dispositivos *LoRa*. Actualmente, ya existen varias apps con diferentes funciones, y el objetivo del proyecto es expandir esta carpeta con nuevas aplicaciones. Para ello, se utilizarán apps existentes como referencia.
* /src/message/dataMessage.h: Las aplicaciones deben estar referenciadas en este archivo para ser utilizadas (cada una está asignada a un número).
* config.h: Especifica la configuración de los nodos *LoRa* y las aplicaciones correspondientes, que pueden ser activadas o desactivadas.
* main.cpp: Aquí se crean las instancias de las aplicaciones para que puedan ser ejecutadas.
* platformio.ini: Archivo de configuración de *PlatformIO*. Define dispositivos *IoT* y librerías utilizadas.
* echo monitoring and cdp min.py: Archivo *Python* que actúa como publicador y suscriptor de los mensajes enviados a través de *MQTT*.



###### 

###### Figura 1: LoRaChat, captura del proyecto en Visual Studio.

###### 

###### 

###### 



# 2. Justificación

Este proyecto será útil si, como ya se ha mencionado en el apartado 1.1.1 Problema a resolver, se consigue un incremento en la escala de madurez, que es sinónimo de: un proyecto en fase de investigación a punto de ser utilizable en el mundo real.

## 2.1 Soluciones existentes

Actualmente, hay soluciones que ya implementan lo que se espera como final de este proyecto. Dado que hay sistemas puestos en marcha utilizando redes *LoRa*, podríamos decir que “no estamos haciendo nada nuevo”, sino que, lo que se hará es buscar otro método o forma más eficiente, para hacer lo que ya se hace. En este momento, ya podemos encontrar sistemas que monitorizan la agricultura, gestionan ciudades y casas “inteligentes” o miden el consumo de energía o el agua.

## 2.2 Soluciones posibles

En cuanto a la propuesta en sí, de momento, estamos evaluando qué opción es más factible e interesante. Según Felix (director del TFG) podemos hacer lo siguiente:

1. *Deployment*: del entorno local a "Internet". Fase 1: con *VM, MQTT broker* en Internet, las placas en casa. Fase 2: En Campus Nord (u otro lugar "real"), las placas en este lugar y conectado a miniPCs que podemos controlar remotamente (reproducir como tenemos el testbed).
2. Añadir sensores a las placas y extender que el monitoring envía valores de sensores (actualmente, el monitoring envía valores del *LoRaMesher*, o sea, de su propio *software*). Podríamos conectar sensores a las placas, leer los valores y enviarlos. Conlleva retoques al *software*, la carpeta de *monitoring*.
3. "Portar" los componentes de Jack al *LoRaMesher/LoRaChat* actual. Jack usó un *LoRaMesher/LoRaChat* de hace 1 año. Se podría integrar lo que ha hecho a la versión actual. ¿Qué supone? El trabajo de Jack es una carpeta, idealmente sería "copiar" la carpeta al nuevo *LoRaMesher/LoRaChat* actual, en la práctica, algunos *calls* habrán cambiado etc., así habría que hacer adaptarlo.
4. Validar con otras placas, no solo los *T-Beams*. Disponemos de otro tipo de placas con *ESP32*. Si funcionan, se podría validar y usar en el *deployment* para tener un *deployment* con 2 tipos de nodos.

En todos los casos, el trabajo se basa en mejorar el TFG de Jack (ya mencionado anteriormente).

# 3. Alcance

El proyecto se va a desarrollar siguiendo unos objetivos propuestos. Se hará el trabajo de investigación para ver si las ideas pensadas son viables en el mundo real y se justificará por qué sí, o, porque no valen para lo que se había imaginado inicialmente.

## 3.1 Objetivo

El objetivo principal de este proyecto es contribuir al mundo del *IoT* mediante la creación de aplicaciones útiles para redes de malla *LoRa*. Otra forma de decirlo sería hacer un uso más común y extendido de este tipo de redes, haciendo que sean tanto eficientes como útiles.

Para conseguir este objetivo principal, hemos de alcanzar, también, los siguientes subobjetivos:

* Comprensión adecuada de las redes *LoRa*.
* Familiarización con la programación de aplicaciones para nodos *IoT*.
* Identificación del tipo de aplicaciones creadas y por crear.
* Creación de aplicaciones para los nodos *IoT*.
* Pruebas de las aplicaciones para los nodos *IoT*.
* Revisión y optimización de las aplicaciones.
* Configuración correcta de una red de malla *LoRa*.

## 3.2 Requisitos

A continuación, hay una lista de requisitos necesarios para el correcto desarrollo del proyecto, que se podrían clasificar según sean funcionales o no funcionales:

Funcionales:

* Adaptabilidad y compatibilidad con los demás nodos dentro de la red *LoRa*.
* Garantizar el uso correcto de las aplicaciones, lo que significa que no debe haber errores.
* Comentar y documentar el código para su fácil comprensión.

No funcionales:

* Los resultados deben ser de fácil acceso y servir de referencia a los que busquen mejorar este trabajo.
* Informarse del funcionamiento de redes *LoRa* y nodos *IoT*.
* Revisión continua del proyecto para asegurar el correcto avance.

## 3.3 Riesgos y obstáculos

Para el proyecto se han identificado los siguientes obstáculos y/o riegos que pueden afectar al desarrollo de este:

* Fecha límite: hay un plazo establecido para la entrega, por lo que se ha de gestionar bien el tiempo. Puede influir al tiempo que se dedique en cada tarea e impactar negativamente a la calidad del proyecto en caso de retraso.
* Falta de experiencia y disponibilidad de la información: no se ha trabajado antes con este tipo de aplicaciones, además de no haber una gran cantidad de información disponible. Es necesaria una fase de adaptación y comprensión de las tecnologías. Gran parte del código está desarrollado por otra persona, por lo que, hay que entender la base.
* Errores o retrasos: como ya se ha comentado, en caso de retraso, fallo de las aplicaciones o errores de programación afectan considerablemente la organización y planificación de tareas además de la calidad del trabajo.
* Fallos inesperados o incontrolables: en todo caso, aunque no sea muy probable, hay que tener en cuenta la posibilidad de una falla de *hardware* (tanto placas como el ordenador en cuestión), además de situaciones médicas imprevistas.
* Desconocimiento del final: en los proyectos de investigación, nos podemos encontrar que el camino a seguir no lleva a una solución exitosa. Lo que me recuerda a la siguiente frase “Caminante, no hay camino, se hace camino al andar”[6], que sugiere que no hay un destino predefinido, sino que, se construye a medida que avanzamos.

# 4. Metodología y rigor

## 4.1 Metodología de trabajo

Este proyecto adoptará una metodología *Agile*. Esta forma es la que más nos interesa debido a la transparencia y la comunicación, el desarrollo iterativo, la planificación adaptativa y la mejora continua. Se realizará una planificación con el fin de identificar cuándo se llevará a cabo cada cosa. Durante el desarrollo del proyecto, se realizarán reuniones con el director (usando *Meet*) para discutir los avances. En estas reuniones se podrán formar nuevas tareas y añadirlas al plan existente. De forma añadida, también habrá comunicación por correo electrónico con el director con el fin de resolver dudas.

## 4.2 Seguimiento

Ya se ha comentado que a medida que se vaya avanzando en el proyecto, irán surgiendo nuevas mejoras y ampliaciones a llevar a cabo. Para esto, sería necesario llevar un correcto seguimiento del trabajo con el fin de tener siempre en cuenta los objetivos que se han alcanzado, los que se irán alcanzando y el tiempo que llevará cada uno de estos.

Primeramente se planificará a través de un diagrama de *Gantt*, posteriormente mostrado, con el que tendremos una vista aproximada del tiempo del proyecto. Este diagrama especifica las tareas a realizar y el tiempo que van a durar estas, por lo que es una herramienta de control bastante fiable.

A la misma vez, se harán reuniones a través de *Google Meet* con el fin de mantener un contacto más directo y rápido con el director del trabajo que usando correo electrónico, que será más frecuente para dudas puntuales y con respuesta breve o sencilla.

# 5. Planificación temporal

En esta sección del proyecto especificaremos una planificación temporal de las tareas que deben llevarse a cabo para cumplir con uno de los requisitos principales del trabajo de fin de grado, completarlo dentro del plazo establecido.

La fecha de inicio es el miércoles 18 de septiembre de 2024 y se prevé finalizar el 24 de enero de 2025 (último día entre las fechas de lectura). Por lo tanto, se calcula que el desarrollo del trabajo se llevará a cabo en 19 semanas, incluyendo la preparación de la presentación para la defensa oral del proyecto con la documentación ya entregada.

Se estima una dedicación diaria de 4 horas al proyecto. La estimación es un promedio, ya que pueden surgir imprevistos durante la semana. En tal caso, se recuperará el tiempo, principalmente, durante el fin de semana, cuando se dispone de más tiempo para dedicar al trabajo.

Con esto, se pueden calcular aproximadamente 28 horas semanales y un total aproximado de 480 horas necesarias para el desarrollo del trabajo.

## 5.1 Descripción de las tareas

### 5.1.1 Gestión del proyecto (GP)

Nuestro primer bloque de tareas son las que se relacionan de alguna manera con la gestión del proyecto. Para elaborar un trabajo exitoso, es necesario este bloque, que incluye la planificación de tiempo y trabajo además de la documentación de este.

GP1 - Contextualización y alcance

Como tarea inicial del proyecto nos encontramos con esta contextualización. Aquí hemos de hacer un análisis de la situación actual, definiendo objetivos y límites concretamente. Adicionalmente, hemos de identificar los recursos necesarios para cumplir con las metas establecidas.

Empezando esta parte en la primera entrega de GEP y habiendo de corregir y completar, se estima una dedicación de unas 32 horas.

GP2 - Planificación

La segunda tarea del proyecto es la parte de la planificación temporal de este. Incluye especificaciones sobre las tareas a realizar y la estimación del tiempo que durarán estas. Se ha de tener en cuenta todos los tiempos supuestos y los posibles obstáculos que pueden surgir para cumplir con los plazos y completar el trabajo exitosamente. La planificación tiene como fin controlar si se avanza de manera satisfactoria el cumplir los objetivos y ajustar el tiempo en caso de inconvenientes.

Esta tarea corresponde con la segunda entrega de GEP y, corrigiendo y completando, se estima una dedicación de unas 27 horas.

GP3 - Presupuesto y sostenibilidad

Tarea número 3 y, entregable 3 de GEP. Estamos en la parte de evaluar el presupuesto y la sostenibilidad al realizar el proyecto. En otras palabras, se mide el impacto económico, social y medioambiental del trabajo.

Igual que en las 2 tareas anteriores, contando corrección y perfección, se estima una duración de unas 25 horas.

GP4 - Entrega final GEP

Última parte de GEP. La entrega final consiste en unificar en un solo documento, con las correcciones ya hechas, las 3 entregas anteriores de GEP, por lo tanto, es dependiente de GP1, GP2 y GP3.

Teniendo en cuenta que las correcciones de las entregas están incluidas en las tareas anteriores, podemos suponer una dedicación total de 1 hora.

GP5 - Memoria

La escritura de la memoria es progresiva, es decir, se irá escribiendo mientras se elaboran las tareas del proyecto. Esta consiste en toda la documentación que se irá generando mientras dure el trabajo. Se prevé una dedicación total de unas 50 horas a esta tarea.

GP6 - Defensa del proyecto

Una vez finalizado el proyecto y entregada la memoria, tal como indica la Facultad de Informática de Barcelona, se realizará la defensa del proyecto. Se dedicarán alrededor de 20 horas para preparar el material necesario, incluyendo la presentación.

GP7 - Reuniones con el tutor

Fuera de plazos establecidos y de dependencias, se realizará, a ser posible, una reunión semanal con el tutor del TFG, Felix Freitag, con tal de informar sobre el desarrollo del trabajo y decidir una ruta a seguir. Se incluye aquí el contacto por correo electrónico y las reuniones por *Meet*, que irá en aumento cuando avance el trabajo. Se prevé una dedicación total de 30 horas (1 hora semanal \* 19 semanas + correos + reuniones de últimas semanas).

### 5.1.2 Análisis de tecnologías (AT)

En el conjunto de tareas llamado análisis de tecnologías, dedicaré el tiempo a reproducir el TFG de Jack Griffiths, antiguo alumno de la FIB. La idea aquí es obtener como resultado el proyecto realizado con propósito de utilizarlo de base para este.

AT1 - Investigación y preparación del entorno

La tarea se basa en investigar y preparar el entorno, tal como dice su propio nombre. Con esto vengo a referirme al hecho de informarse y comprender sobre las tecnologías utilizadas anteriormente para la elaboración del sistema ya mencionado. También incluyo aquí la preparación de los sistemas a usar, al haber de preparar un pc con el sistema operativo de *linux* y la instalación del *Visual Studio* y *plugins* necesarios para su funcionamiento. Sin contar tiempos de espera de instalación puede suponer una duración total de 15 horas para ponerlo todo en marcha.

AT2 - Aprender a usar las herramientas

Una vez esté disponible el entorno a usar, el siguiente paso será aprender a usarlo. Para esto el propio Jack en su TFG explica los pasos para poner el sistema en marcha. Este explica el uso que le da a *Git* o como trabaja con *MQTT* (o *Mosquitto*), entre otras cosas. La tarea comprende también el tiempo necesario para el aprendizaje de visual studio y respectivos *plugins* para poner en marcha la configuración. En definitiva, se estima una dedicación total de unas 10 horas.

AT3 - Entender la base del trabajo

Como ya he comentado varias veces, este trabajo tiene como punto de partida, el punto final del trabajo de Jack. De manera obvia, al ser su trabajo apto para un TFG, podemos ver que tendrá una cierta complejidad tanto tecnológica como de comprensión, sumado a que está presentado en inglés. Él, por su parte, hizo un gran trabajo, por lo que dedicaré alrededor de 20 horas a entender qué, cómo y por qué lo hizo.

AT4 - Implementación y prueba de funcionamiento de la base

Una vez esté todo preparado para comenzar a programar como tal, se probará la implementación ya hecha que se tomará como base. No espero que todo salga correctamente la primera vez, por lo que aquí se aplica un bucle de prueba-error hasta encontrar la manera exitosa de poner a funcionar el sistema. Esta tarea se completará exitosamente al ver que nuestro sistema funciona exactamente como le funcionaba al estudiante anterior en sus días.

Se aproxima una cantidad de unas 30 horas de dedicación a este apartado.

### 5.1.3 Propuestas del trabajo (PT)

Este conjunto de tareas se hará en gran parte con la ayuda del tutor del TFG y tiene como fin evaluar qué objetivo propuesto es más necesario, factible o interesante para la sociedad actual.

PT1 - Comprensión de los problemas actuales

Para comenzar, se estudian las necesidades de los usuarios, a quién está dirigido el proyecto y que problemas les soluciona. Es una tarea de investigación totalmente independiente, al ser una mera búsqueda sobre los métodos utilizados actualmente y que diferencia este proyecto de investigación de estos.

Se aproxima una cantidad de unas 10 horas de dedicación a este apartado.

PT2 - Análisis sobre los distintos objetivos a conseguir

Como ya he comentado se han hecho varias propuestas para sacar adelante este trabajo (ver en el apartado 2.1 Objetivo y propuestas). Se han de investigar la viabilidad de cada una de estas ideas para empezar a trabajar con un objetivo específico en mente. Para esto haremos uso de la comunicación con el tutor con el fin de obtener la información de cada una. Se supone una duración de 15 horas.

PT3 - Evaluar y elegir el objetivo

De nuevo, comunicándome con el tutor, y teniendo las opciones sobre la mesa, se evaluarán las propuestas y se elegirá una en función de los siguientes puntos: necesidad, motivación, factibilidad y relevancia. Podemos aproximar 10 horas de dedicación.

### 5.1.4 Elaboración del proyecto (EP)

El conjunto de tareas elaboración del proyecto se basará en las mejoras aportadas por este proyecto. Es la fase de innovación y mejora que propondré para este trabajo.

EP1 - Investigar la tecnología y marcar subobjetivos

La tarea principal del bloque, una vez sepamos hacia dónde queremos ir y esté el objetivo decidido, se investigará sobre cómo sería posible implementarlo, como se hace actualmente. Diariamente se marcarán subobjetivos de manera que se tendrán que cumplir en plazos muy cortos. Estos podrían ser por ejemplo, en caso de que se decida aplicar la mejora de añadir sensores a la implementación (propuesta 2): informarse sobre el tipo de sensores, compra de estos, e integración en el sistema. Este es un tipo de tarea dinámica que dependerá de muchos factores, como el objetivo principal o los subobjetivos marcados, además de los posibles imprevistos que traigan estos. Se hará una aproximación muy abrupta de 50 horas del tiempo dedicado.

EP2 - Diseño e implementación de la nueva funcionalidad

Esta tarea podría haberse llamado, también, código. Posiblemente la tarea más extensa del trabajo, ya que se basa en “hacer la mejora” al trabajo. En esto entraría todo el tema de programar usando las mismas herramientas que ya se usaron una vez, ya sabiendo que queremos modificar y teniendo una base funcional. Se incluye en la tarea siguiente EP3 lo relacionado a corrección de errores además de las pruebas y mejoras que se vayan realizando. Esta tarea se podría dividir en 2, diseño e implementación, dependiendo la idea a seguir, pero las evaluaré cómo conjuntas. Se estiman un total aproximado de 100 horas.

EP3 - Pruebas de funcionamiento y depuración

La tarea de corrección de errores de nuestro código y la puesta a prueba con tal de que el sistema sea funcional. En definitiva, se intuye una dedicación total de unas 35 horas.

## 5.2 Recursos

Este proyecto se está desarrollando en pequeña escala, por lo que se limitarán, en general, los recursos que se usarán. Seré yo el encargado de todos los roles y el realizador de todas las tareas.

### 5.2.1 Recursos humanos

Aunque ya se haya especificado que el propio autor es el que llevará a cabo todos los roles, para el trabajo se separarán en 3: director de proyecto, analista y programador. El director de proyecto se encargará de las tareas de gestión, el analista de las tareas de investigación y propuestas y el programador del diseño e implementación.

### 5.2.2 Recursos materiales

Para llevar a cabo un trabajo de estas características, es necesario disponer de:

* Un espacio físico para el desarrollo (una oficina o habitación).
* Conexión a internet.
* Ordenador con *Linux* como sistema operativo (se podría hacer en *Windows*, pero se complicaría un poco).
* Una cuenta de *Google* para usar las herramientas *Google Meet* y *Google Drive*.

# 6. Estimaciones y Gantt

## 6.1 Estimaciones

###### Tabla 1: Tabla resumen de las tareas.

| ID | Tarea | Tiempo | Dependencias |
| --- | --- | --- | --- |
| **GP** | **GESTIÓN DEL PROYECTO** | **185h** | **-** |
| GP1 | Contextualización y alcance | 32h | - |
| GP2 | Planificación | 27h | GP1 |
| GP3 | Presupuesto y sostenibilidad | 25h | GP2 |
| GP4 | Entrega final GEP | 1h | GP3 |
| GP5 | Memoria | 50h | - |
| GP6 | Defensa del proyecto | 20h | GP4, GP5 |
| GP7 | Reuniones con el tutor | 30h | - |
| **AT** | **ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS** | **75h** | **-** |
| AT1 | Investigación y preparación del entorno | 15h | - |
| AT2 | Aprender a usar las herramientas | 10h | AT1 |
| AT3 | Entender la base del trabajo | 20h | - |
| AT4 | Implementación y prueba de funcionamiento de la base | 30h | AT2, AT3 |
| **PT** | **PROPUESTAS DEL TRABAJO** | **35h** | **-** |
| PT1 | Comprensión de los problemas actuales | 10h | - |
| PT2 | Análisis sobre los distintos objetivos a conseguir | 15h | PT1 |
| PT3 | Evaluar y elegir el objetivo | 10h | PT2 |
| **EP** | **ELABORACIÓN DEL PROYECTO** | **185h** | **AT, PT** |
| EP1 | Investigar la tecnología y marcar subobjetivos | 50h | PT3 |
| EP2 | Diseño e implementación de la nueva funcionalidad | 100h | AT4, EP1 |
| EP3 | Pruebas de funcionamiento y depuración | 35h | EP2 |
| **-** | **TOTAL** | **480H** | **-** |

###### 

## 6.2 Diagrama de Gant

###### Figura 2: Diagrama de Gantt del proyecto.

###### 

# 7. Gestión del riesgo: Planes alternativos y obstáculos

Tal como dice en el apartado 2.3 Riesgos y obstáculos de la anterior entrega:

Para el proyecto se han identificado los siguientes obstáculos y/o riegos que pueden afectar al desarrollo de este, para evitar que sucedan o solucionarlos expongo lo siguiente:

* Fecha límite: tener en cuenta el diagrama de *Gantt* especificado e ir adaptando las fases del proyecto a medida que se vayan haciendo.
* Falta de experiencia y disponibilidad de la información: para minimizar este impacto, ya comencé en julio a tratar de entender el trabajo que ya había hecho.
* Errores o retrasos: se intentarán minimizar, pero en este caso, el problema es inevitable. En caso de fallo de las aplicaciones, se intentará avanzar en paralelo con otra tarea en medida de lo posible.
* Fallos inesperados o incontrolables: como ya dice el nombre son incontrolables. Aunque se van a preparar varios PC listos para la ejecución del trabajo en caso de que uno falle. Si fallan las placas, se contactará de inmediato con el tutor.
* Desconocimiento del final: el trabajo puede explicar y justificar el por qué esa solución no es viable. Aun así se podría intentar, en caso de que haya tiempo suficiente, de cambiar la propuesta de implementación.

# 8. Gestión económica

## 8.1 Presupuesto

### 8.1.1 Recursos humanos

En la parte de recursos humanos se calculan los sueldos de los empleados. En realidad, el proyecto lo llevará a cabo únicamente una persona, yo, pero, supondremos 3 roles diferentes desarrollados por 3 personas diferentes: jefe de proyecto, analista y programador. Si nos fijamos en el diagrama de *Gantt* proporcionado y asociamos tareas a empleados, a grandes rasgos, el jefe de proyecto se encargaría de toda la parte de gestión de proyecto, el analista se preocupa por el estudio de las tecnologías y propuestas viables, y el programador en hacer el código.

A continuación, en la tabla detallamos el trabajador indicando su salario bruto y neto, es decir, antes y después de aplicar los impuestos correspondientes. Además, se tiene en cuenta el coste de la seguridad social con un factor de 1.3 del salario de cada empleado que se indica en la última columna.

| Tabla 2: Tabla de sueldos elaborada manualmente. | **Salario Bruto** | **Salario neto** | **Salario del personal (salario bruto x 1.3)** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Jefe de proyecto TI (JP)** | 36.00€/h | 28.80€/h | 46.80€/h |
| **Analista (A)** | 18.75€/h | 15.00€/h | 24.78€/h |
| **Programador (P)** | 14.76€/h | 11.81€/h | 19.19€/h |



La tabla siguiente muestra en detalle la repartición de las tareas a realizar en el proyecto con su coste. Se supondrá que el analista conoce la base del trabajo teniendo algo de base en programación, pero no se encargará de ninguna tarea de escribir código.

En la columna “empleados”, se marcan las horas que supone para cada uno. Por ejemplo, la memoria, es un trabajo compartido, por lo que se repartirán las horas, pero el tiempo de reunión supone la comunicación entre jefe-analista, jefe-programador, analista-programador, y la comunicación entre los 3, por lo que la suma de las horas, supera el tiempo de la tarea. Dicho de otra manera, 1 reunión de los 3 empleados de 1 hora, en tiempo de tarea es 1 hora, pero si miramos desde el punto de vista del empleado es 1 h cada uno, por lo que, si miramos el coste, está indicado la suma del precio de la hora de cada uno de los agentes.

| **ID** | **Tarea** | **Tiempo** | **Empleados** | **Coste** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **GP** | **GESTIÓN DEL PROYECTO** | **185h** | Tabla 3: Tabla con los costes estimados por tarea. | **7.280 €** |
| GP1 | Contextualización y alcance | 32h | JP | 1.498 € |
| GP2 | Planificación | 27h | JP | 1.264 € |
| GP3 | Presupuesto y sostenibilidad | 25h | JP | 1.170 € |
| GP4 | Entrega final GEP | 1h | JP | 47 € |
| GP5 | Memoria | 50h | JP(15h), A(15h), P(20h) | 1.458 € |
| GP6 | Defensa del proyecto | 20h | JP | 936 € |
| GP7 | Reuniones con el tutor | 30h | JP, A, P (20h/cada uno) | 907 € |
| **AT** | **ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS** | **75h** |  | **1.977 €** |
| AT1 | Investigación y preparación del entorno | 15h | A, P (7.5h/cada uno) | 330 € |
| AT2 | Aprender a usar las herramientas | 10h | P | 192 € |
| AT3 | Entender la base del trabajo | 20h | A, P (20h/cada uno) | 879 € |
| AT4 | Implementación y prueba de funcionamiento de la base | 30h | P | 576 € |
| **PT** | **PROPUESTAS DEL TRABAJO** | **35h** |  | **868 €** |
| PT1 | Comprensión de los problemas actuales | 10h | A | 248 € |
| PT2 | Análisis sobre los distintos objetivos a conseguir | 15h | A | 372 € |
| PT3 | Evaluar y elegir el objetivo | 10h | A | 248 € |
| **EP** | **ELABORACIÓN DEL PROYECTO** | **185h** |  | **3.690 €** |
| EP1 | Investigar la tecnología y marcar subobjetivos | 50h | A,P (25h/cada uno) | 1.099 € |
| EP2 | Diseño e implementación de la nueva funcionalidad | 100h | P | 1.919 € |
| EP3 | Pruebas de funcionamiento y depuración | 35h | P | 672 € |
| **-** | **TOTAL** | **480H** |  | **13.815 €** |



### 8.1.2 Recursos *hardware*

Los dispositivos *hardware* necesarios para el proyecto se detallan a continuación. Ahora vamos a suponer el caso real, solo 1 persona, el autor, trabaja en el proyecto, por lo que se contabilizará el material para únicamente esta persona. Se tiene en cuenta el portátil para la elaboración del proyecto y el pc de torre de sistema de uso en caso de fallo, indicado como *hardware* secundario. Los precios de cada producto son en el momento de adquisición, actualmente, podemos encontrar algunas variaciones.

###### Tabla 4: Tabla de precios en el momento de adquisición.

| ***Hardware*** | **Coste** |
| --- | --- |
| *Acer Nitro AN515-58 Intel Core i7-12700* | 779 € |
| Raton *Technet* | 15 € |
| Placas *T-Beam* (3 unidades) | 44 x 3 = 132 € |
| ***Hardware* Secundario** |  |
| *Torre Asus Intel Core i7-7700* | 1021 € |
| Monitor *Gaming Koorui* | 157 € |
| Raton+teclado *BAKTH* | 32 € |
| **Total** | **2136 €** |



Según la tabla de amortización simplificada [8], podemos amortizar equipos informáticos hasta en un máximo de 4 años. Suponemos 220 días laborables en 1 año y 8 h/día de trabajo. Aquí no se tiene en cuenta el coste de haber de renovar el equipo, dado que, por ejemplo, un ratón, es poco probable que aguante 4 años. Teniendo un coste total de 2136 € y amortizando en 4 años y 480 horas de proyecto:

Entonces, el coste estimado total de *hardware* es 145.63 €

### 8.1.3 Recursos *software*

Se usará *software* libre (*Google Mee*t para las reuniones y *Visual Studio* como entorno de desarrollo) para la realización del proyecto, por lo que el coste será nulo.

### 8.1.4 Costos genéricos

Los costes de alquiler de local, agua, luz, internet y material de oficina son también contabilizables. El proyecto no necesita de un local específico para llevarse a cabo, por lo que, para hacer el cálculo del local, usaremos el caso real. El autor hará el proyecto desde su habitación la cual mide aproximadamente 16 m2, en su casa, en Vilanova del Camí. Consultando el precio del metro cuadrado en la zona [9], vemos un coste de 1223 €/m2 a la hora de la compra y 7.3€/m2 en alquiler. Dado que la casa está en propiedad, el símil será la compra de la habitación: 1223 €/m2 \* 16 m2 = 19568 €. Sabiendo que esto dispararía el coste del proyecto, se asumirá que se trabajará en una habitación de las mismas condiciones, pero estando en alquiler:

Al ser un alquiler destinado a uso profesional, deberíamos tener en cuenta el IVA del 21%, por tanto:

El coste de agua en el pueblo es de 3.66 €/m3 [10] y el de luz tiene una media de 113.39 €/MWh [11]. Además se utilizará una tarifa de Internet de fibra óptica de O2, que ofrece 300Mb por 27 €/mes [12].

Suponiendo 20 días laborables al mes y teniendo en cuenta que:

* Una persona usa una media de 136 litros/día [13] de agua, de los cuales usaremos:
* Un ordenador portátil consume 60 kWh en 8 horas de trabajo [14].

Haciendo las matemáticas, obtenemos que cada día, entre luz y agua, gastamos 0.17+6.8 = 6.97 €, por lo que al mes, sería un total de 139.40 €/mes. Sabiendo ahora que el proyecto dura 5 meses:

### 8.1.5 Contingencia

El hablar sobre el coste de contingencia es con el fin de cubrir costes no previstos. Para facilitar los cálculos y agilizar el proceso, fijamos el porcentaje en 10%. En la tabla siguiente se muestran los costes calculados anteriormente con su coste de contingencia total.

###### Tabla 5: Tabla de costes estimados por contingencias.

| **Recursos** | **Coste** | **Contingencia** |
| --- | --- | --- |
| Humanos | 13.815 € | 1.381 € |
| *Hardware* | 146 € | 15 € |
| Genéricos | 877 € | 88 € |
|  | **Total:** | **1.484** |

### 

### 8.1.6 Imprevistos

Tal como se ha indicado anteriormente (ver en el apartado 2.1 Objetivo y propuestas o en el apartado 5. Gestión del riesgo), hay la posibilidad de que aparezcan imprevistos que puedan no solo afectar al tiempo y fechas de entrega, sino que, también pueden cambiar el presupuesto por uno mayor en caso de que sucedan. Los imprevistos descritos se pueden resumir en 2: inexperiencia y fallas de *hardware*.

* Inexperiencia: en el caso de la inexperiencia y desconocimiento del temario que envuelve este proyecto, nos encontramos en que es bastante probable que se haya de aumentar las horas de trabajo. Al haber una fecha que marca el final del proyecto, no se podría retrasar, por tanto, no se trabajaría después de este punto, y habría la posibilidad de hacer horas extra. Como ya se ha dicho, la probabilidad de que ocurra un retraso por inexperiencia es alta, y se le asignará un valor de un 25%, no del todo arbitrario, ya que, el autor, ya ha trabajado anteriormente con proyectos *Arduino* y el protocolo *MQTT*. Nos ponemos en el caso del programador (aunque también podría haber sido el analista, pero este último no haría tantas horas): la persona encargada de hacer el código invierte 67.5 horas de su tiempo para el “Análisis de las Tecnologías”. Suponiendo que necesita 1.5 veces el tiempo previsto, obtenemos un total de 101.25 horas, o lo que es lo mismo, 33.75 horas extra. Cogiendo el valor bruto de lo que se ha de pagar a este programador (19.19 €/h) y multiplicando por estas 33.75 horas extra, tenemos que pagar 647.66 € extra por este trabajo.
* Fallas de *hardware*: aunque sea menos probable, también se tiene en cuenta los problemas que puedan derivar del *hardware*. Se ha de decir que, ya que se tiene un “ordenador de emergencia” en caso de que tengamos una falla, no habríamos de reemplazar un ordenador, sino, comenzar a usar el otro. Independientemente del uso, se intuye que se habrá de arreglar/comprar otro ordenador para su sustitución. Para las fallas de *hardware* usaremos el valor total del *hardware* necesario. Esto incluye el portátil, ratón y placas, dejando fuera el ordenador de sobremesa. Se supondrá una probabilidad de suceso del 5%.

A continuación, se expresa en la tabla el coste que tendrían estos imprevistos:

###### Tabla 6: Tabla de costes estimados por imprevistos.

| **Imprevisto** | **Coste** | **Probabilidad del suceso** | **Coste final** |
| --- | --- | --- | --- |
| Aumento en el tiempo de trabajo | 648 € | 25% | 162 € |
| Avería en el *hardware* | 924 € | 5% | 46 € |
|  |  | **Total:** | **208 €** |

###### 

### 



### 

### 8.1.7 Presupuesto final

Seguidamente se presenta un resumen de todos los costes necesarios para el desarrollo del trabajo.

###### Tabla 7: Tabla del presupuesto final estimado.

| **Tipo de coste** | **Coste** |
| --- | --- |
| Recursos humanos | 13.815 € |
| Recursos *hardware* | 2.136 € |
| Costes genéricos | 877 € |
| Contingencia | 1.484 € |
| Imprevistos | 208 € |
| **Presupuesto final** | **18.520 €** |



Sabemos que el desarrollo funcional de este proyecto puede provocar una gran eficiencia económica, por lo que, en el caso de que salga bien, podría ahorrar una gran cantidad de dinero a algunas empresas. Por otra parte, en el caso de que el proyecto se quede en una fase meramente académica o, fracase, podríamos argumentar la no viabilidad de este sistema, lo que conlleva a explorar otras opciones. De todas formas, independientemente del resultado, podemos decir que el proyecto es viable, dadas las dimensiones a las que se dirige, y como se suele decir, “quien no arriesga, no gana”.

## 8.2 Control de gestión

El objetivo de este apartado es comparar y evaluar desviaciones entre el presupuesto y el coste real que ha necesitado el proyecto. A medida que el proyecto vaya avanzando, se podrá ir poniendo en marcha calculándolo. Para calcular estas desviaciones, en general, se utiliza el dato estimado y se le resta el dato real. Por lo tanto tenemos las siguientes desviaciones (en totales):

* En tiempo de realización:

*horas estimadas tareai - horas reales tareai*

* En el total de horas del proyecto:

*horas totales estimadas - horas totales reales*

* En el coste de realización de las tareas:

*(horas estimadas - horas reales) \* coste de las tareas (desvío en eficiencia)*

o

*coste estimado de las tareas - coste real de las tareas*

* En el coste de recursos *hardware*:

*coste estimado del hardware - coste real del hardware*

* En el coste de los imprevistos:

*coste estimado de imprevistos - coste real de imprevistos*

* En la desviación total del presupuesto:

*coste total estimado - coste total real*

Se utilizarán las anteriores desviaciones de costes para hacer el control de gestión del proyecto.

# 9. Informe de sostenibilidad

El informe de sostenibilidad se ha convertido en un requisito común en cualquier proyecto actual. En este documento, analizaremos los aspectos de sostenibilidad ambiental, económica y social en relación con el proyecto.

## 9.1 Autoevaluación

Empezamos la parte de sostenibilidad haciendo un resumen sobre la encuesta contestada [15]. En esta se evalúan las competencias usando afirmaciones y habiendo de responder si: no estás nada informado, lo estás poco, bastante o mucho. A continuación, se van a explicar los conocimientos previos del autor sobre este tema.

En cuanto a conocimientos generales se refiere, estoy bastante informado sobre los conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible y conozco varios enfoques económicos, aunque desconozco los roles y derechos que tienen los agentes que se dedican a estos temas en mi ámbito.

En la encuesta también se pregunta sobre problemáticas sociales, económicas y/o ambientales de la sociedad actual. En este caso, estoy bastante capacitado, ya que aunque conozca poco/nada sobre iniciativas internacionales tales como la Agenda 2030, conozco bien las principales causas, consecuencias y agentes implicados, además de ser capaz de reflexionar y relacionar sobre los problemas de sostenibilidad con los métodos para afrontarlos.

En relación al impacto ambiental de los productos y servicios (segundo punto), también estoy bastante informado desde mi punto de vista, al conocer técnicas para medir el impacto medioambiental, reducir, reutilizar y reciclar. Soy consciente de que pasa con los productos de mi ámbito en el mundo, por lo que esta competencia podría darse como superada.

Pasamos a hablar de los conceptos de salud, seguridad y justicia social, aunque este sea uno de los primeros proyectos que tenga en cuenta estos criterios, desde mi perspectiva, podría decirse que estoy muy informado sobre este tema. También son parte de este temario los indicadores de impacto social. Es la parte que menos domino, indicando que conozco poco o nada sobre métricas, medidas o indicadores de este tema.

Seguimos con viabilidad económica, el cuarto tema. Gracias a asignaturas como Entorn Econòmic y Empresarial, Negoci Electrònic o Projecte Aplicat a l’Enginyeria (abreviados EEE, NE y PAE, respectivamente) he aprendido sobre metodologías para estimar la viabilidad económica de los proyectos, por lo que soy conocedor de herramientas como CANVAS, DAFO, y los planes de negocios. En este contexto me autoevaluaría como muy conocedor. En la parte de gestión de recursos, también gracias a lo anterior, me evaluaría como muy conocedor o bastante, al menos.

Cuando se habla de proyectos, productos y servicios relacionados con mi ámbito profesional, podría decirse que estoy entre poco y bastante conocedor del tema, estaría en un punto medio, estando al tanto de los enfoques en producción, consumo y reciclaje, pero en contraparte, no ser capaz de realizar el desmantelamiento del proyecto con tal que sea sostenible.

El punto 6 habla sobre interacciones producidas con otros agentes en los proyectos. En este caso, también me evaluaría como punto medio, es decir, no soy bastante conocedor del tema, pero tampoco poco conocedor de este.

Por último, se pregunta por principios deontológicos y principios éticos. Esta parte la conozco bastante bien debido a cursar la asignatura Aspectes Socials y Mediambientals de la Informàtica. En esta se explican todo lo que concierne a estos temas tales como equidad, justicia, o derechos humanos.

## 9.2 Análisis de la sostenibilidad del proyecto

Seguidamente se presentarán una serie de preguntas y respuestas sacadas de la Figura 3.Preguntas de la matriz de Sostenibilidad del TFG del documento “Mòdul 2.6 - El informe de sostenibilidad.pdf”.

### 9.2.1 Ambiental

**PPP - ¿Has estimado el impacto ambiental que tendrá la realización del proyecto? ¿Te has planteado minimizar el impacto, por ejemplo, reutilizando recursos?**

Se estima que el proyecto en desarrollo tendrá un impacto ambiental mínimo durante su ejecución. Los recursos de *hardware* necesarios son el pc con sus componentes (teclado, ratón) y las placas *T-Beams*. En mi caso, usaré un portátil para la realización del trabajo, por lo que no es necesario el teclado, ya que viene incorporado. También usaré un pc de torre como sistema auxiliar en caso de fallada. En este podemos contar también, además de la torre, un teclado, ratón y pantalla. Se utilizarán sus equipos personales (tanto el portátil como la torre) además de las placas proporcionadas por el tutor. Sabiendo que ya se disponía de las placas (que también usó Jack en el anterior proyecto) y, dado que los componentes *hardware* ya pertenecían al autor en un principio, es bastante difícil minimizar más el impacto ambiental.

**Vida Útil - ¿Cómo se resuelve actualmente el problema que quieres abordar (estado del arte)? ¿En qué mejorará ambientalmente tu solución a las existentes?**

Se podría llegar a argumentar que la implementación de estas placas *T-Beams* tendría un impacto positivo, aunque no demasiado grande. Actualmente, hay sistemas implementados en campos de cultivo, por ejemplo, que se dedican a medir variables tales como temperatura, luz o humedad. Este trabajo podría reducir el número de componentes necesarios y, por tanto, la energía consumida para este fin.

### 9.2.2 Económico

**PPP- ¿Has estimado el coste de la realización del proyecto (recursos humanos y materiales)?**

El presupuesto estimado para este proyecto está detallado posteriormente en este documento (sección 2.1 Presupuesto). En cuanto a los recursos humanos, se suponen 3 trabajadores: jefe de proyecto, analista y programador. Respecto a los recursos materiales, como *hardware* y otros gastos, el coste es bastante reducido. La suma total no es elevada si se consideran los cinco meses de trabajo y los posibles beneficios de implementar nuestro sistema una vez finalizada la investigación.

**Vida Útil - ¿Cómo se resuelve actualmente el problema que quieres abordar (estado del arte)? ¿En qué mejorará económicamente tu solución a las existentes?**

Como ya se ha dicho anteriormente, este trabajo podría ayudar a diversos ámbitos mediante los dispositivos *IoT*. Dado que al montar el sistema (en caso de que sea funcional y aplicable), se necesitará un menor número de placas, las empresas comprarán un menor número de dispositivos, por lo que, se gastará menos en el hecho de comprar el dispositivo, además del uso energético que tienen estos. El problema viene con las empresas que ya tengan un método implementado. Estas, en caso de adoptar nuestra solución, habrán de cambiar todo el *hardware* existente, por lo que supondría un gasto posiblemente grande e innecesario, dependiendo de las características.

### 9.2.3 Social

**PPP - ¿Qué crees que te va a aportar a nivel personal la realización de este proyecto?**

Desde mi punto de vista, el proyecto generará un impacto positivo en mi desarrollo personal y profesional. Al realizar este trabajo de fin de grado obtendré evidentemente, experiencia, por lo que servirá de guía en caso de futuros proyectos. De la misma manera como está pensado el trabajo, se han puesto en práctica las tareas de planificación del tiempo, además de la parte autodidáctica del proyecto en la que tendré que buscar, estudiar e investigar los recursos necesarios para llevarlo a cabo. Se podría resumir lo anteriormente mencionado como esfuerzo, tiempo y dedicación invertida para obtener un crecimiento personal y académico.

**Vida Útil - ¿Cómo se resuelve actualmente el problema que quieres abordar (estado del arte)? ¿En qué mejorará socialmente (calidad de vida) tu solución a las existentes?**

Actualmente, el enfoque de las redes *LoRa* tiene limitaciones de cobertura, especialmente en áreas remotas o con obstáculos. Las redes en malla (*mesh*) *LoRa* permiten la comunicación y extensión de la cobertura. Sin embargo, las implementaciones existentes, como *LoRaWAN* o proyectos como *Meshtastic*, aún están en desarrollo y no ofrecen soluciones completamente optimizadas para redes en malla.

Este proyecto puede ofrecer una red *LoRa mesh* más robusta y eficiente. Por tanto, puede facilitar la comunicación en situaciones de emergencia, mejorar la productividad en áreas rurales a través de sensores distribuidos en agricultura, y potenciar el desarrollo de ciudades inteligentes con conectividad para dispositivos *IoT*. Además, en el ámbito ecológico, podría mejorar el monitoreo ambiental y la respuesta ante desastres.

**Vida Útil - ¿Existe una necesidad real del proyecto?**

En cuanto a la necesidad real del proyecto, sabemos que, muchas zonas rurales carecen de una infraestructura de comunicación adecuada, por lo que, las redes *LoRa mesh* ofrecerían una solución asequible.

Además, si tenemos en cuenta problemas como el cambio climático, esta solución es bastante relevante para monitorizar valores ambientales.

Por último mencionar que no solo podría servir para mejorar la calidad de vida, sino también para garantizar la seguridad y la sostenibilidad.

# 10. Referencias

*[1]* *Desenvolupament d’una infraestructura experimental per a xarxes LoRa en malla.* (n.d.). <https://raco.fib.upc.edu/projectes/veure-competencies-tfg.jsp?projecte=192799>

*[2]* *Projectes*. (n.d.). El Raco Fib. <https://raco.fib.upc.edu/projectes/el-meu-projecte>

*[3]* Salazar, Ó. (2023, 29 marzo). *¿Qué es la escala de madurez tecnológica (TRL)?* Euro Funding. Retrieved September 25, 2024, from <https://euro-funding.com/es/blog/que-es-la-escala-de-madurez-tecnologica-trl/>

*[4]*  *Haciendo IoT con LoRa: Capitulo 2.- Tipos y Clases de Nodos*. (2017, October 2). Medium. Retrieved September 25, 2024, from <https://medium.com/@Sabasacustico/haciendo-iot-con-lora-capitulo-2-tipos-y-clases-de-nodos-3856aba0e5be>

*[5] Griffiths, J. (2024, 06 27). Exploring Cross-network applications for a LoRa mesh network.*

*[6] Machado, A. (1998). Caminante. Planeta.*

*[7]* *Sueldos*. (n.d.). Indeed. Retrieved October 9, 2024, from <https://es.indeed.com/career/salaries>

*[8]*  *Agència Tributària: 3.5.4 Taula d'amortització simplificada*. (2022, April 29). Agencia Tributaria. Retrieved October 9, 2024, from <https://sede.agenciatributaria.gob.es/Sede/ca_es/ayuda/manuales-videos-folletos/manuales-practicos/folleto-actividades-economicas/3-impuesto-sobre-renta-personas-fisicas/3_5-estimacion-directa-simplificada/3_5_4-tabla-amortizacion-simplificada.html>

*[9]* *Mercado inmobiliario en Vilanova del Camí*. (n.d.). Indomio. Retrieved October 9, 2024, from <https://www.indomio.es/mercado-inmobiliario/cataluna/vilanova-del-cami/>

*[10]* *Aigua de Rigat Vilanova del Camí: Teléfono de Agua*. (n.d.). Tarifas de agua. Retrieved October 9, 2024, from <https://tarifasdeagua.es/oficinas/barcelona/vilanova-del-cami>

*[11]* *Precio Luz » Precio de la luz hoy en Barcelona » Precio luz hoy en Vilanova del Camí Ahorra en tus repostajes con Repsol Precio luz hoy en Vilanova del Camí*. (2024, Octubre 09). <https://precioluz.info/precio-luz-hora-hoy/barcelona/vilanova-del-cami/>

*[12]* *Tarifas de Fibra desde 27€ al mes*. (n.d.). O2. Retrieved October 9, 2024, from <https://o2online.es/fibra/>

*[13]* *El consumo de agua por persona al día*. (n.d.). Fundación Aquae. Retrieved October 9, 2024, from <https://www.fundacionaquae.org/sabes-cuanta-agua-consumes-a-diario/>

*[14]* *¿Cuánto consume realmente un ordenador?* (n.d.). Repsol. Retrieved October 9, 2024, from <https://www.repsol.es/particulares/asesoramiento-consumo/cuanto-consume-ordenador/>

*[15]* PROJECTE EDINSOST2-ODS. (n.d.). *Qüestionari Genèric Estudiants d'Enginyeria*. <https://bit.ly/3wZjPLw>