



UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería  
Informática**

**Aplicación móvil para la  
generación de rutas turísticas  
sostenibles propuestas por  
modelos de lenguaje de gran  
escala  
Documentación Técnica**



Presentado por Fernando Pisot Serrano  
en Universidad de Burgos — 8 de octubre  
de 2024

Tutor: Carlos López Nozal



---

# Índice general

---

Índice general	i
Índice de figuras	iii
Índice de tablas	iv
Apéndice A Plan de Proyecto Software	1
A.1. Introducción . . . . .	1
A.2. Planificación temporal . . . . .	2
A.3. Estudio de viabilidad . . . . .	7
Apéndice B Especificación de Requisitos	9
B.1. Introducción . . . . .	9
B.2. Objetivos generales . . . . .	9
B.3. Catálogo de requisitos . . . . .	9

---

# Índice de figuras

---

A.1. Tarea 12 mostrada en GitHub con la descripción, hito y etiquetas de la tarea a realizar. . . . .	2
A.2. Tablero Kanban de Zube con la gestión de tareas del Sprint 1. .	3
A.3. Figura burndown del Sprint Kick-off. . . . .	4
A.4. Gráfico Burnup del Sprint 6 . . . . .	6

---

# Índice de tablas

---



## Apéndice A

---

# Plan de Proyecto Software

---

### A.1. Introducción

El Plan de Proyecto Software es el documento clave que dirige el proceso de desarrollo de la aplicación móvil creada. Este apéndice tiene como objetivo detallar los aspectos críticos de la planificación y gestión del proyecto, asegurando una implementación eficiente y efectiva. La planificación temporal del proyecto se ha llevado a cabo con el *uso de la metodología ágil* buscando dividir el desarrollo en tareas, sprints e hitos que producen un resultado iterativos y bien estructurado, lo que conlleva a una mayor flexibilidad y a la adaptación más efectiva frente los cambios.

A continuación, se determinará la viabilidad, que reflejará los *recursos humanos y materiales*, así como los costes asociados necesarios para su valoración. La viabilidad incluirá una estimación de los fondos que se basarán en el salario de un trabajador de la imaginación, así como un análisis de los posibles riesgos y su mitigación. Los aspectos económicos y técnicos de la viabilidad son fundamentales, ya que de ellos depende de que el proyecto esté en los límites establecidos y cumpla con los objetivos propuestos.

Este plan es esencial para la gestión del proyecto ya que sirve como una guía detallada, ayudando así a identificar y mitigar riesgos así como a la utilización eficaz de los recursos. Con el enfoque estructurado y ágil, proporcionado por este plan, el equipo de desarrollo podría entregar un producto de alta calidad que, además, cumplirá con el nivel de satisfacción alcanzado entre los usuarios o clientes.

## A.2. Planificación temporal

Como se ha mencionado anteriormente, la planificación temporal del proyecto se ha llevado a cabo con el uso de metodología ágil: se basa en la división del desarrollo en tareas, sprints e hitos que producen un resultado iterativo y bien estructurado. Esto conlleva una mayor flexibilidad y a la adaptación más efectiva frente a los cambios.

Algunas herramientas utilizadas para la planificación temporal han sido GitHub y Zube. Ésta última ha permitido la organización de las tareas en tableros Kanban. El uso de GitHub ha permitido gestionar un control de versiones.

A continuación veremos como la planificación temporal se ha llevado a cabo en diferentes sprints, cómo se ha ido iterando en las diferentes partes del proyecto y cómo se han ido cumpliendo los hitos propuestos. Para ello se mostrarán diferentes diagramas basadas en métricas ágiles.

Cada tarea se ha dividido en diferentes historias de usuario, que se han ido completando en cada sprint. Cada sprint ha tenido una duración de una o dos semanas, y se han ido completando las tareas propuestas en cada uno de ellos. Un ejemplo se puede observar en la siguiente figura [A.1](#)

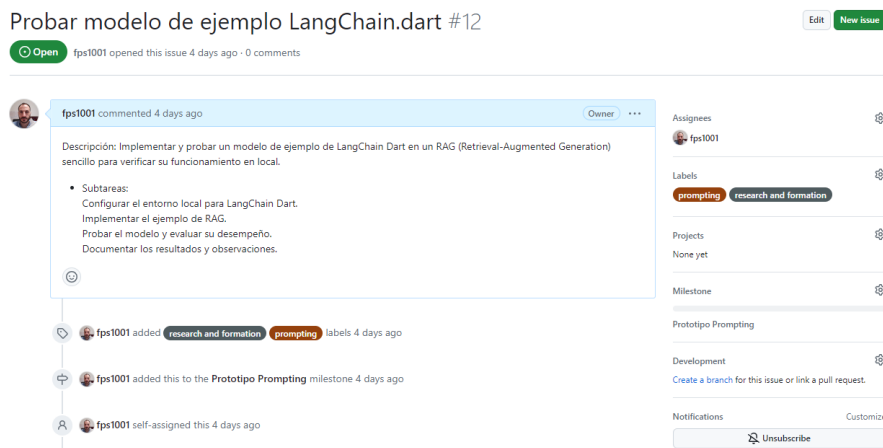


Figura A.1: Tarea 12 mostrada en GitHub con la descripción, hito y etiquetas de la tarea a realizar.

Gracias al uso de la herramienta Zube, se ha podido llevar un control de las tareas a realizar, las tareas completadas y las tareas pendientes. Además, se ha podido llevar un control de los hitos propuestos y de las historias de



usuario completadas en cada sprint. Un ejemplo de ello se puede observar en la siguiente figura [A.2](#)

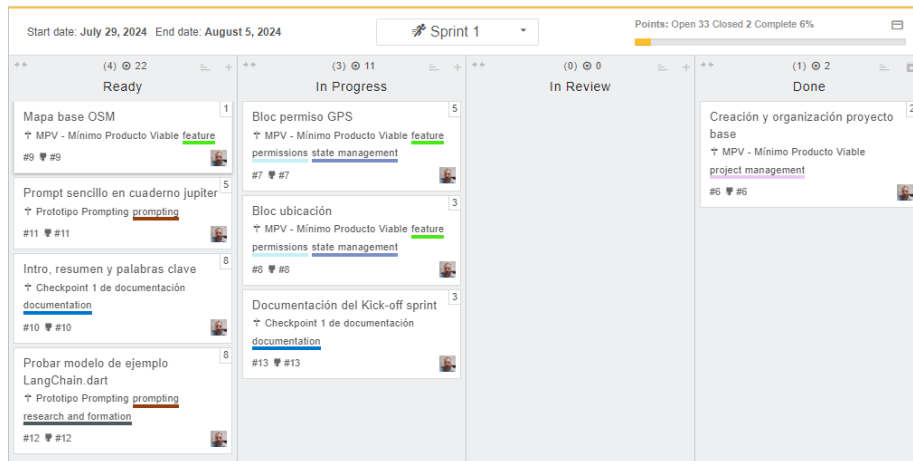


Figura A.2: Tablero Kanban de Zube con la gestión de tareas del Sprint 1.

## Hitos

Los hitos o milestones son puntos de referencia que marcan el final de un conjunto de tareas. En este proyecto se han definido los siguientes hitos:

- **Kick-off** Puesta en marcha del proyecto. A partir de las reuniones mantenidas con el tutor, se necesita tener todas las herramientas preparadas para empezar a desarrollar tanto la aplicación como su documentación.
- **MPV - Mínimo Producto Viable** Se define el MVP como una aplicación móvil que sobre un mapa OSM muestre la ubicación de usuario, obtenga unos **PDI** básicos y una ruta que las una.
- **Checkpoint 1 de documentación** Este milestone agrupa las tareas relacionadas con la creación y actualización de la documentación del proyecto hasta la reunión con el tutor el 1 de septiembre de 2024.  
El objetivo es tener una documentación suficiente para que el tutor pueda dar feedback acerca de la misma y poder corregir errores.
- **Prototipo Prompting** Este prototipo se puede realizar en un cuaderno Jupyter y su objetivo es mostrar la evolución en el prompt que dará como resultado unos **PDI** de mayor calidad.

- **Prototipo con tours generados por LLM** El objetivo es transitar desde una aplicación inicial capaz de mostrar lugares y rutas en un mapa, hacia una aplicación que sea capaz de conseguir que estos mismos marcadores y polilíneas sean generados a través de un LLM.

## Organización en *Sprints*

Al comenzar este proyecto durante periodo no lectivo se realizaron los Sprint con variación de tiempo de una o dos semanas en función de la planificación personal. Una vez comenzado el curso y con la ayuda del tutor se realizaron reuniones que han servido para, siguiendo la metodología *Agile*, revisar el Sprint anterior, planificar el siguiente y hacer una pequeña retrospectiva para mejorar el trabajo conjunto.

- **Sprint Kick-off(22/07/2024 - 29/07/2024):** Después de las reuniones con el tutor, se establecen los objetivos del proyecto y se comienza a trabajar en la puesta en marcha del proyecto. Se establecen las herramientas a utilizar y se comienza a trabajar en la documentación del proyecto. 33 puntos de historia en 5 tareas. **A.3**

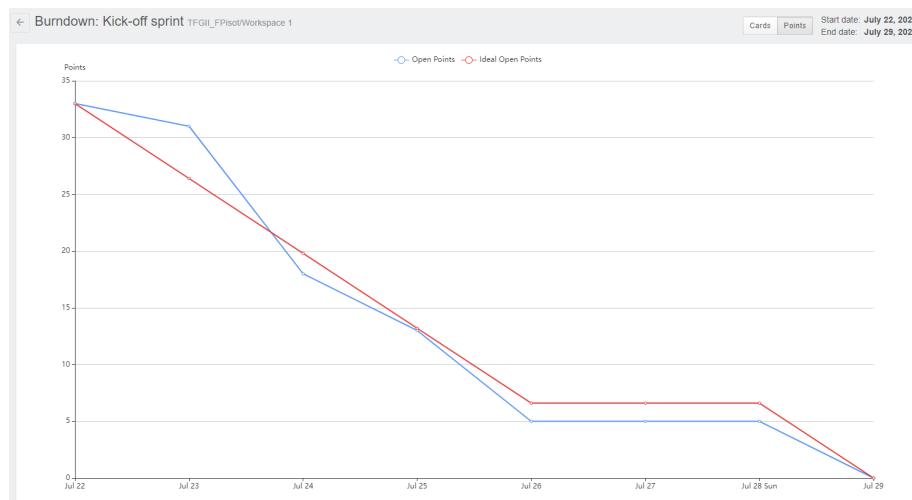


Figura A.3: Figura burndown del Sprint Kick-off.

- **Sprint 1(29/07/2024 - 05/08/2024):** Con las herramientas y una idea previa establecida, es el momento de empezar a desarrollar.

Objetivos: seguir formándome en LLM y las opciones que pueda implementar en el prototipo de prompt. Empezar a desarrollar la

aplicación móvil con las características básicas. Aprender a documentar sprints, indicar elementos que tendré que documentar y aquellos que tenga claro ir documentando para hacer un avance significativo que pueda evaluar mi tutor.

- **Sprint 2(05/08/2024 - 12/08/2024):** A partir del concepto básico, se añaden pequeñas mejoras en los tres aspectos del proyecto.

Objetivos: mejorar el prototipo de prompting del cuaderno Jupyter hasta incorporar un sistema RAG, incluir marcadores al mapa en cuanto al desarrollo y continuar con la documentación.

*Dificultades encontradas:* la documentación me hizo perder mucho tiempo debido a problemas con las librerías, después de mucho tiempo reinicié el proyecto desde la plantilla dada, insertando el texto, lo que solucionó el problema. En cuanto al diseño de la aplicación, el desarrollo fue lento al tener que evaluar diferentes opciones ya que la mayoría de fuentes utilizan mapas de Google, opción que se quería descartar.

- **Sprint 3(12/08/2024 - 22/08/2024):** Este sprint fue más largo que los anteriores para mejorar el resultado final ya que la intención era dejar el proyecto en un estado de revisión lo más completo posible para afrontar la reunión prevista para inicio de septiembre con el tutor del mismo. Al intentar desarrollar la tecnología de enrutado del usuario se comprendió lo que ya se intuía en el sprint anterior y es que basar el trabajo en servicios de Google iba a reportar en un desarrollo más fácil y un resultado más robusto y fiable como se justifica en la sección 5 de la memoria de este [TFG](#).
- **Sprint 4(22/08/2024 - 02/09/2024):** El objetivo es mostrar la versión más completa de la aplicación, la documentación y ahondar en el uso de nuevas herramientas como Figma como herramienta de diseño de aplicaciones y LangFlow a la hora de utilizar otro modelo de prototipo.
- **S5 - Aplicación con origen de datos LLM (Preparación y documentación):** Después de la reunión con el tutor de inicio de septiembre y habiendo cumplido los objetivos de los primeros hitos se decide continuar intentando alcanzar el hito [A.2](#). Para ello se prepara y documenta primero en este sprint el desarrollo necesario.
- **S6 - Desarrollo y Finalización prototipo google\_\_generative\_\_ai como LLM** Habiendo encontrado una solución óptima al modelo LLM

a utilizar se propone realizar un prototipo que implemente la interfaz de usuario y su conexión con el modelo LLM. En los diferentes apartados encontramos. Se trata de un sprint de prominente desarrollo de la aplicación. Se consiguió reestructurar todo el código centralizando labores de gestión del tour generado y sus **PDI** manteniendo la modularidad del código.

- **S7 - Consolidación y Calidad** Habiendo cumplido el hito **A.2** y teniendo una aplicación con muchas funcionalidades buscadas, durante este sprint se busca consolidar el código y dotarlo de una calidad y mantenimiento con herramientas de soporte como Sonar Cloud o Logger.

## Métricas Ágiles

Gracias al uso de Zube se hace uso de diferentes métricas ágiles que han sido vitales para la evaluación del desarrollo de la aplicación y su organización a través de los sprints citados. Algunos de los artefactos usados son los siguientes:

### Gráficos burnup / burndown

Muestran a lo largo del tiempo de un sprint la evolución de tareas realizadas por el equipo de desarrollo.

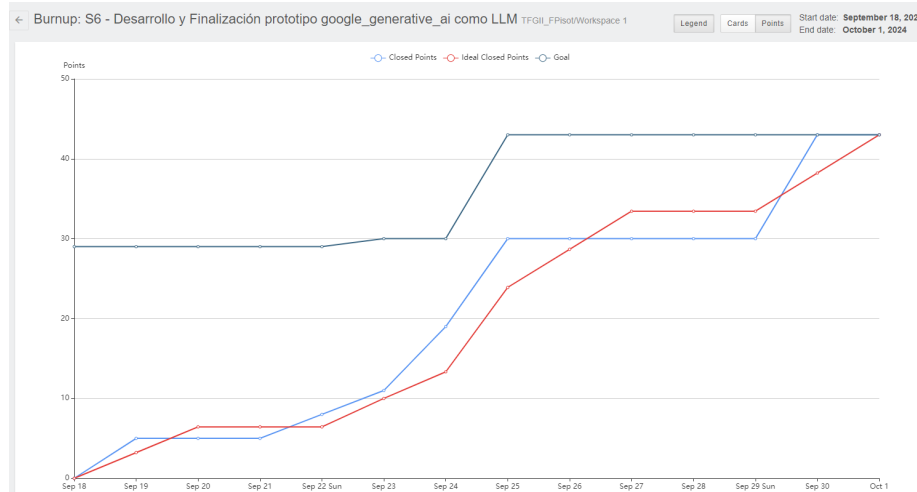


Figura A.4: Gráfico Burnup del Sprint 6

## **A.3. Estudio de viabilidad**

**Viabilidad económica**

**Viabilidad legal**



## *Apéndice B*

---

# Especificación de Requisitos

---

### B.1. Introducción

### B.2. Objetivos generales

La misión fundamental de este proyecto persigue conseguir los siguientes propósitos:

- Desarrollar una aplicación útil para el usuario que consiga proporcionar información valiosa a la hora de realizar turismo sostenible en una ciudad.

### B.3. Catálogo de requisitos

#### Requisitos funcionales

- **RF-1 Solicitar permisos de uso de GPS:** La aplicación solicitará el permiso para acceder al GPS cuando se inicie por primera vez, ya que es necesario para calcular y mostrar la ubicación del usuario en tiempo real.
- **RF-2 Solicitud de activación de GPS:** Si el GPS está desactivado, la aplicación redirigirá a una pantalla que indicará al usuario la necesidad de activarlo para el correcto funcionamiento de la aplicación.
- **RF-3 Activación/Desactivación de seguimiento de usuario:** La aplicación mostrará en tiempo real el recorrido del usuario en el

mapa, y este seguimiento podrá activarse o desactivarse en cualquier momento mediante un botón.

- **RF-4 Centrar la situación actual del usuario sobre el mapa:** El usuario podrá centrar manualmente su posición en el mapa mediante un botón dedicado. Además, existe la opción de fijar la ubicación del usuario en el centro del mapa durante su recorrido.
- **RF-5 Selección de Tour:** El usuario rellenará un formulario indicando el lugar que desea visitar, la cantidad de puntos de interés que quiere ver, sus preferencias de transporte (a pie o bicicleta), sus intereses, y el tiempo máximo que quiere dedicar a la ruta.
- **RF-6 Cálculo de información a través de un LLM:** La aplicación usará un servicio Gemini para generar los puntos de interés de acuerdo con las preferencias del usuario. Además, un servicio Google Places mejorará los datos proporcionando descripciones, fotos, URLs, ratings y número de votos de los POI.
- **RF-7 Eliminación de POI:** El usuario podrá eliminar puntos de interés tanto desde la pantalla del mapa como desde el resumen de la ruta. Cada vez que un POI es eliminado o añadido, la ruta se recalcula automáticamente para ofrecer el trayecto más óptimo.
- **RF-8 Cálculo de ruta optimizada:** La aplicación calculará la ruta más corta que conecte los puntos de interés seleccionados por el usuario, adaptándose al medio de transporte elegido (a pie o bicicleta).
- **RF-9 Capacidad de añadir un POI:** El usuario podrá agregar manualmente un lugar introduciendo su nombre en la barra de búsqueda. Si el lugar existe en los servicios de Google, será añadido automáticamente a la ruta; de lo contrario, no se tomará ninguna acción.
- **RF-10 Unirse a Eco City Tour:** El usuario podrá unirse a la ruta existente en cualquier momento. La aplicación calculará la ruta más corta para conectarlo con el tour, aunque esta ruta no se actualizará conforme avanza el tour.
- **RF-11 Mejora de los puntos de interés con servicio de obtención de información:** Los datos de los puntos de interés se enriquecerán con información adicional obtenida de Google Places, incluyendo ratings, imágenes, URL y número de votos, mejorando la experiencia del usuario.



## Requisitos no funcionales

- **RNF-1 Rendimiento:** la aplicación debe demostrar un tiempo de respuesta aceptable para que su manejo sea fluido y la carga de datos sea razonable al enlazar varios servicios asíncronos, de tal manera que no se perjudique la experiencia de usuario.
- **RNF-2 Usabilidad:** Eco City Tours debe ser intuitiva y fácil de entender y utilizar.
- **RNF-3 Disponibilidad:** la aplicación debe estar disponible independientemente de la localización del usuario.
- **RNF-4 Mantenibilidad:** la aplicación debe ser fácilmente modificable debido a su caracter modular, permitiendo que sea fácil para el desarrollador su mantenimiento.
- **RNF-5 Escalabilidad:** Eco City Tours debe permitir la adición de nuevas funcionalidades que mejoren la experiencia de usuario de manera intuitiva.
- **RNF-6 Soporte:** la aplicación debe funcionar en versiones actuales de Android sin problemas de rendimiento o funcionalidad.

## B.4. Especificación de requisitos

CU-1	Permitir localización <b>GPS</b> del dispositivo
<b>Versión</b>	1.0
<b>Autor</b>	Fernando Pisot Serrano
<b>Requisitos asociados</b>	RF-1
<b>Descripción</b>	Concede permisos de localización al dispositivo
<b>Precondición</b>	Acceder a la aplicación
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario abre la aplicación o ha restringido los accesos a la localización</li> <li>2. Un mensaje del <i>Sistema Operativo (SO)</i> solicita conceder permisos</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	El permiso de seguimiento del usuario ha sido concedido
<b>Excepciones</b>	El usuario no concede los permisos
<b>Importancia</b>	Alta

Tabla B.1: CU-1 Permitir localización **GPS** del dispositivo.

CU-1	Activar uso de sensor <b>GPS</b> en el dispositivo
<b>Versión</b>	1.0
<b>Autor</b>	Fernando Pisot Serrano
<b>Requisitos asociados</b>	RF-2
<b>Descripción</b>	Activa el uso de GPS en el dispositivo
<b>Precondición</b>	El dispositivo debe tener un sensor <b>GPS</b> .
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario activará el sensor de <b>GPS</b> de su dispositivo a través de cualquier menú o atajo de configuración.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	La aplicación tiene acceso a la posición del dispositivo.
<b>Excepciones</b>	Problemas con el sensor <b>GPS</b> del dispositivo.
<b>Importancia</b>	Alta

Tabla B.2: CU-2 Activación de sensor **GPS** en el dispositivo.

<b>CU-1</b>	<b>Eliminar un <i>Punto de Interés</i></b>
<b>Versión</b>	1.0
<b>Autor</b>	Fernando Pisot Serrano
<b>Requisitos asociados</b>	RF-1, RF-2, RF-5, RF-6, RF-8
<b>Descripción</b>	Genera una ruta turística en función de las preferencias del usuario
<b>Precondición</b>	El dispositivo debe tener acceso a los permisos de localización y estar usando el sensor <b>GPS</b>
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario activará introducirá destino en la interfaz.</li> <li>2. Elegirá cuantos sitios quiere visitar.</li> <li>3. Indicará sus gustos a la hora de viajar: naturaleza, museos...</li> <li>4. Indicará el tiempo máximo que quiere invertir en el trayecto.</li> <li>5. Se acciona el botón de obtención de ruta.</li> <li>6. El sistema muestra la ruta generada sobre un mapa.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	La información resultante es mostrada en un mapa.
<b>Excepciones</b>	Alguno de los servicios generadores de ruta no devuelve el resultado esperado.
<b>Importancia</b>	Alta

Tabla B.3: CU-3 Generación de un Eco City Tour.

CU-1	Ejemplo de caso de uso
<b>Versión</b>	1.0
<b>Autor</b>	Alumno
<b>Requisitos asociados</b>	RF-xx, RF-xx
<b>Descripción</b>	La descripción del CU
<b>Precondición</b>	Precondiciones (podría haber más de una)
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pasos del CU</li> <li>2. Pasos del CU (añadir tantos como sean necesarios)</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	Postcondiciones (podría haber más de una)
<b>Excepciones</b>	Excepciones
<b>Importancia</b>	Alta o Media o Baja...

Tabla B.4: CU-1 Nombre del caso de uso.

## *Apéndice C*

---

# **Especificación de diseño**

---

### **C.1. Introducción**

En este anexo, se detallan las especificaciones de diseño del proyecto, enfocadas en los aspectos fundamentales para el desarrollo de la aplicación. Se describen cómo se organizan los datos que lo componen, el diseño arquitectónico, y los procedimientos empleados. Estas especificaciones son clave para asegurar el correcto funcionamiento y la estructuración adecuada de cada uno de los elementos que componen Eco City Tours.

### **C.2. Diseño de datos**

### **C.3. Diseño procedimental**

### **C.4. Diseño arquitectónico**



## Apéndice *D*

---

# Documentación técnica de programación

---

## D.1. Introducción

## D.2. Estructura de directorios

Se ha intentado seguir las buenas prácticas de programación adquiridas en mi formación a la hora de organizar los directorios de la siguiente manera:

- `/`: fichero de la licencia, `.gitignore` y el documento *Readme* con información del proyecto.
- `/project-docs/`: documentación del proyecto usando la plantilla `LaTeX` proporcionada.
- `/project-prototype/`: durante la creación del proyecto se trabajó en disponer de distintos prototipos que fueron incluidos en esta carpeta.
- `/project-app/`: se trata del proyecto Flutter creado a raíz del asistente de Visual Studio y que fue construido de manera incremental desde una aplicación vacía.

**D.3. Manual del programador****D.4. Compilación, instalación y ejecución del proyecto****D.5. Pruebas del sistema**



## *Apéndice E*

---

# **Documentación de usuario**

---

- E.1. Introducción
- E.2. Requisitos de usuarios
- E.3. Instalación
- E.4. Manual del usuario



## Apéndice *F*

---

# Anexo de sostenibilización curricular

---

## F.1. F.1. Introducción

Durante el desarrollo del Trabajo Final de Carrera, he utilizado e implementado las disciplinas de la sostenibilidad en el diseño de una aplicación móvil. Ha sido de hecho un gran reto el tratar de generar rutas turísticas de tal manera que promuevan la sostenibilidad. Al final la solución presentada cumple con el *Ciudades y Comunidades Sostenibles (ODS11)* fomentando principalmente la sostenibilidad de ciudades y los asentamientos humanos.

El valor principal de este *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*, como ya se ha tratado, radica en su papel de facilitador en la medida que, al resolver de manera integral y transversal todas las cuestiones relacionadas con la sostenibilidad de las ciudades, tiene un efecto secundario positivo en los demás *ODS*.

## F.2. Competencias de Sostenibilidad Adquiridas

A lo largo del trabajo de este proyecto, he seleccionado y elaborado las competencias de sostenibilidad en las siguientes áreas:

## Contextualización Crítica del Conocimiento

Puedo contextualizar el conocimiento adquirido y relacionarlo críticamente con los desafíos globales y locales en las áreas sociales, económicas y ambientales tan influenciadas por el turismo sostenible.

## Uso Sostenible de Recursos

El desarrollo de la aplicación se enfocó en la utilización sostenible de los recursos. Traté de aplicar la eficiencia en el desarrollo de software al usar tecnologías que consumen la menor energía posible y al priorizar el uso de herramientas open-source, siempre que me fue posible.

## Participación en Procesos Comunitarios

El desarrollo de esta aplicación exige una comprensión en profundidad de los procesos comunitarios. Se ha llevado a cabo por ejemplo al decir que no solo los turistas se benefician de su uso, sino que las rutas turísticas también promueven la movilidad sostenible y mejoran el bienestar de la comunidad local.

## Principios Éticos y Valores de Sostenibilidad

He incorporado prácticas éticas y valores de sostenibilidad en todo el trabajo descartando por ejemplo aquellas modificaciones que pudieran dar como resultado un conflicto entre la comunidad local y la turística.

## F.3. Aplicación de Competencias en el Proyecto

Se utilizaron las siguientes competencias aprendidas en el desarrollo del proyecto:

### Diseño y Funcionalidad de la Aplicación

El diseño de la aplicación ha seguido un enfoque centrado en el usuario cuyo propósito era diseñar una solución intuitiva, fácil de usar que promueva la movilidad sostenible: con ciclistas o peatones que disfruten de un viaje personalizado, uniendo los *Punto de Interés (PDI)* de una manera eficiente usando planificadores de rutas optimizados a tal efecto.

## **Impacto Social y Ambiental**

La realización del proyecto busca no solo ser ventajosa para los turistas, sino que también reduce las emisiones de carbono al tiempo que permite a los miembros de la comunidad contribuir a la sostenibilidad de dicha ciudad en su conjunto.

## **Educación y Conciencia ambiental**

El proyecto informará a los ciudadanos no solo con datos de rutas turísticas específicas, sino también buscará sensibilizar acerca de la movilidad sostenible y los beneficios ambientales que provienen de los dilemas referentes al transporte en los que participan.

## **F.4. Conclusión**

Este Trabajo ha sido una experiencia informativa y esclarecedora para mí, tal y como indica en el artículo [1], trabajar en el desarrollo de una aplicación que pone en práctica soluciones que favorecen los ODS te hace más consciente de los múltiples factores que impiden su cumplimiento. Este tiempo me ha dotado del enfoque que se necesita para enfrentar, de manera consciente y sostenible, los desafíos actuales y futuros con una visión global que trabaje activamente hacia un desarrollo sostenible y me siento capaz de liderar nuevas soluciones tecnológicas que potencien los ODS.



---

# Bibliografía

---

- [1] Urtzi Markiegi, Iñigo Aldalur, and Alain Perez. Integrando los ODS en el grado de Ingeniería Informática. 8.