



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 — 7 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
B.4. Especificación de requisitos	12
Apéndice C Especificación de diseño	13
C.1. Introducción	13
C.2. Diseño de datos	13
C.3. Diseño procedimental	13
C.4. Diseño arquitectónico	13
Apéndice D Documentación técnica de programación	15
D.1. Introducción	15
D.2. Estructura de directorios	15
D.3. Manual del programador	16

D.4. Compilación, instalación y ejecución del proyecto	16
D.5. Pruebas del sistema	16
Apéndice E Documentación de usuario	17
E.1. Introducción	17
E.2. Requisitos de usuarios	17
E.3. Instalación	17
E.4. Manual del usuario	17
Apéndice F Anexo de sostenibilización curricular	19
F.1. F.1. Introducción	19
F.2. Competencias de Sostenibilidad Adquiridas	19
F.3. Aplicación de Competencias en el Proyecto	20
F.4. Conclusión	21
Bibliografía	23

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

B.1. CU-1 Activación de permiso de localización GPS del dispositivo.	10
B.2. CU-1 Nombre del caso de uso.	10

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](#)

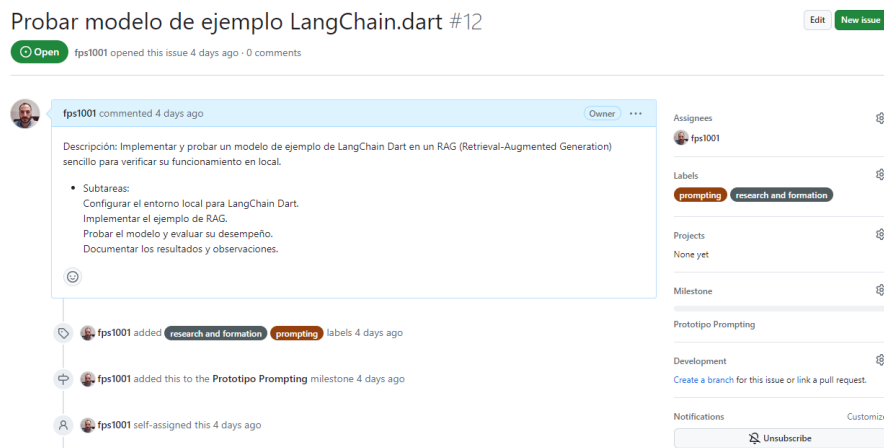


Figura A.1: Tarea 12 mostrada en GitHub con la descripción, hito y etiquetas de la tarea a realizar.

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](#)

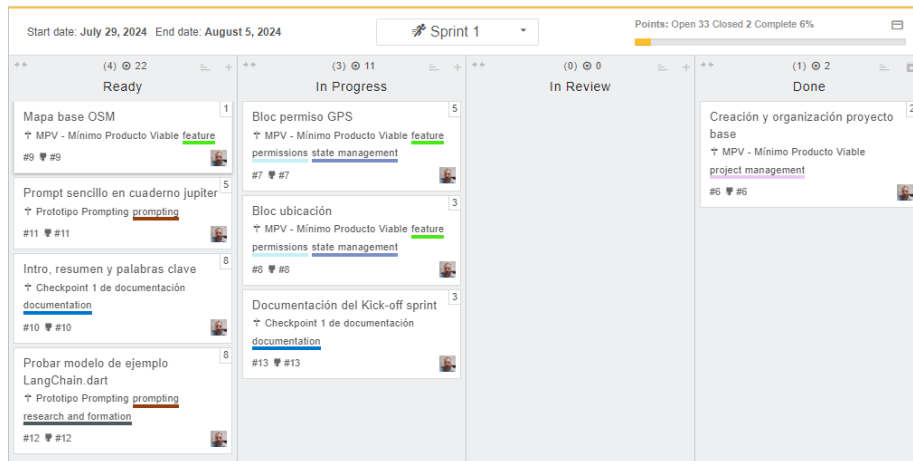


Figura A.2: Tablero Kanban de Zube con la gestión de tareas del Sprint 1.

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**

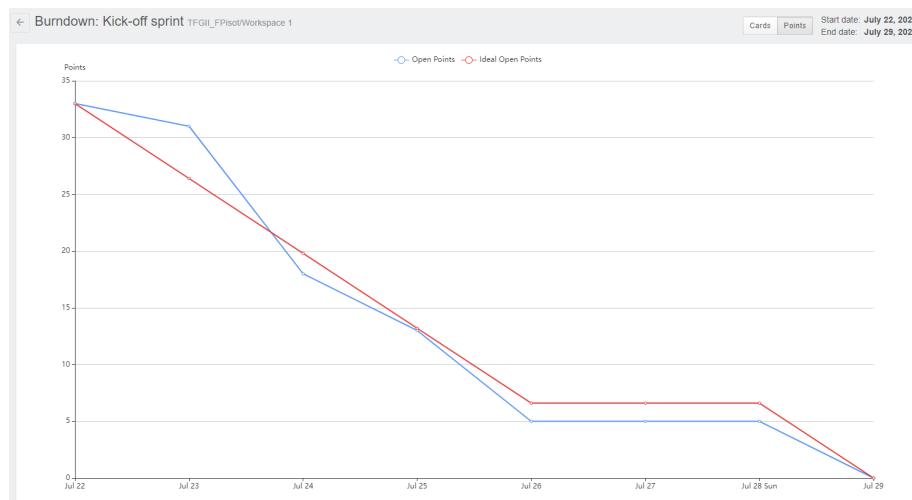


Figura A.3: Figura burndown del Sprint Kick-off.

- **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.

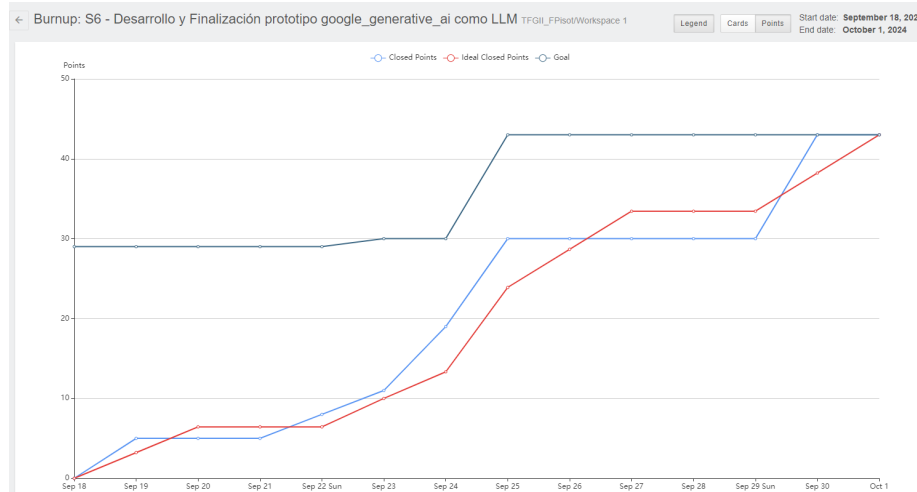


Figura A.4: Gráfico Burnup del Sprint 6

A.3. Estudio de viabilidad

Viabilidad económica

Viabilidad legal

Apéndice B

Especificación de Requisitos

B.1. Introducción

Una muestra de cómo podría ser una tabla de casos de uso:

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:** Eco City Tours utiliza la posición del dispositivo y el usuario debe garantizar el permiso de uso.
- **RF-2 Solicitud de activación de GPS:** Eco City Tours debe detectar que se ha desactivado el GPS y solicitar su activación para el uso de la aplicación.

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

Tabla B.1: CU-1 Activación de permiso de localización **GPS** del dispositivo.

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

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

- **RF-3 Activación/Desactivación de seguimiento de usuario:** se debe mostrar el camino seguido por el usuario sobre el mapa siempre que así lo indique, dicho seguimiento se puede activar y desactivar a petición en cualquier momento.
- **RF-4 Centrar la situación actual del usuario sobre mapa:** se debe mover la vista del mapa a la ubicación actual del usuario a petición del mismo. También se puede dejar fija la ubicación del usuario en el centro del mapa.
- **RF-5 Selección de Tour:** El usuario rellenará sus preferencias en una pantalla formulario para indicar qué ciudad quiere visitar, los puntos de interés que quiere o sus gustos al viajar.
- **RF-6 Calculo de información a través de un *Large Language Models (LLM)*:** la aplicación debe proporcionar información de *Punto de Interés (PDI)* según los criterios introducidos.
- **RF-7 Eliminación de *PDI*:** el usuario podrá eliminar los lugares que no quiera visitar lo que recalculará la ruta óptima de nuevo.
- **RF-8 Cálculo de ruta optimizada:** el Eco City Tour que una los *PDI* tiene que seguir una ruta adaptada al medio de transporte elegido por el usuario siendo el más corto posible.
- **RF-9 Capacidad de añadir un *PDI*:** el usuario podrá introducir el texto de un lugar que conozca para agregar dicho lugar a su ruta.
- **RF-10 Unirse a Eco City Tour:** el usuario podrá unirse a la ruta calculada cuando así lo requiera, calculando para ello una ruta que lo una de la manera más corta posible a dicho tour.

Requisitos no funcionales

- **RNF-1 Rendimiento:** la aplicación debe ...
- **RNF-2 Usabilidad:** Eco City Tours debe ser intuitiva y fácil de entender y utilizar.
- **RNF-4 Disponibilidad:** la aplicación debe estar disponible el mayor tiempo posible.
- **RNF-5 Mantenibilidad:** la aplicación debe ser fácilmente modificable.

B.4. Especificación de requisitos

CU-1	Ejemplo de caso de uso
Versión	1.0
Autor	Alumno
Requisitos asociados	RF-xx, RF-xx
Descripción	La descripción del CU
Precondición	Precondiciones (podría haber más de una)
Acciones	<ol style="list-style-type: none">1. Pasos del CU2. Pasos del CU (añadir tantos como sean necesarios)
Postcondición	Postcondiciones (podría haber más de una)
Excepciones	Excepciones
Importancia	Alta o Media o Baja...

Tabla B.3: CU-1 Nombre del caso de uso.

Apéndice C

Especificación de diseño

- C.1. Introducción
- 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.