



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 — 4 de noviembre
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	12
Apéndice B Especificación de Requisitos	13
B.1. Introducción	13
B.2. Objetivos generales	13
B.3. Catálogo de requisitos	14
B.4. Especificación de requisitos	17
Apéndice C Especificación de diseño	33
C.1. Introducción	33
C.2. Diseño de datos	33
C.3. Diseño procedimental	34
C.4. Diseño arquitectónico	34
Apéndice D Documentación técnica de programación	39
D.1. Introducción	39
D.2. Estructura de directorios	39
D.3. Manual del programador	40

D.4. Compilación, instalación y ejecución del proyecto	40
D.5. Pruebas del sistema	40
Apéndice E Documentación de usuario	41
E.1. Introducción	41
E.2. Requisitos de usuarios	41
E.3. Instalación	41
E.4. Manual del usuario	41
Apéndice F Anexo de sostenibilización curricular	43
F.1. F.1. Introducción	43
F.2. Competencias de Sostenibilidad Adquiridas	43
F.3. Aplicación de Competencias en el Proyecto	44
F.4. Conclusión	45
Bibliografía	47

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.	5
A.4. Figura burndown del Sprint 1: Investigación LLM y desarrollo básico de aplicación con mapa.	6
A.5. Figura burndown del Sprint 2: Implementación solución GIS. . .	6
A.6. Figura burndown del Sprint 3: MPV.	7
A.7. Figura burndown del Sprint 4: Servicios MapBox y LLM, preparación reunión inicio curso.	8
A.8. Figura burndown del Sprint 5: Aplicación con origen de datos LLM (Preparación y documentación).	9
A.9. Figura burndown del Sprint 6: Desarrollo y Finalización prototipo google_generative_ai como LLM.	10
A.10. Figura burndown del Sprint 7: Consolidación y Calidad.	10
A.11. Gráfico Burnup del Sprint 6	11
B.1. Diagrama de casos de uso	17
C.1. Diagrama de clases de la aplicación	34
C.2. Diagrama de componentes de la aplicación	35
C.3. Diagrama de componentes a nivel de paquetes de la aplicación .	36
C.4. Diagrama de secuencia - Generación de Eco City Tour	37

Índice de tablas

B.1. A-1 Usuario	18
B.2. A-2 Sistema de Mapas	19
B.3. A-3 Servicio de Obtención de POI	20
B.4. A-4 Sistema de Mejora de Información	21
B.5. CU-1 Solicitar permisos de GPS.	22
B.6. CU-2 Activar sensor GPS.	23
B.7. CU-3 Activar/Desactivar el seguimiento del usuario.	24
B.8. CU-4 Centrar mapa en la ubicación actual.	25
B.9. CU-5 Completar formulario de preferencias.	26
B.10.CU-6 Generar ruta optimizada.	27
B.11.CU-7 Visualizar detalles de puntos de interés.	28
B.12.CU-8 Eliminar puntos de interés.	29
B.13.CU-9 Añadir puntos de interés a la ruta.	30
B.14.CU-10 Unirse a la ruta calculada.	31
B.15.CU-11 Visualizar resumen de la ruta.	32

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](#)

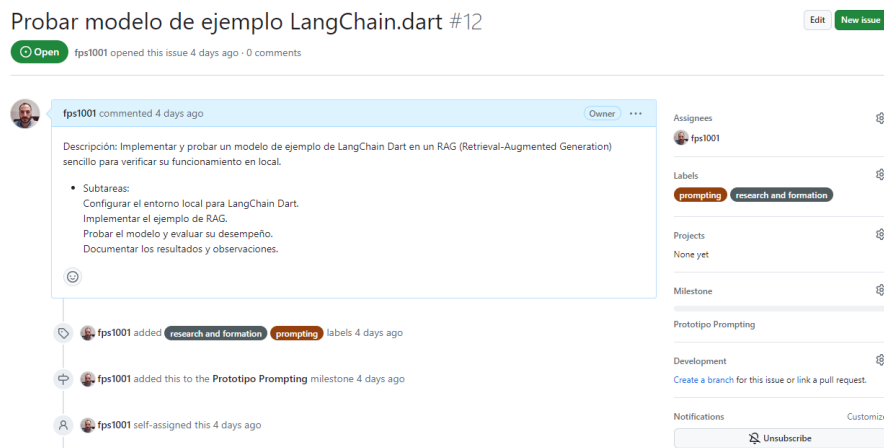


Figura A.1: Tarea 12 mostrada en GitHub con la descripción, hito y etiquetas de la tarea a realizar.

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](#)

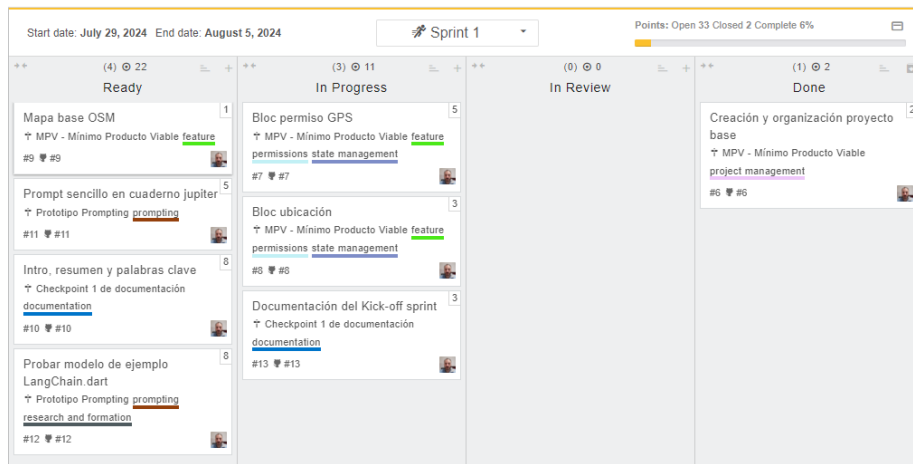


Figura A.2: Tablero Kanban de Zube con la gestión de tareas del Sprint 1.

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** Completado el 30 de julio de 2024. 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** Completado el 2 de septiembre de 2024. 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** Completado el 2 de septiembre de 2024. 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 con tours generados por LLM** Completado el 1 de octubre de 2024. 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.
- **Prototipo Prompting** Completado el 15 de octubre de 2024. 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.
- **Desarrollo de aplicación completo** Completado el 12 de noviembre de 2024. Se consideran todas las funcionalidades que debe tener la aplicación a presentar como completadas.

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 0 - 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

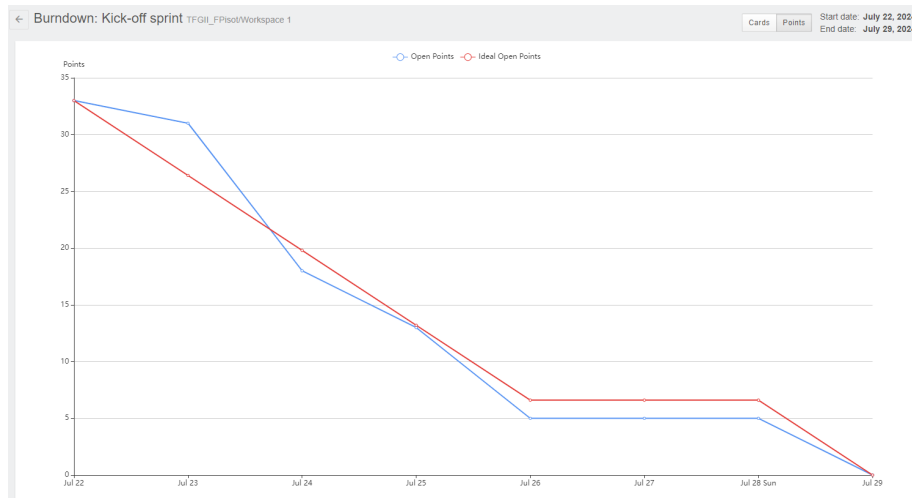


Figura A.3: Figura burndown del Sprint Kick-off.

- **Sprint 1 - Investigación LLM y desarrollo básico de aplicación con mapa (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. [A.4](#)

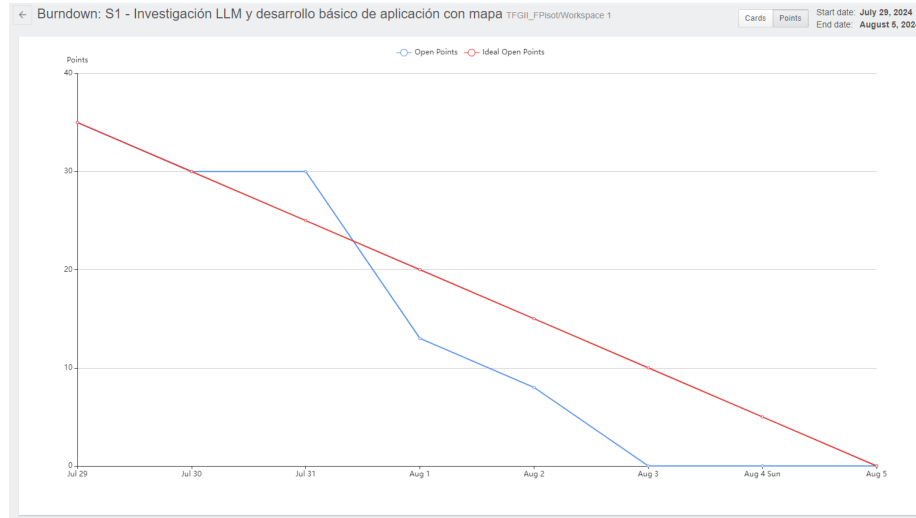


Figura A.4: Figura burndown del Sprint 1: Investigación LLM y desarrollo básico de aplicación con mapa.

■ **Sprint 2 - Implementación solución GIS (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. **A.5**

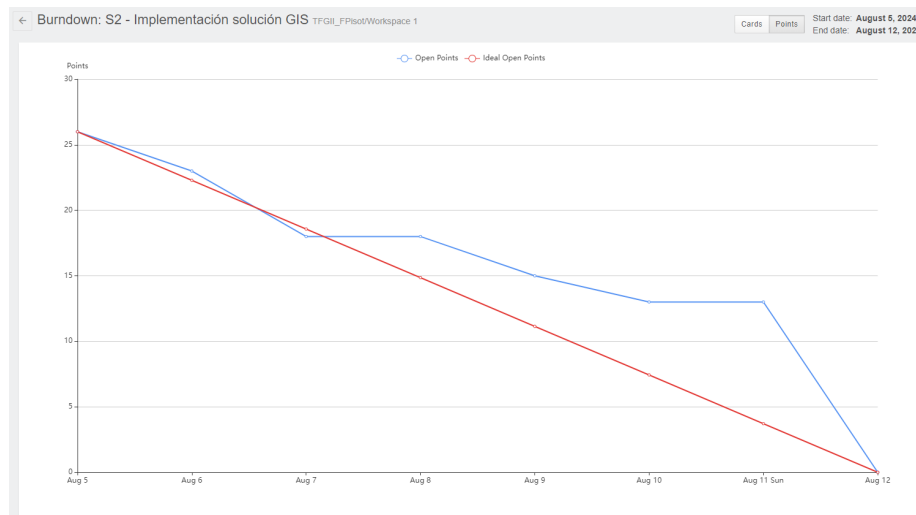


Figura A.5: Figura burndown del Sprint 2: Implementación solución GIS.

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 - MPV(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. A.6

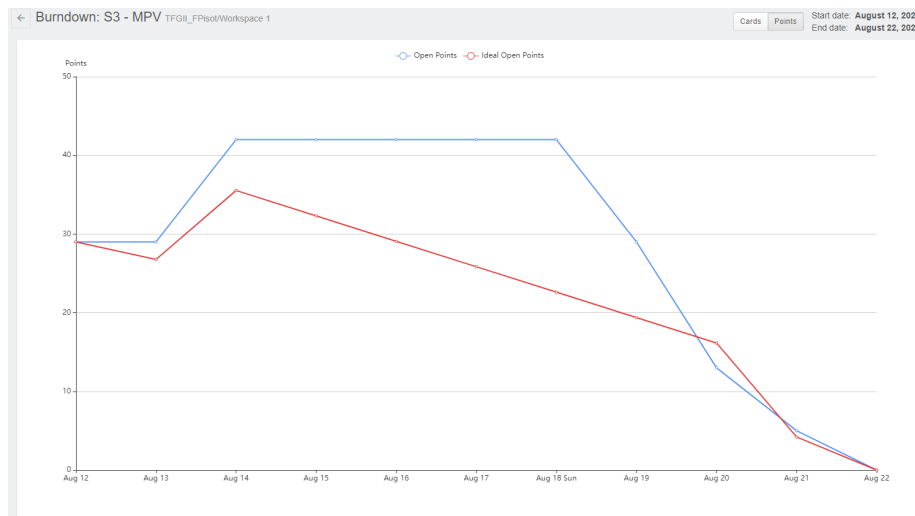


Figura A.6: Figura burndown del Sprint 3: MPV.

- **Sprint 4 - Servicios MapBox y LLM, preparación reunión inicio curso.(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. A.7

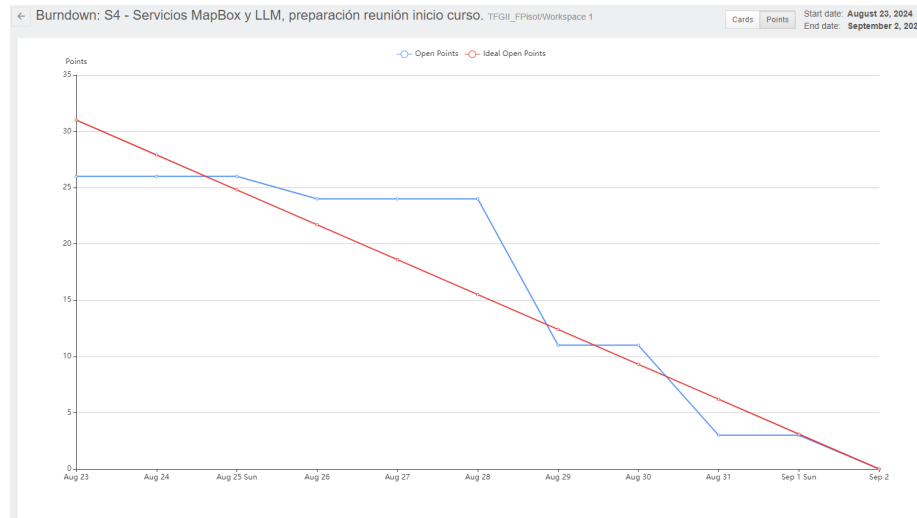


Figura A.7: Figura burndown del Sprint 4: Servicios MapBox y LLM, preparación reunión inicio curso.

- Sprint 5 - Aplicación con origen de datos LLM (Preparación y documentación) (04/09/2024 - 14/09/2024):** 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. [A.8](#)

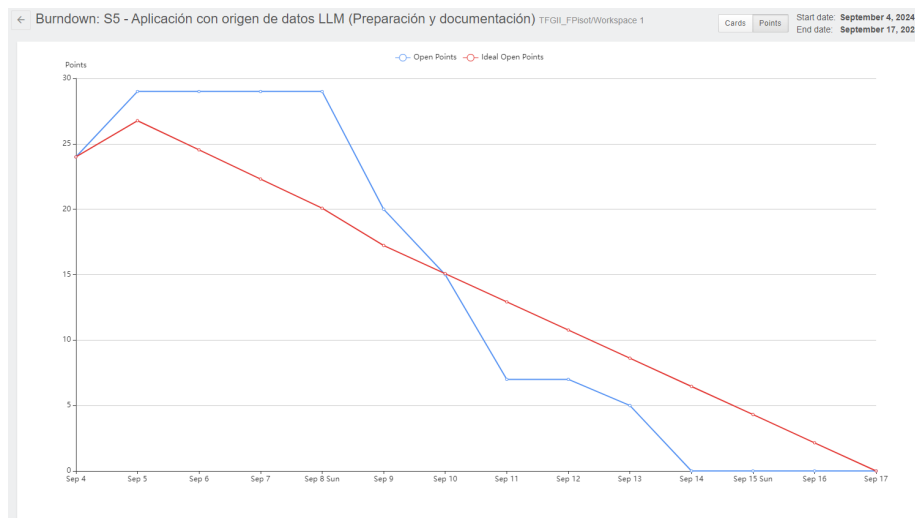


Figura A.8: Figura burndown del Sprint 5: Aplicación con origen de datos LLM (Preparación y documentación).

- **Sprint 6 - Desarrollo y Finalización prototipo google_generative_ai como LLM (18/09/2024-01/10/2024):** 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. [A.9](#)

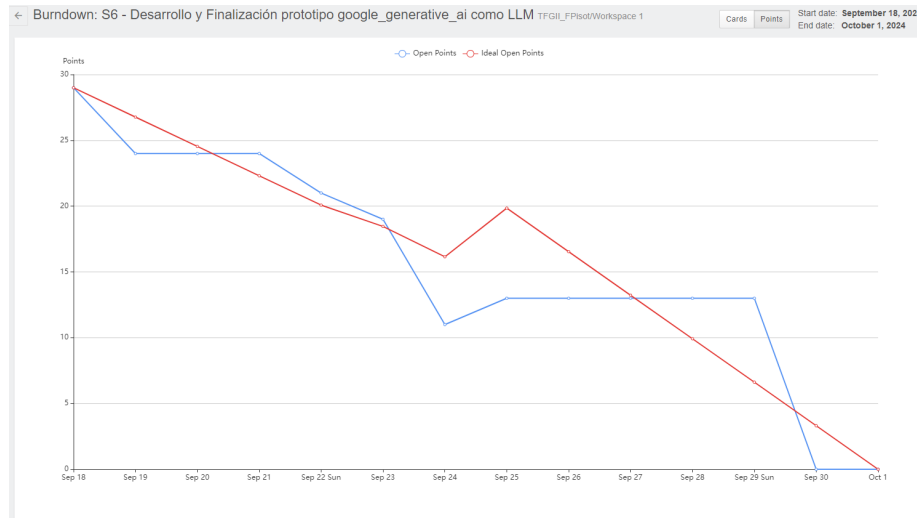


Figura A.9: Figura burndown del Sprint 6: Desarrollo y Finalización prototipo google_generative_ai como LLM.

- S7 - Consolidación y Calidad (02/10/2024 - 22/10/2024)**
 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. [A.10](#)

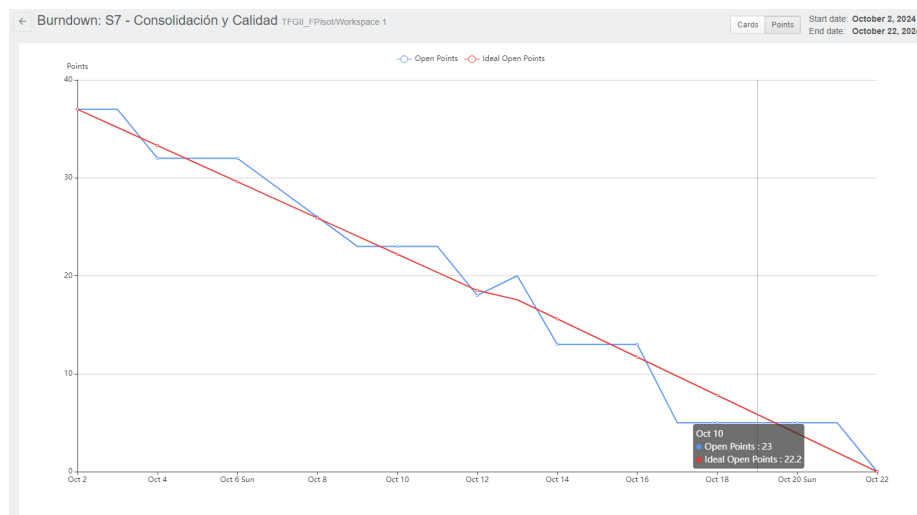


Figura A.10: Figura burndown del Sprint 7: Consolidación y Calidad.

- **S8 - Cobertura de tests y guardado de rutas (23/10/2024 - 12/11/2024):** Se procede a implementar las últimas funcionalidades del desarrollo de la aplicación. Además, se busca que la integración con sonarcloud confirme que se trabaja con un standard de calidad para lo que se necesita la cobertura de tests y por último se retoma el trabajo de documentación.

Métricas Ágiles

Gracias al uso de Zube se emplean fácilmente 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. En la explicación de los sprints se pueden ver los gráficos asociados al mismo

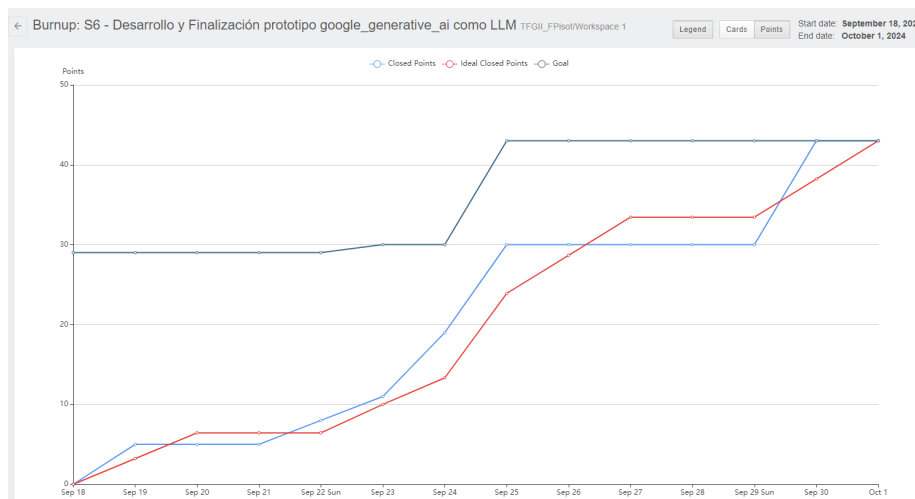


Figura A.11: Gráfico Burnup del Sprint 6

1

Gráfico de velocidad

Permite comprobar el trabajo realizado en los diferentes sprints de manera que resulte lo más constante posible.

A.3. Estudio de viabilidad

Viabilidad económica

Viabilidad legal

Apéndice B

Especificación de Requisitos

B.1. Introducción

En esta sección se presentan los requisitos de la aplicación, abordando tanto los objetivos generales como los específicos del proyecto. Se incluye un catálogo detallado de los requisitos funcionales y no funcionales, que definen el comportamiento y las características técnicas de la aplicación. Además, se proporciona una especificación detallada de los requisitos a través de tablas de casos de uso, complementadas con su respectivo diagrama de casos de uso, lo que facilita una comprensión clara de las interacciones principales de los usuarios con el sistema.

B.2. Objetivos generales

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

- **Fomentar el turismo sostenible:** Facilitar a los usuarios la exploración de ciudades promoviendo al mostrar rutas no motorizadas y modos de transporte como caminar y el uso de bicicletas.
- **Optimización de experiencias turísticas personalizadas:** Ofrecer a los usuarios rutas personalizadas que se ajusten a sus intereses y preferencias, proporcionando información detallada y relevante sobre los puntos de interés seleccionados.
- **Promover el uso de tecnologías inteligentes en el turismo:** Utilizar tecnologías avanzadas como servicios GIS, Google Places y

LLMs para mejorar la experiencia del usuario, facilitando la generación automática de rutas y la obtención de información actualizada sobre los destinos turísticos.

- **Mejorar la accesibilidad a la información turística:** Proporcionar una plataforma fácil de usar que permita a los usuarios acceder rápidamente a descripciones, fotos y otros datos sobre los puntos de interés, mejorando su experiencia de exploración en las ciudades.
- **Rutas generadas sin intereses comerciales:** Generar rutas turísticas sin influencias comerciales, ofreciendo una experiencia imparcial y auténtica, en contraste con otras aplicaciones de recomendaciones de viajes.

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.
- **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.
- **RF-12 Guardado y carga de las rutas turísticas:** el usuario podrá guardar los tours que quiera y tendrá acceso a los mismos desde la pantalla de configuración del Eco City Tour.

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 carácter modular, permitiendo que sea fácil para el desarrollador su mantenimiento.
- **RNF-5 Escalabilidad:** Eco City Tours debe ser capaz de gestionar eficientemente un crecimiento continuo en el número de usuarios, adaptándose sin problemas para ofrecer un rendimiento óptimo incluso en situaciones de alta demanda.
- **RNF-6 Soporte:** la aplicación debe funcionar en versiones actuales de Android sin problemas de rendimiento o fallos en alguna de sus funcionalidades

B.4. Especificación de requisitos

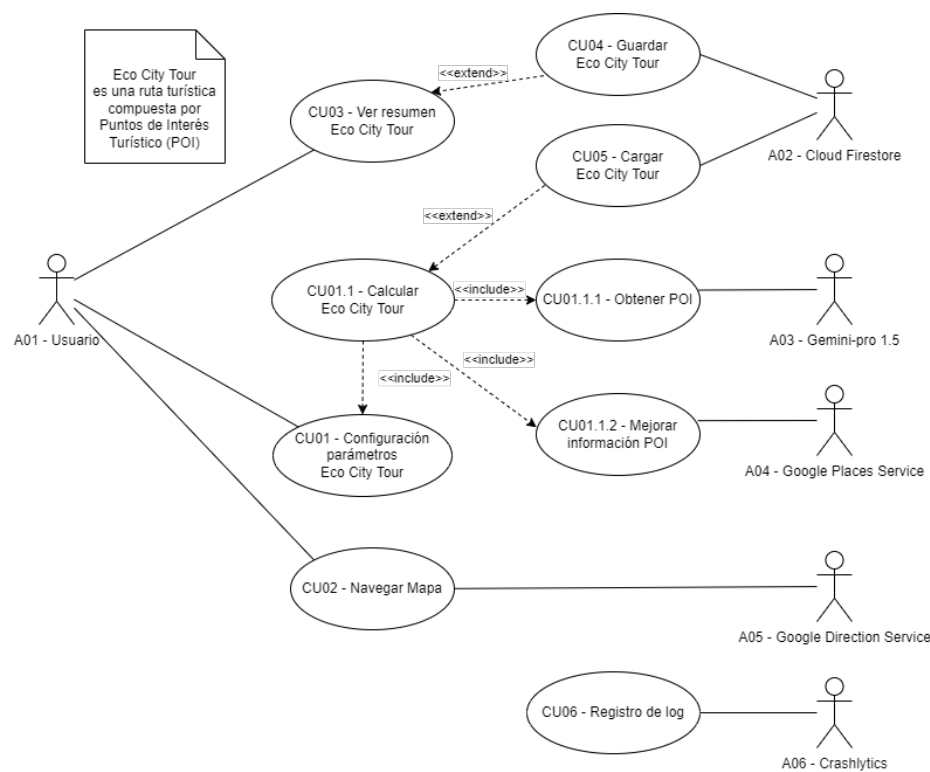


Figura B.1: Diagrama de casos de uso

Actores

Casos de uso

Actor-ID	A01
Nombre del actor	Usuario
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	Persona que interactúa con la aplicación Eco City Tour para generar y gestionar rutas turísticas personalizadas.
Tipo	Usuario
Objetivo	Generar, visualizar y navegar por rutas turísticas basadas en puntos de interés y preferencias personales.
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> ■ Completar el formulario de preferencias para generar una ruta. ■ Visualizar detalles de puntos de interés. ■ Añadir o eliminar puntos de interés de la ruta. ■ Iniciar y detener el seguimiento de ubicación. ■ Guardar y cargar Eco City Tours generados.
Relaciones con casos de uso	CU-1, CU-2, CU-3

Tabla B.1: A01 Usuario

Actor-ID	A02
Nombre del actor	Cloud Firestore
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	Sistema que permite guardar y cargar a base de datos un Eco City Tour creado
Tipo	Sistema
Objetivo	Guardar el tour actual o cargar un tour guardado.
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none">■ Guardar el tour actual.■ Cargar un tour guardado.■ Gestionar esta información segura.■ Mostrar solo los Eco City Tours del usuario actual.
Relaciones con casos de uso	CU04, CU06.

Tabla B.2: A02 - Cloud Firestore

Actor-ID	A03
Nombre del actor	Gemini Pro 1.5
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	Servicio externo que proporciona una lista de puntos de interés (POI) basados en las preferencias del usuario.
Tipo	Modelo LLM
Objetivo	Elegir los PDI que formarán el Eco City Tour
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none">■ Generar un prompt a partir de los datos de la aplicación introducida por el usuario.■ Enviar los datos de los PDI a la aplicación para generar la ruta en el formato necesario.
Relaciones con casos de uso	CU01.1.1.

Tabla B.3: A03 - Gemini Pro 1.5

Actor-ID	A04
Nombre del actor	Sistema de Mejora de Información
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	Servicio externo encargado de mejorar la información sobre los puntos de interés proporcionando detalles adicionales como descripciones, fotos y valoraciones.
Tipo	Sistema
Objetivo	Enriquecer la información de los POI para que el usuario obtenga datos detallados y actualizados sobre cada lugar.
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> ■ Proveer información detallada sobre los POI. ■ Enviar las descripciones, fotos y valoraciones de los POI a la aplicación.
Relaciones con casos de uso	CU-6, CU-7.

Tabla B.4: A04 - Sistema de Mejora de Información

CU-1	Solicitar permisos de GPS .
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. 3. El usuario concede los permisos solicitados
Postcondición	El permiso de seguimiento del usuario ha sido concedido. Si no es concedido, la aplicación no podrá generar rutas personalizadas basadas en la ubicación.
Excepciones	El usuario no concede los permisos.
Importancia	Alta

Tabla B.5: CU-1 Solicitar permisos de **GPS**.

CU-1	Activar sensor GPS .
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. 2. La aplicación detecta que el GPS está desactivado y notifica al usuario. 3. El usuario activará el sensor de GPS de su dispositivo a través 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.6: CU-2 Activar sensor **GPS**.

CU-3	Activar/Desactivar el seguimiento del usuario.
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Requisitos asociados	RF-3
Descripción	El usuario puede activar o desactivar el seguimiento de su posición en tiempo real en el mapa, permitiendo ver el trayecto mientras se desplaza.
Precondición	La aplicación tiene acceso a la ubicación del usuario y tiene permisos de su uso.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción de activar o desactivar el seguimiento de su ubicación en el mapa. 2. El sistema ajusta el mapa para mostrar o dejar de mostrar el movimiento del usuario en tiempo real.
Postcondición	El mapa sigue o deja de seguir la posición del usuario en tiempo real.
Excepciones	Problemas de conexión con el GPS o pérdida de señal.
Importancia	Media

Tabla B.7: CU-3 Activar/Desactivar el seguimiento del usuario.

CU-4	Centrar mapa en la ubicación actual.
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Requisitos asociados	RF-4
Descripción	El usuario puede centrar manualmente la vista del mapa en su ubicación actual mediante un botón.
Precondición	La aplicación tiene acceso a la ubicación del usuario y tiene permisos de su uso.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa el botón para centrar el mapa en su ubicación actual. 2. La aplicación ajusta el mapa para centrar la vista en la posición del usuario.
Postcondición	El mapa se centra en la ubicación actual del usuario.
Excepciones	La ubicación del usuario no está disponible o la señal GPS es débil.
Importancia	Baja

Tabla B.8: CU-4 Centrar mapa en la ubicación actual.

CU-5	Completar formulario de preferencias.
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Requisitos asociados	RF-5
Descripción	El usuario rellena un formulario indicando el lugar que quiere visitar, el número de puntos de interés, el medio de transporte, sus intereses y el tiempo que quiere dedicar a la ruta.
Precondición	La aplicación debe estar activa y mostrar el formulario.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona el lugar de destino. 2. El usuario elige el número de puntos de interés que desea visitar. 3. El usuario selecciona el modo de transporte (a pie o en bicicleta). 4. El usuario selecciona sus intereses (naturaleza, historia, deportes, etc.). 5. El usuario indica el tiempo máximo que quiere dedicar a la ruta.
Postcondición	El formulario queda completado y la aplicación está lista para generar una ruta personalizada.
Excepciones	El usuario no completa el formulario o deja campos vacíos.
Importancia	Alta

Tabla B.9: CU-5 Completar formulario de preferencias.

CU-6	Generar ruta optimizada.
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Requisitos asociados	RF-5, RF-6, RF-8
Descripción	El sistema genera una ruta optimizada que conecta los puntos de interés basados en las preferencias del usuario, consultando servicios externos como LLM, Google Places, y un servicio de optimización de rutas.
Precondición	El formulario de preferencias ha sido completado y la aplicación tiene acceso a los servicios externos.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario envía las preferencias desde el formulario (lugar, número de puntos de interés, transporte, tiempo, etc.). 2. El sistema consulta un servicio LLM para obtener los puntos de interés (POI) basados en las preferencias del usuario. 3. El sistema envía los POI al servicio Google Places para obtener información mejorada (descripciones, fotos, ratings, etc.). 4. El sistema envía la información GPS de los POI a un servicio de optimización de rutas para calcular la ruta más corta. 5. El sistema muestra en el mapa la ruta optimizada, conectando los POI según las preferencias del usuario.
Postcondición	La ruta optimizada es mostrada en el mapa, incluyendo la información mejorada de los POI.
Excepciones	Problemas en la conexión con los servicios LLM, Google Places o el servicio de optimización de rutas.
Importancia	Alta

Tabla B.10: CU-6 Generar ruta optimizada.

CU-7	Visualizar detalles de puntos de interés.
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Requisitos asociados	RF-6, RF-11
Descripción	El usuario puede hacer tap en un marcador del mapa para obtener información detallada sobre un punto de interés, como su descripción, fotos, ratings y URL.
Precondición	La ruta ha sido generada y los puntos de interés están visibles en el mapa.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona un marcador de punto de interés en el mapa. 2. El sistema muestra la información detallada del punto de interés seleccionado.
Postcondición	Se muestra la información detallada del punto de interés seleccionado.
Excepciones	El sistema no puede obtener detalles del punto de interés seleccionado debido a problemas con los servicios externos.
Importancia	Media

Tabla B.11: CU-7 Visualizar detalles de puntos de interés.

CU-8	Eliminar puntos de interés.
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Requisitos asociados	RF-7
Descripción	El usuario puede eliminar puntos de interés desde el mapa o la pantalla de resumen, lo que recalcula automáticamente la ruta optimizada.
Precondición	La ruta ha sido generada y los puntos de interés están visibles.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona un punto de interés para eliminarlo. 2. El sistema elimina el punto de interés seleccionado de la ruta. 3. El sistema recalcula la ruta optimizada con los puntos de interés restantes.
Postcondición	La ruta es recalculada sin el punto de interés eliminado.
Excepciones	Problemas en la recalculación de la ruta o eliminación del punto de interés.
Importancia	Media

Tabla B.12: CU-8 Eliminar puntos de interés.

CU-9	Añadir puntos de interés a la ruta.
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Requisitos asociados	RF-9
Descripción	El usuario puede añadir manualmente nuevos lugares a la ruta existente introduciendo el nombre del lugar en la barra de búsqueda en el mapa.
Precondición	La ruta debe haber sido generada previamente.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario introduce el nombre de un lugar en la barra de búsqueda. 2. El sistema valida si el lugar existe y lo añade a la ruta. 3. El sistema recalcula la ruta optimizada incluyendo el nuevo punto de interés.
Postcondición	El nuevo lugar es añadido a la ruta y la ruta optimizada es recalculada.
Excepciones	El lugar no se encuentra en los servicios de búsqueda o hay problemas al recalcular la ruta.
Importancia	Media

Tabla B.13: CU-9 Añadir puntos de interés a la ruta.

CU-10	Unirse a la ruta calculada.
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Requisitos asociados	RF-10
Descripción	El sistema calcula la ruta más corta para que el usuario se una a una ruta previamente generada, partiendo de su ubicación actual.
Precondición	Una ruta ya ha sido generada y está activa.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario solicita unirse a la ruta calculada desde su ubicación actual. 2. El sistema calcula la ruta más corta para conectar la ubicación actual del usuario con la ruta generada.
Postcondición	El usuario es guiado desde su ubicación actual hasta la ruta generada.
Excepciones	Problemas con los servicios de generación de rutas.
Importancia	Media

Tabla B.14: CU-10 Unirse a la ruta calculada.

CU-11	Visualizar resumen de la ruta.
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Requisitos asociados	RF-11
Descripción	El usuario puede visualizar un resumen de la ruta generada, incluyendo la distancia total, duración estimada y el medio de transporte seleccionado.
Precondición	La ruta ha sido generada.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario accede a la pantalla de resumen de la ruta. 2. El sistema muestra el resumen de la ruta con la distancia total, duración estimada y el medio de transporte.
Postcondición	El resumen de la ruta es visible para el usuario.
Excepciones	Problemas para acceder a la información de la ruta o problemas de conectividad con los servicios externos.
Importancia	Baja

Tabla B.15: CU-11 Visualizar resumen de la ruta.

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

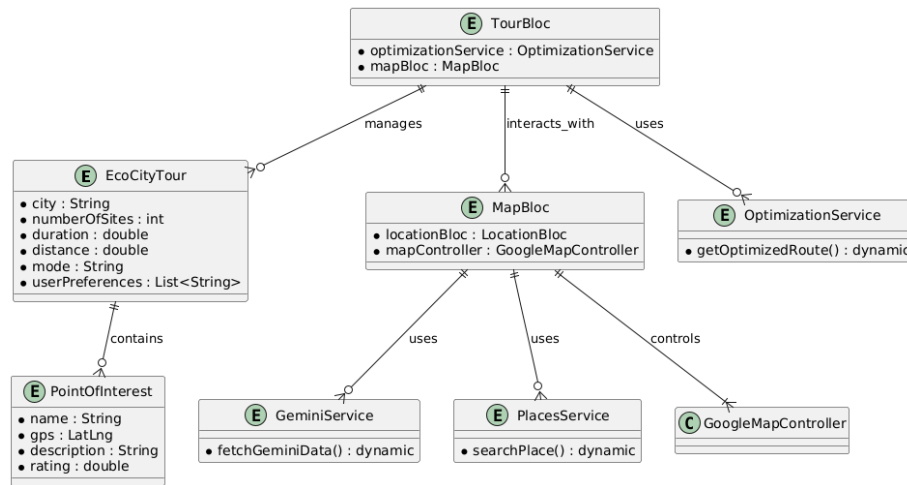


Figura C.1: Diagrama de clases de la aplicación

C.3. Diseño procedimental

C.4. Diseño arquitectónico

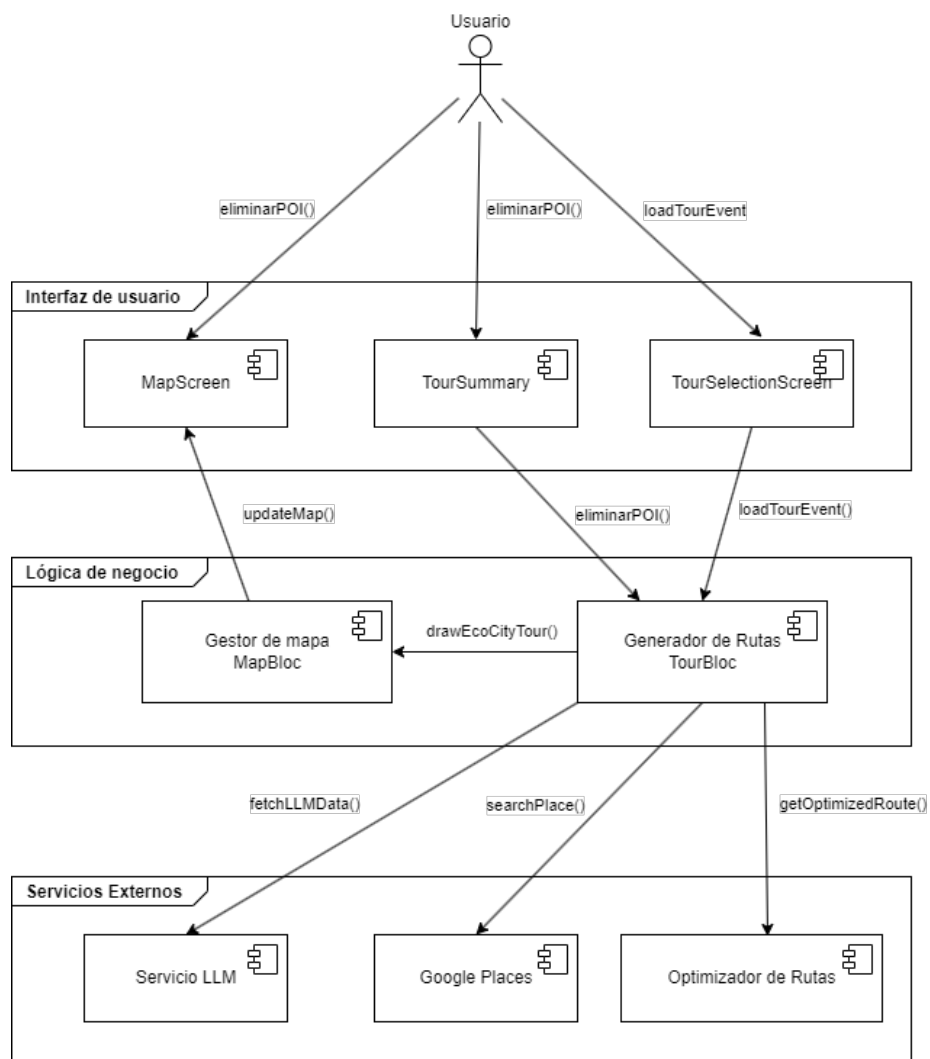


Figura C.2: Diagrama de componentes de la aplicación

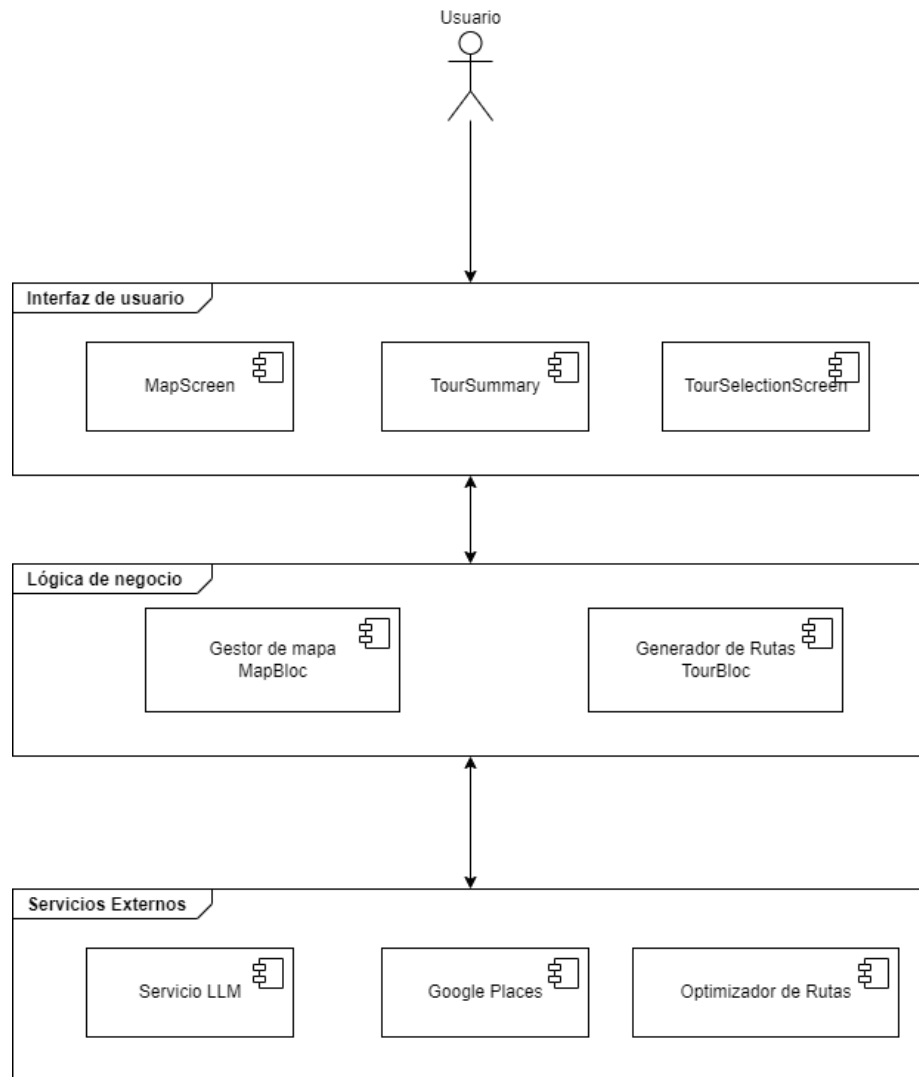


Figura C.3: Diagrama de componentes a nivel de paquetes de la aplicación

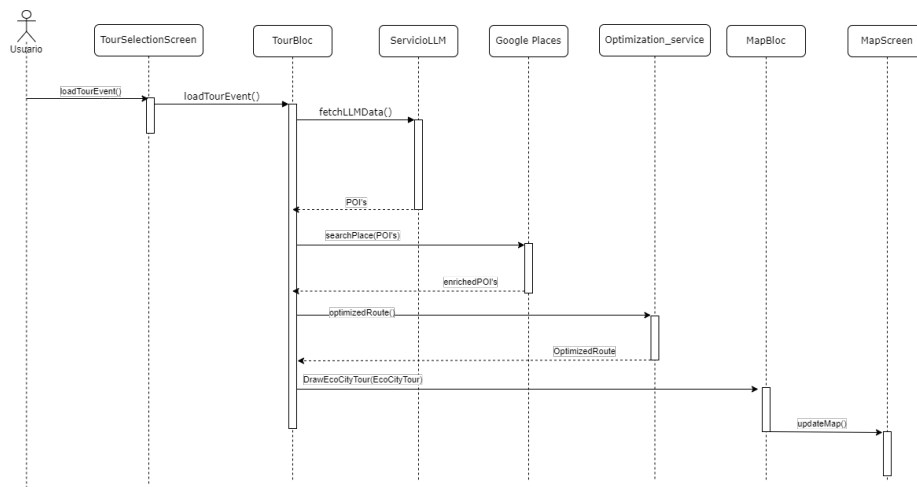


Figura C.4: Diagrama de secuencia - Generación de Eco City Tour

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.