



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 — 16 de noviembre
de 2024

Tutor: Carlos López Nozal

Índice general

Índice general	i
Índice de figuras	iii
Índice de tablas	v
Apéndice A Plan de Proyecto Software	1
A.1. Introducción	1
A.2. Planificación temporal	2
A.3. Estudio de viabilidad	13
Apéndice B Especificación de Requisitos	21
B.1. Introducción	21
B.2. Objetivos generales	21
B.3. Catálogo de requisitos	22
B.4. Especificación de requisitos	25
Apéndice C Especificación de diseño	39
C.1. Introducción	39
C.2. Diseño de datos	39
C.3. Diseño procedimental	40
C.4. Diseño arquitectónico	40
Apéndice D Documentación técnica de programación	45
D.1. Introducción	45
D.2. Estructura de directorios	45
D.3. Manual del programador	46

D.4. Compilación, instalación y ejecución del proyecto	46
D.5. Pruebas del sistema	46
Apéndice E Documentación de usuario	47
E.1. Introducción	47
E.2. Requisitos de usuarios	47
E.3. Instalación	47
E.4. Manual del usuario	47
Apéndice F Anexo de sostenibilización curricular	49
F.1. F.1. Introducción	49
F.2. Competencias de Sostenibilidad Adquiridas	49
F.3. Aplicación de Competencias en el Proyecto	50
F.4. Conclusión	51
Bibliografía	53

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.Figura burndown del Sprint 8: Cobertura de tests y guardado de rutas.	11
A.12.Figura burndown del Sprint 9: Testing y selección de rol.	12
A.13.Gráfico Burnup del Sprint 6	13
A.14.Tráfico de peticiones durante el desarrollo de <i>Eco City Tours</i> . .	15
A.15.Interfaz de Facturación de Cloud Console.	16
B.1. Diagrama de caso de uso CU00 - Configuración GPS	25
B.2. Diagrama de casos de uso general de Eco City Tours	27
B.3. Diagrama de caso de uso CU02 - Navegar Mapa	33
C.1. Diagrama de clases de la aplicación	40
C.2. Diagrama de componentes de la aplicación	41

C.3. Diagrama de componentes a nivel de paquetes de la aplicación .	42
C.4. Diagrama de secuencia - Generación de Eco City Tour	43

Índice de tablas

A.1. Costes de <i>personal</i>	14
A.2. Costes de <i>hardware</i>	14
A.3. Costes totales de Eco City Tours	17
B.1. CU00 Configuración GPS	26
B.2. CU01 Configuración parámetros Eco City Tour	28
B.3. CU01.1 Calcular Eco City Tour	29
B.4. CU02 Navegar Mapa	30
B.5. CU03 Ver resumen Eco City Tour	30
B.6. CU04 Guardar Eco City Tour	31
B.7. CU05 Cargar Eco City Tour	31
B.8. CU06 Registro de log	32
B.9. CU02.1 Visualizar detalles de puntos de interés (PDI)	34
B.10. CU02.2 Eliminar puntos de interés (PDI)	35
B.11. CU02.3 Añadir puntos de interés (PDI)	36
B.12. CU02.4 Unirse a la ruta calculada	37
B.13. CU02.5 Añadir seguimiento del usuario	38

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](#)

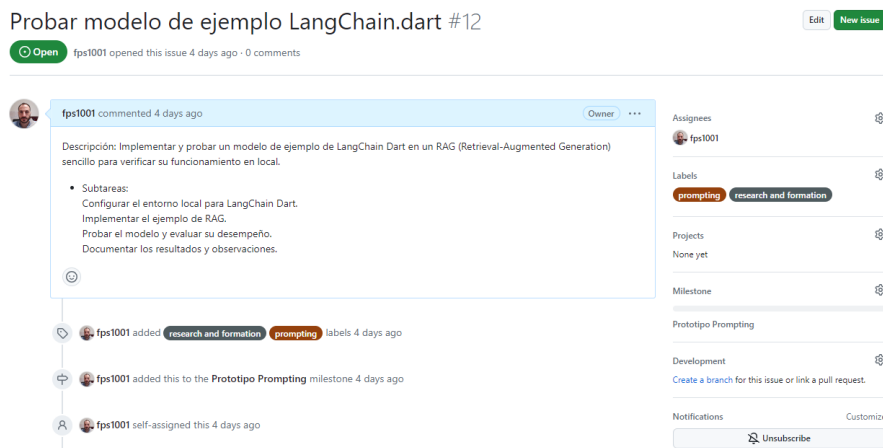


Figura A.1: Tarea 12 mostrada en GitHub con la descripción, hito y etiquetas de la tarea a realizar.

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](#)

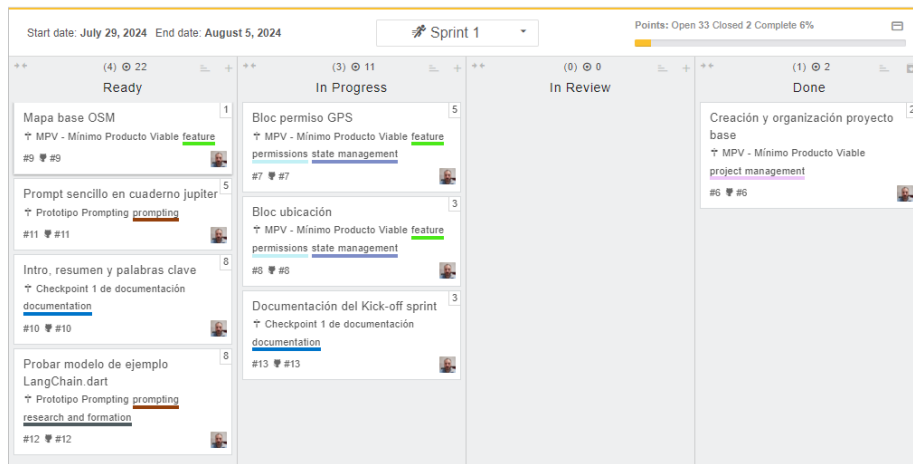


Figura A.2: Tablero Kanban de Zube con la gestión de tareas del Sprint 1.

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](#)

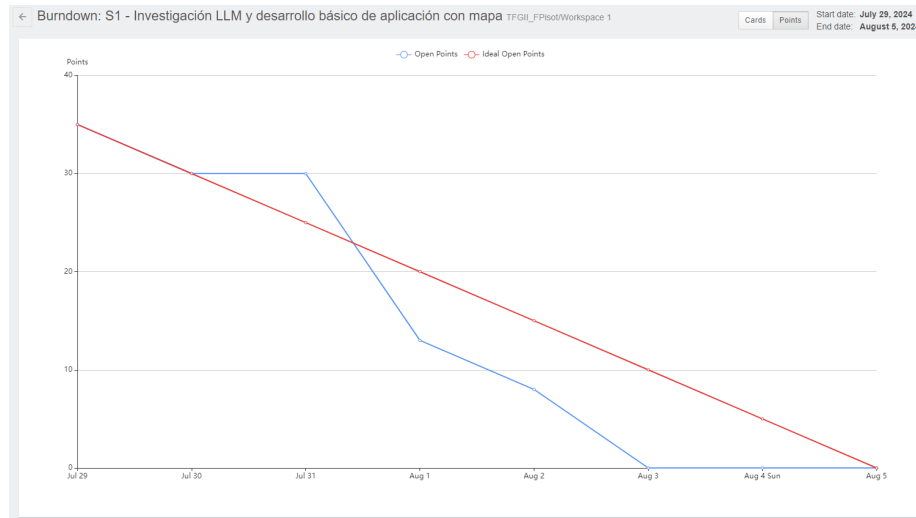


Figura A.4: Figura burndown del Sprint 1: Investigación LLM y desarrollo básico de aplicación con mapa.

■ **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**

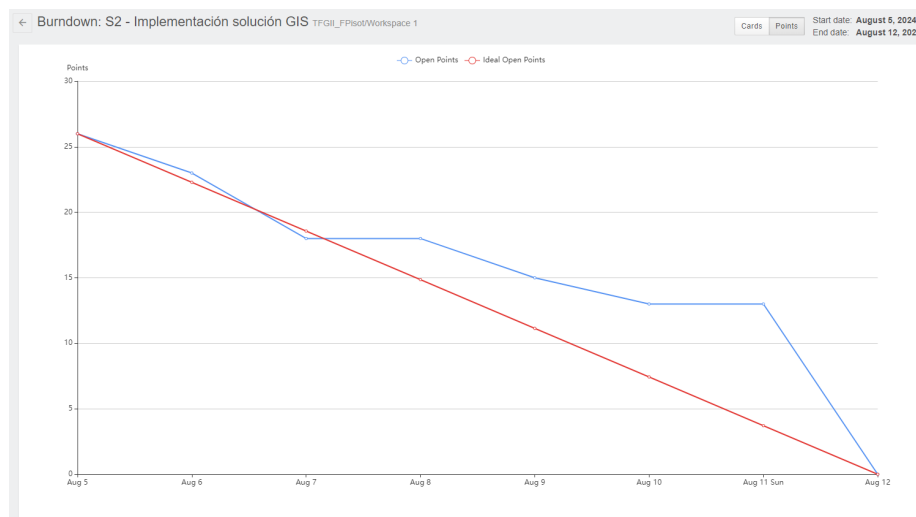


Figura A.5: Figura burndown del Sprint 2: Implementación solución GIS.

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

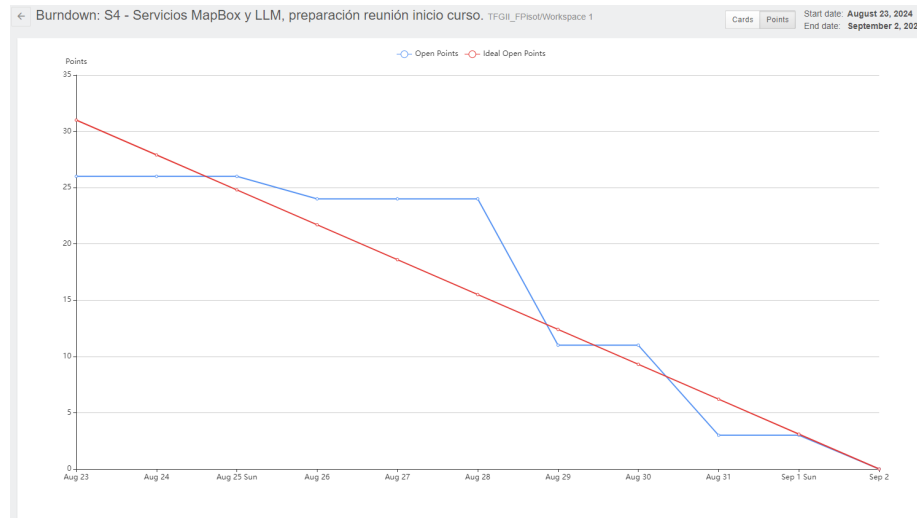


Figura A.7: Figura burndown del Sprint 4: Servicios MapBox y LLM, preparación reunión inicio curso.

- 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](#)

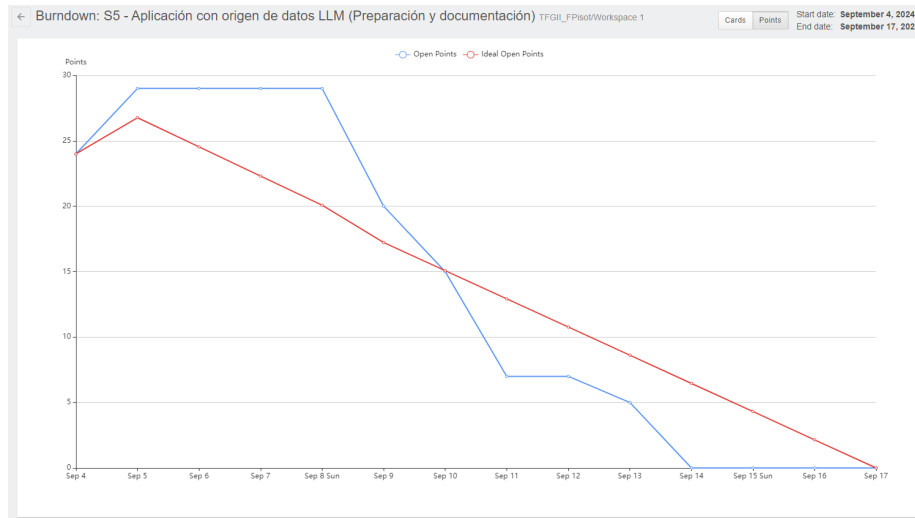


Figura A.8: Figura burndown del Sprint 5: Aplicación con origen de datos LLM (Preparación y documentación).

- **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](#)

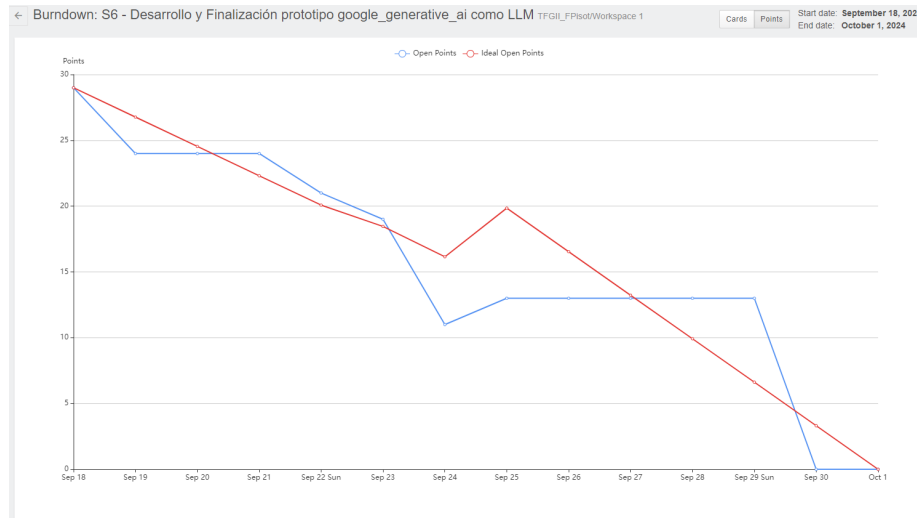


Figura A.9: Figura burndown del Sprint 6: Desarrollo y Finalización prototipo google_generative_ai como LLM.

- 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](#)

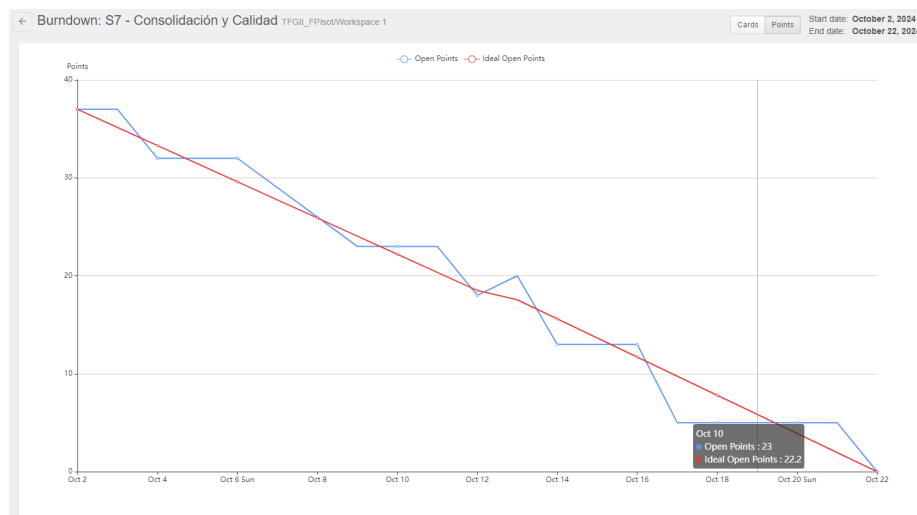


Figura A.10: Figura burndown del Sprint 7: Consolidación y Calidad.

- **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.



Figura A.11: Figura burndown del Sprint 8: Cobertura de tests y guardado de rutas.

- **S9 - Testing y selección de rol (13/11/2024 - 03/12/2024):** Se estudia la posibilidad de generar diferentes asistentes dándole al modelo distintos roles. Se pretende realizar el test que llevará la aplicación en este sprint. Además, tendrá se realizará el inicio de apartados de anexos en cuanto a documentación.



Figura A.12: Figura burndown del Sprint 9: Testing y selección de rol.

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

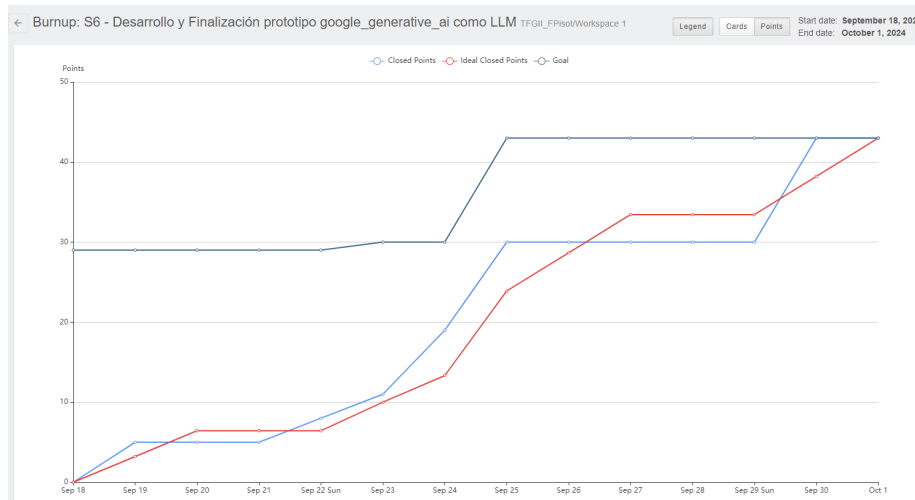


Figura A.13: Gráfico Burnup del Sprint 6

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

En esta sección se analizan los aspectos clave para determinar si la implementación del proyecto y el desarrollo de la aplicación móvil *Eco City Tours* es viable desde un punto de vista legal y económico. Se destacan los valores positivos de la aplicación, como su independencia de intereses particulares y su enfoque sostenible, que la convierten en una propuesta valiosa en el mercado del fomento del turismo sostenible. Se evaluará si los beneficios esperados compensan los costes de desarrollo, el mantenimiento de los servicios y los posibles problemas legales, determinando así su viabilidad.

Viabilidad económica

Costes de personal

El desarrollo de la aplicación se realiza con un grupo de trabajo de un solo empleado de categoría profesional equivalente a la de un Ingeniero

Informático. Según el XVIII Convenio Colectivo Estatal de Empresas de Consultoría, Tecnologías de la Información y Estudios de Mercado y de la Opinión Pública, publicado en el BOE el 26 de julio de 2023 [1] podría estar entorno a los 2.000 € antes de impuestos.

Concepto	Coste
Salario Desarrollador	1.500€
Retenciones y Seguridad Social	500
Total 4 meses	8.000€

Tabla A.1: Costes de *personal*

Coste de hardware

Para calcular el coste de los equipos se supone un período de amortización de 3 años para todo el hardware. Para realizar Eco City Tours se usará un ordenador de sobremesa con procesador i7 y 16 Gb de memoria RAM capaz de utilizar los programas necesarios para el desarrollo de manera fluida. Se tienen en cuenta también periféricos para dicho equipo y un teléfono móvil Android para pruebas de implementación en un dispositivo real no virtualizado. Por tanto y a modo resumen tenemos:

Concepto	Coste	Coste amortizado
Ordenador	1.200€	400€
Periféricos	240€	80€
Teléfono móvil Android	300	100
Total	1.740€	580€

Tabla A.2: Costes de *hardware*

Asociado a estos costes también podremos asociar el **uso de Internet** necesario para poder desarrollar sin problemas buscando información o descargando paquetes necesarios del repositorio de Flutter. Un servicio básico de este tipo **puede costar 30-60 euros** dependiendo de la velocidad del mismo o de otros productos asociados al cliente.

Coste de software

El software utilizado para el proyecto es libre. Visual Studio Code como IDE de desarrollo único, libre y gratuito y Android Studio en su versión gratuita para poder instalar emuladores de dispositivos móviles. El paquete SDK de Flutter no supone tampoco ningún gasto por parte del desarrollador. Como sistema operativo se sugiere Ubuntu 22.04 LTS ya que tiene soporte a largo plazo, se trata de un entorno estable, confiable y se trata de una versión de código abierto. La herramienta y extensión de Visual Studio Code copilot aunque útil no es imprescindible pudiendo usar . El resto de software para prototipado como Langflow o LMStudio son también gratuitos.

Coste de los Servicios Google

Durante el desarrollo de la aplicación la empresa incurrirá en gastos por uso de estos servicios. Una forma de pago tiene que estar asociada al proyecto y sobre el mismo se podrán asociar todas las APIs y servicios asociados al mismo: Firebase, Google Directions, Google Maps, Generative AI tienen gastos asociados. Sin embargo, el desarrollador tendrá un período de prueba de 3 meses donde no se cargará ningún gasto siempre que no supere los 300 euros.

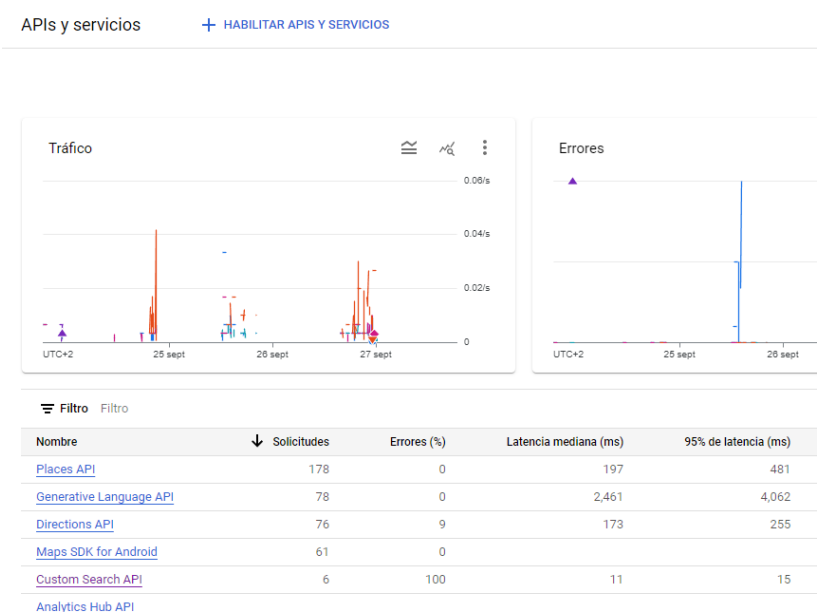


Figura A.14: Tráfico de peticiones durante el desarrollo de *Eco City Tours*

Desde la experiencia durante el desarrollo las peticiones están lejos de incurrir en gastos. En el período de pruebas donde se realizaron las mayores peticiones a los servicios como se puede ver en la imagen A.14 el coste llegó a los 40 euros, muy lejos de los 300 que supondrían un gasto para el desarrollador.



Figura A.15: Interfaz de Facturación de Cloud Console.

Pasado el período de tres meses, la cantidad que supone un umbral de coste se reduce a los 200 euros. En la imagen A.15 se puede ver como se inicia otro proceso de facturación diferente. Supondría por tanto algo a tener en cuenta si se despliega la aplicación en versiones tempranas en el repositorio de aplicaciones de Android puesto que las peticiones no serían solo de una persona, en este caso el desarrollador sino del público en general. La misma consideración habría que hacer si durante el desarrollo se cede el proceso de pruebas a varias personas que puedan hacer la función de beta-testers disparando el consumo de peticiones y por tanto el gasto. Para el caso de Eco City Tours se supone que el desarrollo y el mayor volumen de peticiones se concentran en los tres primeros meses donde el umbral de gasto es más alto, las pruebas las realiza el propio desarrollador que tendrá acceso al panel de Google Cloud para controlar los posibles gastos y la publicación de la aplicación será en un momento en el que el propio beneficio generado contrareste los gastos en los que se pueda incurrir.

Conclusiones

El desarrollo de la aplicación se estima en 4 meses por el equipo autogestionado por un solo desarrollador. No se tienen en cuenta alquileres de oficinas o co-working ya que se plantea la posibilidad de teletrabajar, pudiendo trabajar de manera deslocalizada ahorrando así costes. Teniendo en cuenta lo anteriormente citado obtenemos la siguiente tabla resumen:

Concepto	Coste
Mano de obra	8.000€
Hardware	580€
Internet	135€
Software	0€
Servicios Google	0€
Total	8.715 €

Tabla A.3: Costes totales de Eco City Tours

Una vez analizado los costes devengados de la creación de la aplicación el beneficio de su explotación debe ser mayor al gasto ocasionado por su creación. Además, una vez publicada la aplicación en la *Play Store* el beneficio obtenido por su explotación debe compensar el tiempo requerido por el personal en horas de mantenimiento de los posibles problemas que pueda experimentar como por ejemplo problemas por actualización de los componentes claves como modelos LLM, que puedan quedar obsoletos. El beneficio de la aplicación puede provenir de varias fuentes en función del modelo de explotación que se eligiese:

- Ingresos por descarga: si la aplicación tiene un precio por descarga los ingresos serían el dinero obtenido menos una comisión por cada venta cobrada por Google de un 15 %. [3]. Un precio de lanzamiento razonable podría ser no superior a los 4 euros, donde se obtendría aproximadamente 3,40 euros como beneficio. Tras un periodo de prueba en función de las descargas, el precio por la misma se podría ajustar.
- Publicidad: empresas o entidades colaboradoras podrían financiar el desarrollo con publicidad siempre que ésta no suponga una pérdida de independencia en los resultados de los modelos, fomente el turismo ecológico y no sea invasiva ni perjudique la experiencia de usuario.

Viabilidad legal

Al utilizar los servicios ofrecidos por Google, la compañía se convierte en un socio en el que se delegan muchas de las responsabilidades legales, técnicas y de cumplimiento normativo. Esto simplifica la implementación de Eco City Tours, a la vez que se adquieren ciertos compromisos con el gigante tecnológico.

Licencias de uso de las APIs de Google

Cada API tiene sus propios términos de uso [2] y se tiene que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Uso permitido:** Las APIs deben ser utilizadas únicamente para finalidades relacionadas con el proyecto.
- **Prohibiciones:** Se prohíbe el *scraping*, almacenamiento de datos más allá de los límites permitidos o redistribución no autorizada.

Restricciones específicas:

- *Generative AI:* Regulada por políticas relacionadas con el uso de datos generados, especialmente en contextos comerciales.
- *Places API y Directions API:* Restringen el almacenamiento y redistribución de los datos obtenidos.
- *Maps SDK for Android:* Requiere incluir el logotipo de Google y atribuciones visibles en la interfaz.

Los servicios de Google tienen modelos de precios basados en uso para lo que es legalmente **obligatorio registrar un método de pago válido** en tu cuenta de Google Cloud para garantizar la continuidad del servicio.

Privacidad de datos

El cumplimiento de normativas sobre protección de datos es fundamental:

- **GDPR:** Si se cumplen algunos de los trabajos futuros de la aplicación, ésta recogería datos del usuario, si es un ciudadano europeo debe:
 - Firmar un *Acuerdo de Procesamiento de Datos* (DPA) con Google.
 - La aplicación debe mostrar cómo se manejan los datos obtenidos.

Se debe informar a los usuarios que los datos están sujetos a las Políticas de privacidad de Google.

Restricciones geográficas

Algunas APIs tienen restricciones en determinados países debido a leyes locales o sanciones internacionales.

Propiedad intelectual

Los datos obtenidos a través de las APIs de Google (como mapas y lugares) son propiedad intelectual de Google.

■ Prohibiciones:

- No se puede almacenar ni redistribuir datos más allá de los límites permitidos.
- No se puede usar los datos para minería o análisis masivo sin autorización.

Cumplimiento con normas de publicación

Para poder publicar la aplicación en el repositorio de aplicaciones Android hay que especificar claramente la política de privacidad y detallar el uso de los servicios.

Checklist para viabilidad legal

1. Revisar términos de uso de cada API.
2. Registrar método de pago.
3. Cumplir con las normativas de privacidad (GDPR, CCPA).
4. Incluir atribuciones visibles en la interfaz de usuario.
5. Respetar las restricciones de almacenamiento y uso de datos.
6. Desarrollar y publicar una política de privacidad clara para los usuarios.

Respetando con un uso ético de la aplicación y cumpliendo con estos requisitos la viabilidad legal de Eco City Tours estaría cumplida y no supondría un impedimento para su ejecución.

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, facilitando el mantenimiento para el desarrollador. Además, **el uso de SonarCloud** ayuda a asegurar la calidad del código mediante el análisis continuo, lo que permite identificar y corregir errores potenciales y optimizar el código, favoreciendo así la mantenibilidad a largo plazo.
- **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

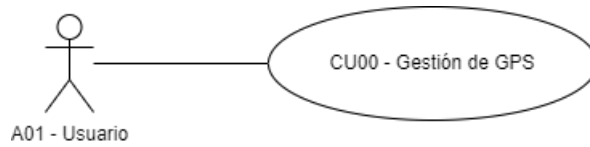


Figura B.1: Diagrama de caso de uso CU00 - Configuración GPS

Este caso de uso es fundamental, ya que sin el permiso de GPS o la activación del sensor, el resto de funcionalidades de la aplicación no pueden ejecutarse. Para mayor claridad y facilitar la lectura de los diagramas restantes, se presenta por separado, destacando su papel como requisito previo para las demás operaciones.

CU00	Configuración GPS
Versión	1.0
Actor	Usuario, Sistema
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	Configura la aplicación para tener acceso a la ubicación mediante GPS.
Precondición	La aplicación está instalada y abierta por primera vez o tras haber revocado permisos anteriormente.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación solicita permiso para el uso del GPS. 2. El usuario concede el permiso. 3. La aplicación detecta si el GPS está activado. 4. Si el GPS no está activado, solicita al usuario activarlo.
Postcondición	La aplicación tiene acceso a la ubicación en tiempo real.
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ El usuario no concede el permiso de GPS. ■ El usuario no activa el GPS cuando se le solicita.
Importancia	Alta

Tabla B.1: CU00 Configuración GPS

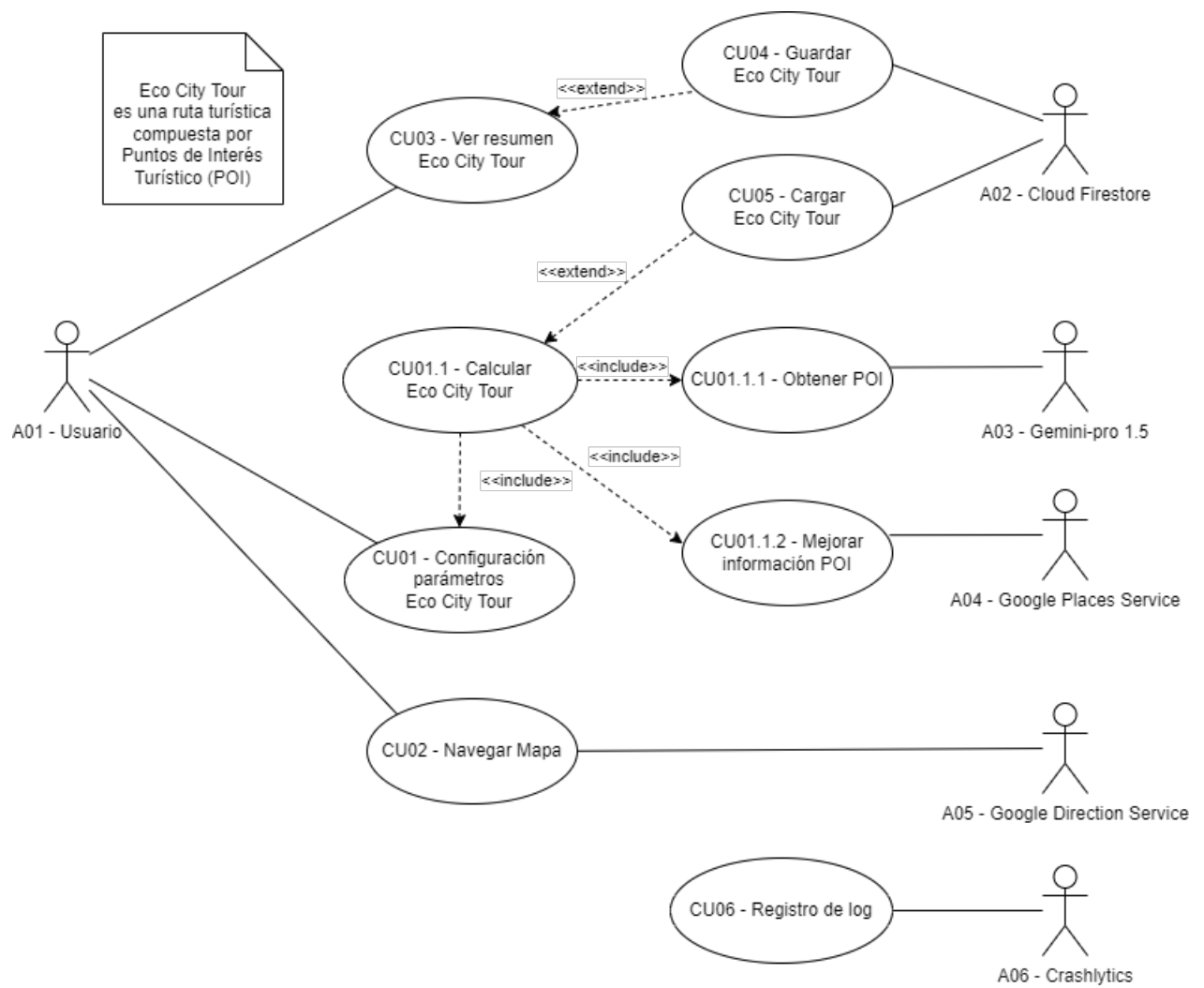


Figura B.2: Diagrama de casos de uso general de Eco City Tours

CU01	Configuración parámetros Eco City Tour
Versión	1.0
Actor	A01
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	Configurar los parámetros necesarios para generar un Eco City Tour personalizado según las preferencias del usuario.
Precondición	El usuario accede a la pantalla de configuración.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario completa el formulario de preferencias, incluyendo el lugar, número de POIs, medio de transporte y tiempo máximo.
Postcondición	Los parámetros quedan configurados y listos para generar la ruta.
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ El usuario no completa el formulario de configuración. ■ Error en la carga de los datos de configuración.
Importancia	Alta

Tabla B.2: CU01 Configuración parámetros Eco City Tour

CU01.1	Calcular Eco City Tour
Versión	1.0
Actor	A03, A04, A05
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	Generar una ruta optimizada conectando los puntos de interés seleccionados en función de las preferencias del usuario.
Precondición	Los parámetros han sido configurados correctamente.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario confirma la configuración de preferencias. 2. El sistema consulta un LLM para obtener PDI basados en las preferencias del usuario. 3. El sistema envía los PDI a Google Places para obtener información mejorada. 4. El sistema consulta un servicio de optimización de rutas para generar la ruta optimizada.
Postcondición	La ruta optimizada es calculada y lista para ser visualizada.
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fallo en la conexión con el LLM. ■ Error en el servicio de optimización de rutas.
Importancia	Alta

Tabla B.3: CU01.1 Calcular Eco City Tour

CU02	Navegar Mapa
Versión	1.0
Autor	Fernando Pisot Serrano
Actor	A01
Descripción	El usuario puede desplazarse y explorar el mapa interactivo de la aplicación.
Precondición	El mapa está visible.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario explora el mapa desplazándose y haciendo zoom.
Postcondición	El usuario navega por el mapa para observar los POI y la ruta.
Importancia	Media

Tabla B.4: CU02 Navegar Mapa

CU03	Ver resumen Eco City Tour
Versión	1.0
Actor	A01
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	Muestra un resumen de la ruta generada, incluyendo la distancia, duración y medio de transporte.
Precondición	La ruta ha sido generada.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario accede a la pantalla de resumen. 2. La aplicación muestra los detalles de la ruta, incluyendo distancia total, tiempo estimado y transporte elegido.
Postcondición	El resumen es visible para el usuario.
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ Error en la carga de los datos de la ruta.
Importancia	Baja

Tabla B.5: CU03 Ver resumen Eco City Tour

CU04	Guardar Eco City Tour
Versión	1.0
Actor	A01, A02
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	Permite al usuario guardar la ruta generada para acceder a ella en el futuro.
Precondición	La ruta ha sido generada.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción de guardar la ruta.
Postcondición	La ruta queda guardada en el sistema.
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ Error en el guardado de la ruta. ■ Problemas de conexión con la base de datos.
Importancia	Media

Tabla B.6: CU04 Guardar Eco City Tour

CU05	Cargar Eco City Tour
Versión	1.0
Actor	A01, A02
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	Permite al usuario cargar una ruta guardada previamente.
Precondición	El usuario ha guardado al menos una ruta.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción de cargar una ruta guardada. 2. El usuario selecciona un Eco City Tour guardado previamente que será cargado.
Postcondición	La ruta es cargada y visible en el mapa.
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ Error en la carga de la ruta guardada. ■ Problemas de conexión con la base de datos.
Importancia	Media

Tabla B.7: CU05 Cargar Eco City Tour

CU06	Registro de log
Versión	1.0
Actor	A06
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	Registra los eventos y actividades del usuario en la aplicación para fines de monitorización y depuración.
Precondición	La aplicación está en funcionamiento.
Acciones	<ol style="list-style-type: none">1. La aplicación registra automáticamente los eventos relevantes.
Postcondición	Los eventos quedan registrados en el sistema.
Excepciones	<ul style="list-style-type: none">■ Error en la conexión con el sistema de registros.■ Fallo en la escritura de los eventos en el log.
Importancia	Baja

Tabla B.8: CU06 Registro de log

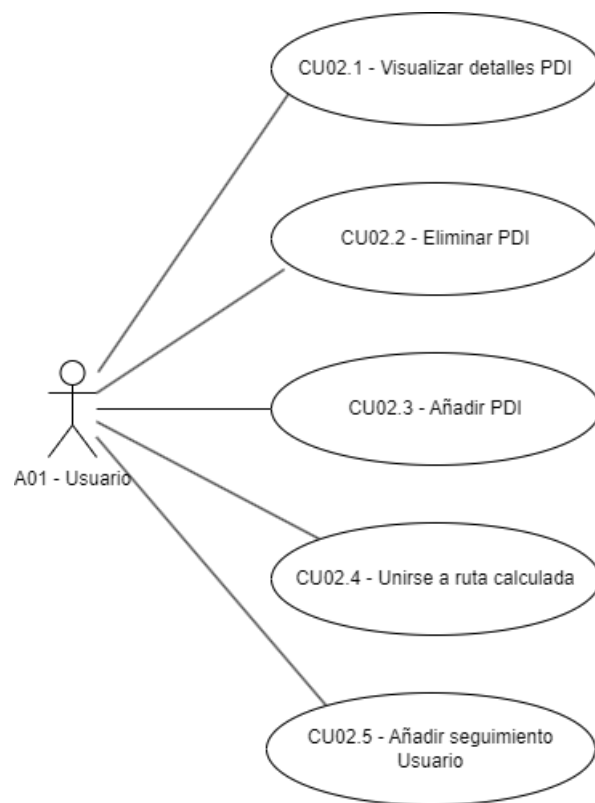


Figura B.3: Diagrama de caso de uso CU02 - Navegar Mapa

CU02.1	Visualizar detalles de puntos de interés (PDI)
Versión	1.0
Actor	A01
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	El usuario puede obtener información detallada sobre un punto de interés seleccionado en el mapa.
Precondición	La ruta 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.
Postcondición	La información detallada del punto de interés es visible para el usuario.
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fallo en la carga de información del PDI debido a problemas de conectividad. ■ Error en el servicio externo de obtención de información.
Importancia	Alta

Tabla B.9: CU02.1 Visualizar detalles de puntos de interés (PDI)

CU02.2	Eliminar puntos de interés (PDI)
Versión	1.0
Actor	A01, A05
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	El usuario puede eliminar puntos de interés de la ruta desde el mapa.
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 punto de interés en el mapa. 2. El sistema elimina el punto de interés de la ruta. 3. El sistema recalcula la ruta optimizada sin el punto eliminado.
Postcondición	La ruta es recalculada sin el punto de interés eliminado.
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ Error en el recálculo de la ruta. ■ Problemas de conectividad al intentar actualizar la ruta.
Importancia	Media

Tabla B.10: CU02.2 Eliminar puntos de interés (PDI)

CU02.3	Añadir puntos de interés (PDI)
Versión	1.0
Actor	A01
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	El usuario puede añadir manualmente un nuevo PDI a la ruta introduciendo su nombre en la barra de búsqueda.
Precondición	La ruta ha 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 muestra el resultado de la búsqueda y el usuario lo selecciona para añadirlo. 3. El sistema recalcula la ruta optimizada incluyendo el nuevo <i>Punto de Interés</i>.
Postcondición	El nuevo lugar es añadido a la ruta, y la ruta optimizada es recalculada.
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ El lugar no se encuentra en el servicio de búsqueda. ■ Fallo en el recalcule de la ruta.
Importancia	Baja

Tabla B.11: CU02.3 Añadir puntos de interés (PDI)

CU02.4	Unirse a la ruta calculada
Versión	1.0
Actor	A01
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	Permite al usuario unirse a una ruta previamente generada desde su ubicación actual.
Precondición	Una ruta ya ha sido generada y está activa.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción para unirse a la ruta 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	<ul style="list-style-type: none"> ■ Error en el cálculo de la ruta de conexión. ■ Problemas de conexión con el servicio de optimización de rutas.
Importancia	Media

Tabla B.12: CU02.4 Unirse a la ruta calculada

CU02.5	Añadir seguimiento del usuario
Versión	1.0
Actor	A01
Autor	Fernando Pisot Serrano
Descripción	Permite al usuario activar o desactivar el seguimiento de su posición en tiempo real en el mapa.
Precondición	La aplicación tiene acceso a la ubicación del usuario.
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	<ul style="list-style-type: none"> ■ Problemas de conexión con el GPS. ■ Pérdida de señal GPS.
Importancia	Baja

Tabla B.13: CU02.5 Añadir seguimiento del usuario

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

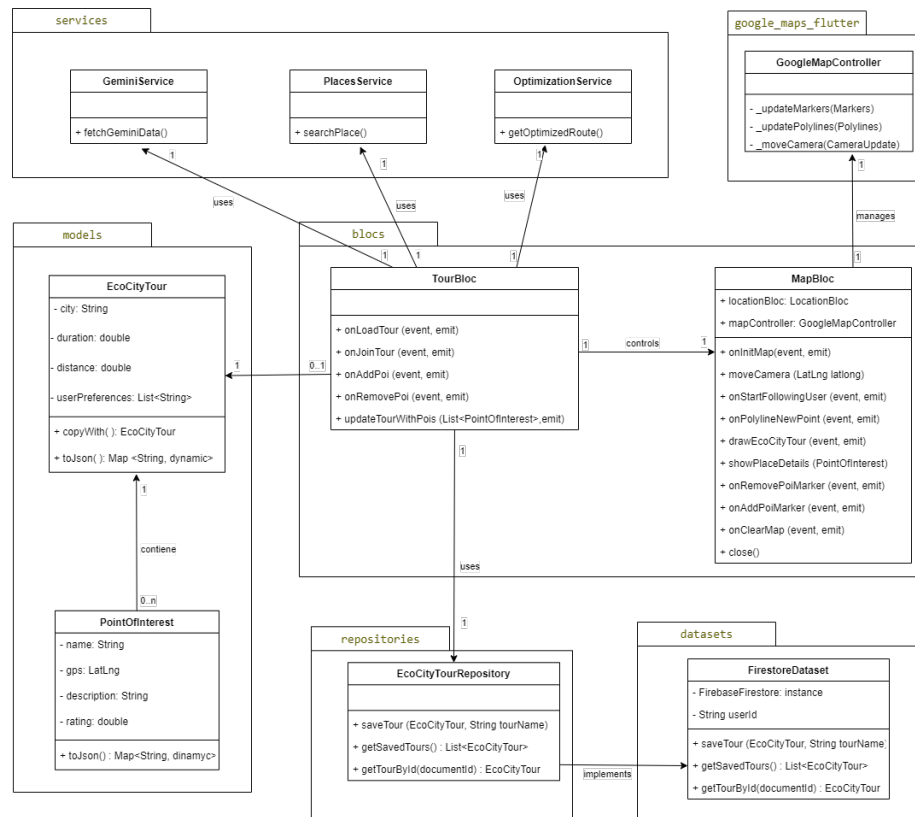


Figura C.1: Diagrama de clases de la aplicación

C.3. Diseño procedimental

C.4. Diseño arquitectónico

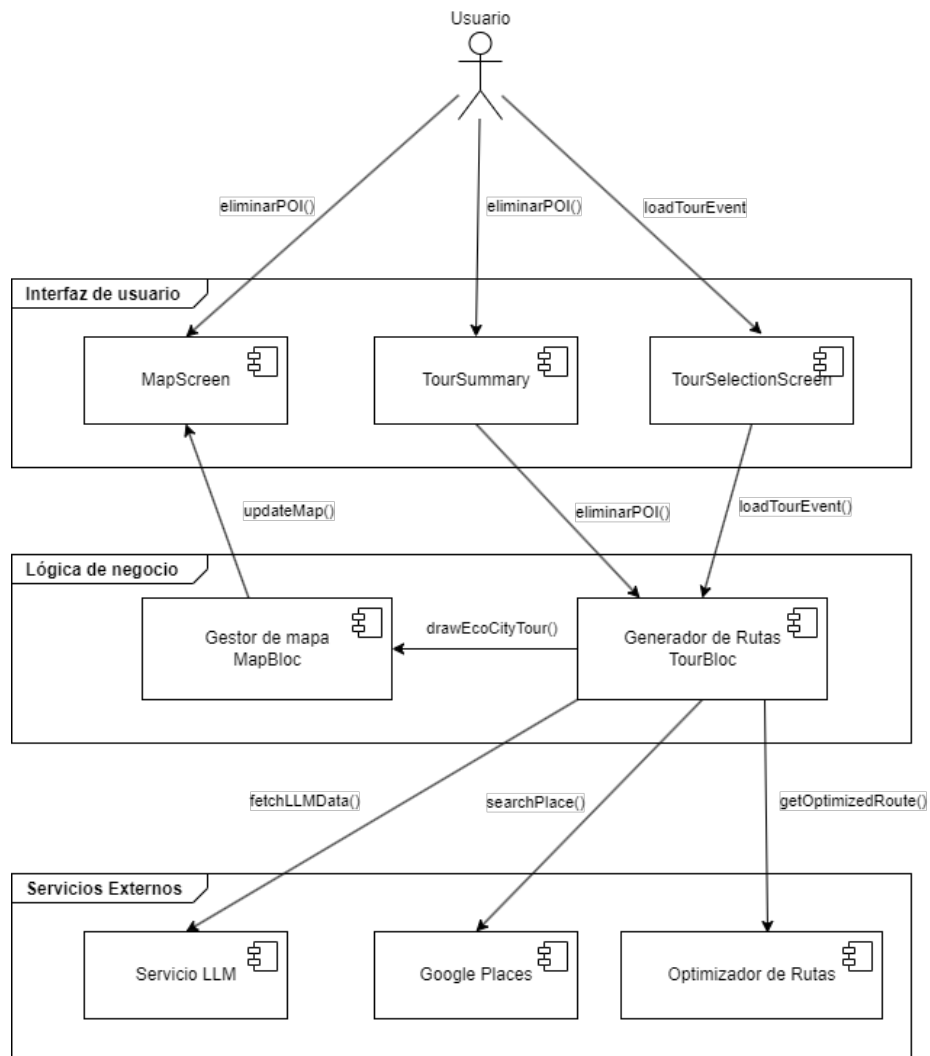


Figura C.2: Diagrama de componentes de la aplicación

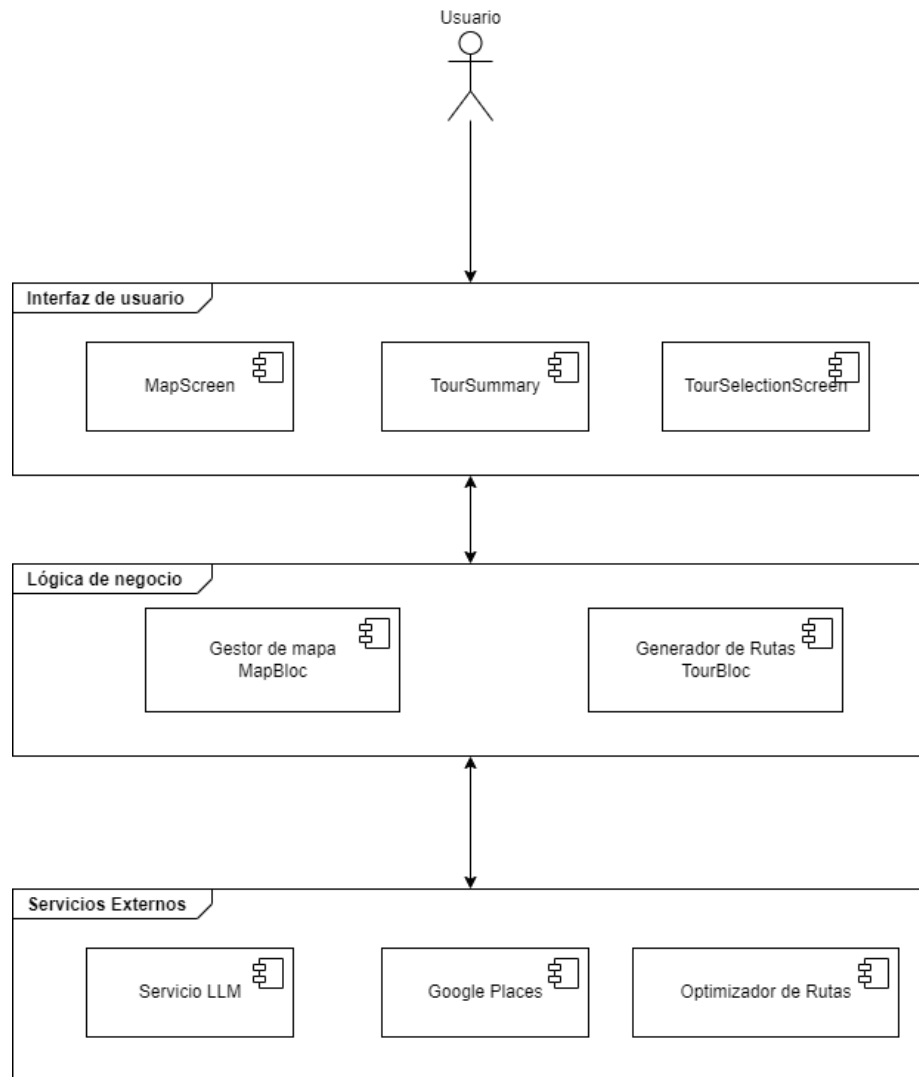


Figura C.3: Diagrama de componentes a nivel de paquetes de la aplicación

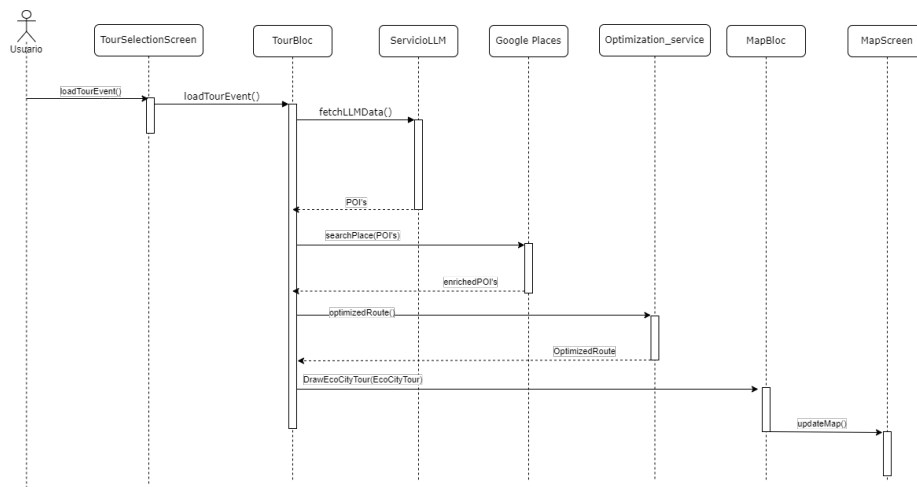


Figura C.4: Diagrama de secuencia - Generación de Eco City Tour

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/`: dos prototipos de uso de modelos LLM con ejemplos de prompting y técnicas RAG, tanto en un cuaderno Python como en LangFlow.
- `/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 [4], 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] BOE. Xviii convenio colectivo estatal de empresas de consultoría, tecnologías de la información y estudios de mercado y de la opinión pública, 2023. [Internet; consultado 15-noviembre-2024].
- [2] Google Cloud. Google cloud terms of service, 2024. [Internet; consultado 15-noviembre-2024].
- [3] Google Play Console. Comisiones de la play store para transacciones y compras, 2024. [Internet; consultado 15-noviembre-2024].
- [4] Urtzi Markiegi, Iñigo Aldalur, and Alain Perez. Integrando los ODS en el grado de Ingeniería Informática. 8.