



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería
Informática**

AI-Music



Presentado por José Ángel López Estrada
en Universidad de Burgos — 27 de junio
de 2023

Tutores: César Ignacio García Osorio, Alicia
Olivares Gil

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	1
A.3. Estudio de viabilidad	2
Apéndice B Especificación de Requisitos	7
B.1. Introducción	7
B.2. Objetivos generales	7
B.3. Catalogo de requisitos	7
B.4. Especificación de requisitos	9
Apéndice C Especificación de diseño	17
C.1. Introducción	17
C.2. Diseño de datos	17
C.3. Diseño procedimental	18
C.4. Diseño arquitectónico	20
Apéndice D Documentación técnica de programación	23
D.1. Introducción	23
D.2. Estructura de directorios	23
D.3. Manual del programador	24

D.4. Compilación, instalación y ejecución del proyecto	25
D.5. Pruebas del sistema	25
Apéndice E Documentación de usuario	27
E.1. Introducción	27
E.2. Requisitos de usuarios	27
E.3. Instalación	28
E.4. Manual del usuario	28

Índice de figuras

B.1. Diagrama general de casos de uso.	9
--	---

Índice de tablas

A.1. Costes de hardware	3
A.2. Costes de software para el desarrollo del proyecto	4
A.3. Otros costes para el desarrollo del proyecto	4
A.4. Costes totales de desarrollo del proyecto	4
B.1. CU-1 Carga de la canción	10
B.2. CU-2 Extracción de características de audio	11
B.3. CU-3 Ejecución del modelo de machine learning	12
B.4. CU-4 Visualización de la predicción	13
B.5. CU-5 Reproducción de la canción	14
B.6. CU-6 Carga de una nueva canción	15
E.1. Requisitos para el Funcionamiento Local del Sistema	27

Apéndice A

Plan de Proyecto Software

A.1. Introducción

Este plan de proyecto de software se refiere al desarrollo de una aplicación que clasifica automáticamente los géneros musicales basándose en características de audio. Este proyecto ha sido concebido como un trabajo de fin de grado y ha implicado la implementación de técnicas de aprendizaje automático y procesamiento de señales de audio digitales para lograr el objetivo. La aplicación busca proporcionar una solución efectiva para clasificar pistas musicales de forma automática.

En este apéndice se describirá la planificación sobre la que se ha desarrollado el proyecto.

A.2. Planificación temporal

El desarrollo del proyecto se organizó siguiendo la metodología ágil de SCRUM, con iteraciones semanales o «sprints». Cada sprint implicó una serie de actividades que culminaron con una entrega incremental del proyecto.

Sprints totales: 14

Sprint 1 (08/03/2023 - 15/03/2023)

Sprint 2 (15/03/2023 - 22/03/2023)

Sprint 3 (22/03/2023 - 05/04/2023)

Sprint 4 (05/04/2023 - 12/04/2023)

Sprint 5 (12/04/2023 - 19/04/2023)

Sprint 6 (19/04/2023 - 26/04/2023)

Sprint 7 (26/04/2023 - 10/05/2023)

Sprint 8 (10/05/2023 - 17/05/2023)

Sprint 9 (17/05/2023 - 24/05/2023)

Sprint 10 (24/05/2023 - 02/06/2023)

Sprint 11 (02/06/2023 - 09/06/2023)

Sprint 12 (09/06/2023 - 16/06/2023)

Sprint 13 (16/06/2023 - 23/06/2023)

Sprint 14 (23/06/2023 - 30/06/2023)

A.3. Estudio de viabilidad

Viabilidad económica

La viabilidad económica de un proyecto de software se refiere a la capacidad para generar ingresos tanto para cubrir el desarrollo como para proporcionar una rentabilidad a medio y largo plazo. El presente proyecto no está planteado con un objetivo económico, por lo que esta sección se va a dedicar a explorar un posible plan de monetización de forma ficticia, explorando los costes totales de desarrollo de software y potenciales métodos de monetización.

Costes

Esta sección detalla los costes económicos a los que hay que hacer frente para diseñar, implementar y desplegar el software.

Costes de hardware

Los costes de hardware se refieren al gasto económico que se realiza para obtener los diferentes elementos hardware que se necesitan para poder llevar a cabo el desarrollo del proyecto. Los elementos hardware pueden ser ordenadores, periféricos o componentes internos por ejemplo. En este caso se ha planteado la compra de un ordenador portátil de unos 1000€. Esta decisión se toma teniendo en cuenta los siguientes factores:

- **Rendimiento:** Este proyecto requiere un uso de algoritmos de aprendizaje automático y procesamiento de datos, por lo que se demanda una cierta capacidad de computación. Un equipo dentro del rango de precio planteado viene equipado con un procesador potente, como un Intel Core i7 (12th o 13th Gen) o un AMD Ryzen 7 (6th Gen). Además suelen incluir una tarjeta gráfica dedicada, como una NVIDIA RTX 3060 con 6 GB de VRam, con la ventaja en rendimiento que esto conlleva en el uso de bibliotecas de *Deep Learning* como TensorFlow.
- **Durabilidad:** Los ordenadores de este rango de precio suelen contar con componentes de mayor calidad asegurando una mayor vida útil. La durabilidad es importante en proyectos como este ya que un fallo de hardware podría tener un impacto significativo en la productividad.
- **Soporte:** Los fabricantes proporcionan un soporte de mayor calidad en ordenadores situados en este rango de precio. Este soporte puede incluir mejores condiciones de garantía o actualizaciones más duraderas en partes vitales del sistema como la BIOS.

Concepto	Coste
Ordenador portátil	1000€
Total	1000€

Tabla A.1: Costes de hardware

Costes de software

Los costes de software se refieren al gasto económico que se realiza en la adquisición de las distintas licencias de software que son necesarias para la realización del proyecto.

- **Sistema Operativo:** Se ha elegido el sistema operativo Windows 11 Home como base para realizar el desarrollo del proyecto. Se podrían

plantear alternativas gratuitas como alguna distribución de Linux pero por sencillez y extensión de uso se ha elegido Windows.

- **Servicios en la nube:** Durante las etapas intensivas de entrenamiento de modelos y almacenamiento de datos, podría llegar a ser necesario el uso de servicios de computación en la nube como AWS o Microsoft Azure. El coste puede variar según el uso necesario. En este caso ficticio se estima que el gasto será de 100€.

Concepto	Coste
Windows 11 Home	145€
Computación en la nube	100€
Total	245€

Tabla A.2: Costes de software para el desarrollo del proyecto

Otros costes

Concepto	Coste
Electricidad (mensual)	50€
Internet (mensual)	35€
Espacio de trabajo (mensual)	350€
Total (mensual)	435€
Total (6 meses)	2610€

Tabla A.3: Otros costes para el desarrollo del proyecto

Costes totales

Teniendo en cuenta una duración de desarrollo de proyecto de 6 meses, el coste total ha sido:

Concepto	Coste
Costes de hardware	50€
Costes de software	35€
Otros costes	2610€
Total	2695€

Tabla A.4: Costes totales de desarrollo del proyecto

Ingresos

La idea del proyecto es generar ingresos hasta el punto de rentabilizar el gasto de desarrollo como mínimo. Existen diversas formas en las que la aplicación podría generar ingresos como por ejemplo:

- **Sistema de suscripción:** Se puede ofrecer la aplicación con distintas características según el *tier* o el tipo de suscripción. Podrían existir tres *tier*:
 - **Suscripción gratuita:** límite 5 canciones/diarias
 - **Suscripción silver 5€/mes:** canciones ilimitadas.
 - **Suscripción gold 15€/mes:** canciones ilimitadas y análisis con más detalle.
- **Publicidad:** Se puede monetizar el servicio a través de anuncios. Los usuarios que usen la versión gratuita de la aplicación verán anuncios en distintas partes de la interfaz, mientras que si pagan una mensualidad (5€/mes) tiene la opción de eliminar anuncios.
- **Integraciones de API:** Se puede ofrecer un servicio de ofrecer la API a aplicaciones de terceros para utilizar la aplicación. Esta API puede ser gratuita, con limitaciones en el número de canciones a predecir, o de pago, con un menor número de limitaciones.

Viabilidad legal

La viabilidad económica del proyecto se refiere al cumplimiento de diversas leyes y obligaciones a la hora de desarrollar el software.

Derechos de autor

El tema de los derechos de autor en el mundo de la música es un tema complicado. Los derechos de autor de la música son un área legal compleja que envuelve partes como artistas, productores y discografías. Este proyecto va a utilizar un conjunto de datos musicales libres de derechos de autor lo que facilita el trabajo eliminando esta parte del proceso de desarrollo.

A la hora de la subida de archivos musicales para su clasificación existe un problema, el usuario final puede subir cualquier fichero de audio tenga derechos de autor o no. Por lo tanto el procedimiento a realizar será la eliminación de cualquier fichero musical de la aplicación tras realizar el proceso de predicción.

Licencias de software

Según el software utilizado se tienen en cuenta las siguientes licencias.

INSERTAR TABLA CON LICENCIAS DE CADA PARTE DEL SOFTWARE.

La licencia utilizada se corresponde con la licencia más general que sea compatible con el resto.

Apéndice B

Especificación de Requisitos

B.1. Introducción

Esta sección describe la especificación de requisitos para el proyecto. Se proporciona información detallada sobre los requisitos funcionales (RF) y requisitos no funcionales (RNF) así como el detalle de los casos de uso (CU).

B.2. Objetivos generales

- Desarrollar un sistema de reconocimiento de estilos musicales utilizando inteligencia artificial.
- Diseñar e implementar una aplicación web que permita usar el modelo de una forma sencilla.
- Obtener conclusiones y conocimiento a partir de los datos.

B.3. Catalogo de requisitos

Requisitos funcionales

Un requisito funcional es una especificación que describe lo que un sistema debe hacer o cómo debe comportarse. Los requisitos funcionales pueden incluir detalles como cálculos, manipulación de datos, interacción con el usuario, etc. A continuación se listan los requisitos funcionales extraídos para este proyecto:

- **RF-1 Predicción de estilo musical:** la aplicación debe ser capaz de predecir el estilo musical de una canción.
 - **RF-1.1 Extracción de características de audio:** la aplicación debe ser capaz de extraer características relevantes de la canción que se utilizarán para predecir el estilo musical.
 - **RF-1.2 Implementar un modelo de machine learning para realizar la predicción:** la aplicación debe implementar un modelo de machine learning que se entrenará con las características de un conjunto de datos musical.
- **RF-2 Presentación de la información:** la aplicación debe mostrar información relevante sobre la predicción realizada.
 - **RF-2.1 Detalles de la predicción:** la aplicación debe ser capaz de mostrar datos sobre los detalles de la predicción como la confianza (probabilidad) o posibles géneros musicales alternativos.
 - **RF-2.2 Información de la canción:** la aplicación debe mostrar información relevante sobre la pista de audio o canción utilizada como la duración, formato o frecuencia de muestreo.
- **RF-3 Implementación de una interfaz de usuario:** la aplicación debe contener una interfaz de usuario para facilitar su uso.
 - **RF-3.1 Funcionalidad de carga de archivos:** la interfaz de usuario debe incluir una función de carga de archivos que permita seleccionar y cargar una canción para realizar la predicción.
 - **RF-3.2 Representación de los resultados:** la interfaz de usuario debe incluir sección donde se presenten de forma clara los resultados de la predicción.

Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales se centran en las características del sistema que no están directamente relacionadas con su comportamiento, por ejemplo rendimiento o seguridad. A continuación se listan los requisitos no funcionales extraídos para este proyecto:

- **RNF-1 Rendimiento:** la aplicación debe ser capaz de procesar y analizar una canción y devolver los resultados dentro de un tiempo razonable, idealmente unos pocos segundos.
- **RNF-2 Seguridad:** la aplicación debe cumplir con protocolos de seguridad como cifrado de comunicaciones o la eliminación de la canción después de su procesamiento.

- **RNF-3 Compatibilidad:** la aplicación debe ser compatible con diversos navegadores y sistemas operativos.
- **RNF-4 Usabilidad:** la aplicación debe ser fácil de usar para el usuario. El usuario debería ser capaz de realizar el proceso de subida de archivos y comprobar la predicción y resultados de una forma sencilla.
- **RNF-5 Portabilidad:** la aplicación debe ser compatible con diversos dispositivos como PCs, tablets o dispositivos móviles.

B.4. Especificación de requisitos

Los casos de uso son descripciones detalladas del funcionamiento de una parte del sistema desde la perspectiva del usuario.

En esta sección se mostrará el diagrama general de casos de uso y se explicará en detalle cada uno de ellos.

Diagrama general de casos de uso

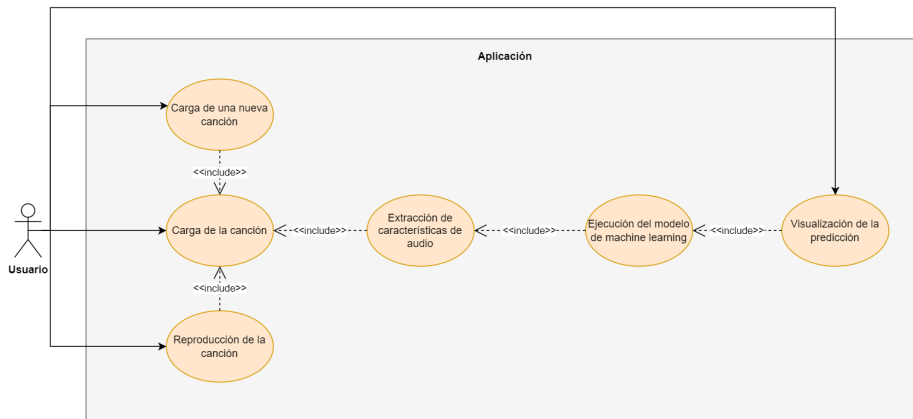


Figura B.1: Diagrama general de casos de uso.

Casos de uso

A continuación se exponen las especificaciones de los casos de uso que forman la aplicación.

CU-1	Carga de la canción
Versión	1.0
Autor	José Ángel López
Requisitos asociados	RF-1.1, RF-3.1
Descripción	El usuario utiliza la función de carga de archivo para seleccionar y cargar una canción en la aplicación.
Precondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación se encuentra en funcionamiento. 2. El usuario tiene acceso a los archivos de música que desea cargar.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción para cargar una canción pulsando el botón <i>Upload File</i>. 2. El usuario busca y selecciona la canción que desea cargar desde su almacenamiento local. 3. La canción se carga en la aplicación.
Postcondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. La canción se encuentra cargada en la aplicación. 2. La aplicación está lista para extraer características y realizar el proceso de predicción de la canción cargada.
Excepciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El archivo cargado no es un fichero de audio. 2. La canción tiene un formato incompatible.
Importancia	Alta

Tabla B.1: CU-1 Carga de la canción

CU-2	Extracción de características de audio.
Versión	1.0
Autor	José Ángel López
Requisitos asociados	RF-1.1
Descripción	La aplicación extrae las características relevantes del audio para su posterior análisis.
Precondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. La canción se ha cargado correctamente en la aplicación.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación inicia el proceso de extracción de características del archivo de audio cargado.
Postcondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las características relevantes de la canción se han extraído correctamente. 2. La aplicación está lista para utilizar las características extraídas para realizar la predicción del estilo musical.
Excepciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ocurrió un error durante la extracción de las características del audio.
Importancia	Alta

Tabla B.2: CU-2 Extracción de características de audio

CU-3	Ejecución del modelo de machine learning
Versión	1.0
Autor	José Ángel López
Requisitos asociados	RF-1.2
Descripción	La aplicación ejecuta el modelo de machine learning para realizar la predicción del estilo musical según las características extraídas.
Precondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las características de audio de la canción se han extraído correctamente. 2. Las características de audio de la canción son suficientes para realizar el proceso de predicción.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El modelo procesa las características extraídas de la canción. 2. Se obtiene el resultado de la predicción, el cual consiste en un vector de probabilidades entre diferentes estilos musicales.
Postcondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación ha generado una predicción sobre el estilo musical de la canción. 2. La aplicación está lista para mostrar los detalles de la predicción al usuario.
Excepciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El modelo no puede procesar las características extraídas.
Importancia	Alta

Tabla B.3: CU-3 Ejecución del modelo de machine learning

CU-4	Visualización de la predicción
Versión	1.0
Autor	José Ángel López
Requisitos asociados	RF-2.1, RF-2.2
Descripción	Tras la ejecución del modelo de machine learning, la aplicación muestra la predicción del estilo musical al usuario.
Precondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación ha generado una predicción.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación muestra la predicción del estilo musical en la interfaz. 2. El usuario puede cambiar entre distintas visualizaciones de forma dinámica. 3. El usuario visualiza la predicción.
Postcondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario ha obtenido la predicción del estilo musical de la canción.
Excepciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se produce un error al intentar mostrar la predicción.
Importancia	Alta

Tabla B.4: CU-4 Visualización de la predicción

CU-5	Reproducción de la canción
Versión	1.0
Autor	José Ángel López
Requisitos asociados	RF-1.2, RF-1.3
Descripción	La aplicación permite al usuario reproducir la canción cargada.
Precondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. La canción ha sido cargada correctamente en la aplicación.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción de reproducir la canción mediante el botón <i>play</i> del reproductor. 2. La aplicación reproduce la canción cargada.
Postcondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. La canción está siendo reproducida en la aplicación.
Excepciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se produce un error en la reproducción de la canción.
Importancia	Media

Tabla B.5: CU-5 Reproducción de la canción

CU-6	Carga de una nueva canción
Versión	1.0
Autor	José Ángel López
Requisitos asociados	RF-1.1, RF-1.3
Descripción	El usuario puede cargar una nueva canción sin tener que cerrar o reiniciar la aplicación.
Precondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación ha realizado la predicción de una canción.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario hace selecciona el nombre de la aplicación, en la zona superior izquierda de la pantalla, para volver a la página inicial. 2. El usuario pulsa el botón <i>Upload File</i>. 3. El usuario busca y selecciona la nueva canción que desea cargar desde su almacenamiento.
Postcondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. La nueva canción se carga en la aplicación.
Excepciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El archivo cargado no es un fichero de audio. 2. La canción tiene un formato incompatible.
Importancia	Alta

Tabla B.6: CU-6 Carga de una nueva canción

Apéndice C

Especificación de diseño

C.1. Introducción

En esta sección se define cómo se han implementado las especificaciones técnicas vistas en el apéndice B. En concreto cómo se han implementado las especificaciones técnicas y cómo se han estructurado los datos y los procedimientos. También se describirá la arquitectura general del sistema.

C.2. Diseño de datos

La aplicación maneja varios tipos de datos, que se describen a continuación:

- **Archivos CSV:** Los archivos CSV son utilizados para almacenar información sobre los metadatos de los archivos de audio. En concreto, se trabaja con el fichero `tracks.csv` que contiene una gran cantidad de información sobre cada pista de audio y con el fichero `raw_genres.csv` que contiene información sobre cada género musical. Estos ficheros se procesan para generar el archivo `track_genres.csv`, que contiene el identificador de la pista de audio y sus géneros, y es más sencillo para su uso a la hora de introducir las características y entrenar el modelo.
- **Archivos de audio:** Los archivos de audio, en formato .mp3, son los datos de entrada principales en la aplicación. Estos son analizados y procesados para extraer las características necesarias para su predicción.
- **Archivos pickle:** Se ha optado por el uso de este tipo de ficheros para almacenar el conjunto de datos de entrenamiento procesado,

`track_genres_mfcc.pkl`, debido a que mantiene mejor la información de las características que un fichero CSV tradicional. Este fichero se utiliza para entrenar el modelo de aprendizaje automático.

INSERTAR DIAGRAMA DE CLASES, RELACIONES, E/R, ETC.

C.3. Diseño procedimental

Procedimiento de funcionamiento básico

El diseño procedimental de la aplicación sigue un flujo de trabajo definido de la siguiente forma:

1. **Carga de datos:** El usuario carga un fichero de audio que se desea clasificar.
2. **Procesamiento de audio:** La aplicación procesa el audio extrayendo características necesarias para su clasificación.
3. **Clasificación de audio:** El modelo de aprendizaje automático realiza la predicción del género musical del fichero de audio.
4. **Visualización del resultado:** La aplicación devuelve el resultado de la clasificación al usuario.

INSERTAR DIAGRAMA DE SECUENCIA.

Procedimiento de extracción de características de audio de un fichero

1. **Carga de datos:** El archivo de audio es cargado por la aplicación.
2. **Procesamiento de audio:** Se realiza un procesado del archivo recorriendo su longitud.
3. **Extracción de características:** Mediante el uso de la biblioteca `librosa` se extraen las características MFCC del fichero de audio.
4. **Normalización de las características:** Las características extraídas se normalizan para que tengan el mismo peso en el entrenamiento o predicción.

INSERTAR DIAGRAMA DE SECUENCIA.

Procedimiento de extracción de características de audio para los ficheros de entrenamiento

1. **Carga de datos:** Se recorren de forma iterativa todos los ficheros de audio en la carpeta `/data/raw` y se realiza el proceso siguiente individualmente en cada fichero.
2. **Procesamiento de audio:** Se realiza un procesado de los archivos recortando su longitud.
3. **Extracción de características:** Mediante el uso de la biblioteca `librosa` se extraen las características MFCC de los ficheros de audio.
4. **Normalización de las características:** Las características extraídas se normalizan para que tengan el mismo peso en el entrenamiento o predicción.
5. **Salida en archivo:** Las características extraídas se guardan junto a sus géneros musicales en un archivo.

INSERTAR DIAGRAMA DE SECUENCIA.

Procedimiento de entrenamiento del modelo

1. **Carga de datos:** Los datos de entrenamiento (características MFCC y géneros musicales) son cargados en memoria.
2. **Partición de los datos:** Se divide el conjunto de datos en un conjunto de entrenamiento, test y validación.
3. **Creación del modelo:** Se crea una instancia de la red neuronal que se va a utilizar para realizar el entrenamiento.
4. **Compilación del modelo:** Se elige un optimizador, una función de pérdida y la métrica objetivo que se desea utilizar y se compila el modelo.
5. **Entrenamiento del modelo:** Se entrena y valida el modelo con los datos de entrenamiento y de validación.
6. **Guardado del modelo:** Una vez termina el proceso de entrenamiento se guarda el modelo en el sistema.

INSERTAR DIAGRAMA DE SECUENCIA.

Visualización de características

1. **Carga de datos:** El archivo de audio se carga en memoria.

2. **Extracción de características:** Mediante el uso de la biblioteca `librosa` se extraen las características principales del archivo de audio.
3. **Generación de gráficos:** Mediante el uso de la biblioteca de visualización `Matplotlib`, se generan gráficos que representan visualmente las características extraídas.
4. **Visualización de gráficos:** Los gráficos generados se envían al servidor web para que el usuario pueda visualizarlos.

INSERTAR DIAGRAMA DE SECUENCIA.

C.4. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico de la aplicación sigue un modelo de capas. El modelo de capas es una arquitectura de software en la que las responsabilidades del software se dividen en capas apiladas. Cada capa ofrece servicios a la capa superior y los recibe de la capa inferior.

Capa de presentación

La capa de presentación se ocupa de la interacción e interfaz de usuario. Utiliza la librería `Flask` para funcionar y permite a los usuarios cargar archivos musicales, iniciar el proceso de predicción y visualizar los resultados finales. Es en esta capa donde se renderizan los archivos HTML y donde se realiza el intercambio de mensajes mediante el protocolo HTTP. Esta capa está comunicada con la capa de lógica, que le devolverá la información para poder mostrar los resultados.

Capa de lógica

La capa de lógica o lógica de negocio es donde se produce el funcionamiento interno de la aplicación. El funcionamiento de la lógica de la aplicación funciona bajo el lenguaje de programación `Python` y varias librerías. En concreto se ejecutan las siguientes funcionalidades:

- **Extracción de características de audio**
- **Procesamiento de los datos de audio**
- **Entrenamiento del modelo**

Capa de acceso a datos

Esta capa se ocupa del almacenamiento y recuperación de datos. Los datos con los que trabaja esta capa son:

- Archivos de audio
- Archivos CSV
- Archivos pickle

Esta capa proporciona los datos necesarios a las capas superiores para poder funcionar.

INSERTAR DIAGRAMA DE CAPAS

Apéndice D

Documentación técnica de programación

D.1. Introducción

Este apéndice aborda la documentación técnica de programación de la aplicación. En las siguientes secciones se detallan diferentes detalles importantes para trabajar en el proyecto, como pueden ser:

1. Estructura de directorios.
2. Instalación del entorno de desarrollo.
3. Obtención del código fuente.
4. Ejecución de la aplicación.
5. Pruebas realizadas.

D.2. Estructura de directorios

La estructura de directorios de la aplicación es la siguiente:

- `/`: Directorio raíz del proyecto. Contiene el archivo `requirements.txt` con la información de las dependencias del proyecto, el archivo `README.md` con información relevante sobre el proyecto y el archivo `LICENSE` con la licencia del proyecto.
- `/app/`: Directorio con el código fuente de la aplicación. Además incluye en fichero `__init__.py` que lanza y define las rutas en la aplicación web utilizando `Flask`.

- `/app/models/`: Directorio donde se almacenan los modelos de machine learning entrenados que la aplicación utiliza para realizar las predicciones de los estilos musicales.
- `/app/src/`: Directorio donde se encuentra el código fuente Python. Aquí es donde se realiza todo el procesamiento interno de la aplicación.
- `/app/static/`: Directorio donde se almacenan los archivos estáticos utilizados en la interfaz web de la aplicación. Por ejemplo, archivos CSS, pistas de audio subidas o scripts de JavaScript.
- `/app/templates/`: Directorio donde se almacenan los archivos HTML que la aplicación utiliza para generar las páginas web.
- `/app/tests/`: Directorio donde se almacenan los tests unitarios y de integración utilizados para verificar el correcto funcionamiento de la aplicación.
- `/data/`: Directorio donde se almacenan los datos utilizados por la aplicación para realizar el entrenamiento o el procesado.
- `/data/processed/`: Directorio donde se almacenan los datos procesados y listos para ser entrenados en el modelo de machine learning.
- `/data/raw/`: Directorio donde se almacenan los ficheros de audio sin procesar.
- `/docs/latex/`: Documentación del proyecto en formato $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$.
- `/examples/`: Ejemplos de uso de las librerías.

D.3. Manual del programador

Esta sección tiene como objetivo ser una guía para que los futuros programadores puedan entender el código fuente, configurar el entorno de desarrollo y poder contribuir en el proyecto.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó Visual Studio Code con el lenguaje de programación Python. Además, se utilizó Git para el sistema de control de versiones. Se recomienda tener ciertos conocimientos en estos sistemas antes de empezar.

D.4. Compilación, instalación y ejecución del proyecto

Para obtener el código fuente del proyecto los pasos a seguir son los siguientes:

- **Clonar el repositorio Git**
 - `git clone https://github.com/jle1001/AI-Music.git`
- **Crear un entorno virtual de Python:**
 - `python3 -m venv venv`
- **Activar el entorno virtual:**
 - Linux: `source venv/bin/activate`
 - Windows: `venv\Scripts\activate`
- **Instalación de dependencias**
 - `pip install -r requirements.txt`
- **Iniciar el servidor**
 - `flask run -debug`

Una vez que el servidor está en funcionamiento, se puede acceder a la aplicación web a través de un navegador entrando a la dirección `localhost:5000`.

D.5. Pruebas del sistema

Docuemntar tests realizados, captura de pantalla con los tests en verde, captura del buen funcionamiento de los componentes, etc.

Apéndice *E*

Documentación de usuario

E.1. Introducción

Esta sección proporciona instrucciones de uso detalladas sobre cómo utilizar la aplicación, desde el proceso de instalación hasta el proceso de subida de archivos.

E.2. Requisitos de usuarios

Entorno local

Requisito	Especificación
CPU	2.0 GHz o superior
RAM	4GB o superior
Disco duro	2GB de almacenamiento libre
Sistema Operativo	Compatible con Python 3.10 o superior
Python	Versión 3.10 o superior
Bibliotecas de Python	Especificadas en la sección de instalación

Tabla E.1: Requisitos para el Funcionamiento Local del Sistema

- **CPU 2.0 GHz o superior:** Un procesador de 2 GHz es capaz de manejar las instrucciones por segundo necesarias para realizar las tareas requeridas en esta aplicación. Como el procesamiento de audio y la ejecución de la predicción.
- **Memoria RAM de 4GB o superior:**

- **2GB de almacenamiento libre:** Esta cantidad de almacenamiento libre es la mínima necesaria para instalar la aplicación y sus librerías necesarias.
- **Sistema operativo compatible con Python 3.10 o superior:** La aplicación está escrita en Python, por lo que se requiere un sistema operativo que pueda soportar la versión de Python 3.10 o superior.

E.3. Instalación

Como instalar el programa en el pc o como acceder a la página web etc.

E.4. Manual del usuario

Descripción de como usar diferentes funcionalidades de la aplicación.

Como subir canciones. Como analizar canciones. Ver características. Cambiar algoritmo ETC.