



Escuela
Politécnica
Superior

Aplicación multiplataforma para el Entrenamiento de Oído



Grado en Ingeniería Informática

Trabajo Fin de Grado

Autor:

Sergiy Kazantsev

Tutor:

Miguel Ángel Teruel Martínez

Junio 2026

Aplicación multiplataforma para el Entrenamiento de Oído

Desarrollo de un entrenador de oído multiplataforma para mejorar las capacidades auditivas

Autor

Sergiy Kazantsev

Tutor

Miguel Ángel Teruel Martínez
Lenguajes y Sistemas Informáticos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto KOSMOS-UA (PID2024-155363OB-C43), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España, el proyecto BALIDA-AA (CIPROM/2024/13), financiado por la Conselleria de Educación, Cultura, Universidades y Empleo (Generalitat Valenciana), el proyecto IAEAV (INREIA/2024/176), financiado por la Conselleria de Innovación, Industria, Comercio y Turismo (Generalitat Valenciana), y la Cátedra ENIA de Inteligencia Artificial (TSI-100927-2023-6), financiada por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la Unión Europea Next Generation a través del Ministerio de Transformación Digital y Función Pública.



Grado en Ingeniería Informática



Escuela
Politécnica
Superior



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Preámbulo

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo motivado tanto por la investigación de las tecnologías informáticas como por el interés personal sobre la música y la armonía. Actualmente, los niños y adolescentes que cursan estudios musicales asisten a escuelas de música, donde se imparten los conceptos básicos de la estructura de las partituras, el lenguaje musical y el uso de los instrumentos.

Este trabajo tiene como objetivo facilitar el aprendizaje de música para los alumnos a través de una aplicación multiplataforma a la cual se podrá acceder desde un dispositivo móvil o un navegador, principalmente durante el tiempo libre o a la hora de hacer los deberes musicales en casa. Para ello, se pretende diseñar una interfaz y experiencia de usuario *user-friendly*. Los alumnos podrán poner en práctica los conceptos teóricos aprendidos a través de la realización de tareas cortas basadas en el Aprendizaje Basado en Juegos. Cabe destacar que no es una aplicación para aprender la teoría musical, sino que ha sido creada pensando en el usuario que ya dispone de conocimientos previos, y sirve para el entrenamiento de sus capacidades auditivas y el refuerzo de las lecciones aprendidas en la escuela de música.

Tiene como finalidad abordar varios campos del aprendizaje de música, tales como el reconocimiento de las notas, de los intervalos, modos, tonalidades, acordes, etc. dividido en varios niveles accesibles una vez completado el nivel previo. Como el instrumento musical principal, se usará el piano, generando sus sonidos con MIDI y Soundfont.

El desarrollo de la aplicación se lleva a cabo haciendo uso de las Metodologías Ágiles, aplicando el desarrollo incremental basado en iteraciones. Además, se implementa la integración de gestión de usuarios. Dentro de la aplicación, cada usuario podrá registrarse e iniciar sesión con el fin de poder hacer un seguimiento de su evolución dentro de cada apartado de la aplicación (p. ej. de la sección del reconocimiento de intervalos).

Revisar el alcance una vez hecho el proyecto

Agradecimientos

Agradecimientos... 

Cambiar

Dedicatoria...

Cambiar

*Toda la sabiduría humana
está contenida en estas dos palabras:
Esperar y tener esperanza.*

El Conde de Montecristo,
Alexandre Dumas.

Índice general

Agradecimientos	v
1 Introducción	1
1.1 El proceso de enseñanza musical	1
1.2 Entrenamiento del oído	2
1.2.1 Notas musicales	2
1.2.2 Instrumento utilizado	3
1.2.3 Octavas	3
1.2.3.1 Intervalos	4
1.2.4 Melodía	5
1.2.4.1 Escalas	5
1.2.4.1.1 Modos	5
1.2.5 Armonía	5
1.2.5.1 Tonalidad	5
1.2.5.2 Acordes	6
1.2.6 Ritmo	7
1.3 Problemas de enseñanza tradicional	8
1.4 La solución propuesta	8
Bibliografía	9

Índice de figuras

1.1	Nombres de las notas musicales	2
1.2	Las octavas del piano (Díaz Caballero y cols., 2013)	3
1.3	Los intervalos de semitonos (<i>Referencia : semitonos cromáticos y diatónicos, 2026</i>)	4
1.4	El círculo de quintas (<i>File:Circle of fifths deluxe 4-ES.png - Wikimedia Commons, 2008</i>)	6
1.5	Un acorde tonal tríada (izquierda) en comparacion con un acorde atonal (<i>Triads and seventh chords – Open Music Theory, 2022</i>)	7

Índice de tablas

1.1	Los intervalos en música.	4
1.2	Las duraciones de distintas figuras.	7

Índice de Códigos

1 Introducción

Las aplicaciones de dispositivos móviles se han convertido en una parte importante y esencial en nuestras vidas cotidianas, alcanzando casi 96% de la población en países desarrollados entre la población joven (Atske, 2025). Este fenómeno ha provocado un auge tanto de las tecnologías nativas del móvil, como las de multiplataforma, alcanzando así una mayor cuota del mercado.

Este trabajo tiene como objetivo estudiar los framework multiplataforma y el proceso de desarrollo de una aplicación compatible con los navegadores Web y el sistema operativo Android.

1.1 El proceso de enseñanza musical

La música, en su manifestación, es una creación artística. Sin embargo, hoy en día, la enseñanza musical, aparte del arte, incluye el estudio teórico, la memorización y repetición de patrones. En España, es una asignatura de estudios primarios y secundarios obligatorios, aunque con el contenido impartido limitado a la lectura de partituras y el uso de instrumentos como la flauta o el ukulele.

Por otro lado, en España también existen docenas de conservatorios y escuelas musicales que tienen un programa de enseñanza más amplio y regulado por el Gobierno de España y de la Comunidad Autónoma. Dichas instituciones de enseñanza musical ofrecen varios niveles de profesionalización, siendo los estudios superiores de música el nivel más alto.

Este Trabajo Final de Grado (TFG) está destinado a las personas estudiantes de música que poseen conocimientos teóricos elementales y profesionales sobre la lectura y reconocimiento de las partituras y del lenguaje musical, que se alcanza durante la realización de estudios por las personas de edades de 8 a 18 años. Según el Real Decreto 1577/2006 (2006), los alumnos deben tener, entre otras, las siguientes habilidades:

- Desarrollar el oído interno tanto en el análisis como en la realización de ejercicios escritos.
- Utilizar el «oído interno» como base de la afinación, de la audición armónica y de la interpretación musical.
- Identificar a través de la audición:
 - Notas
 - Intervalos
 - Acordes
 - Modos

1.2 Entrenamiento del oído

El entrenamiento auditivo es una actividad de desarrollo de la destreza que le permite al músico a reconocer distintas notas, intervalos y modos al escucharlos, sin tener acceso a ninguna herramienta ni partitura. El entrenamiento del oído tiene muchas similitudes con el uso del oído en la vida cotidiana: su propósito es diferenciar y entender auditivamente. En el caso de la música, son los sonidos de un instrumento; en la vida cotidiana serían las palabras e intonaciones de la voz.

Los elementos esenciales del sonido son:

- La altura: definida con un nombre (Do, Re; A, B)
- La intensidad
- La duración

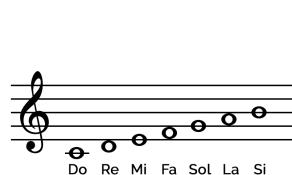
También se van a considerar las estructuras como:

- Estructuras melódicas: modos y escalas
- Estructuras armónicas: tonalidades, acordes
- Ritmos

A continuación se definen los conceptos esenciales del sonido y música.

1.2.1 Notas musicales

Las notas musicales son sonidos con una determinada frecuencia (Hz). La altura de una nota es directamente proporcional a su frecuencia. Cada nota tiene su propio nombre:



(a) Sistema solfeo



(b) Sistema anglo-sajón

Figura 1.1: Nombres de las notas musicales

En este trabajo, se utilizará el sistema solfeo para referirse a las notas. Cada nota musical también puede representarse en un ordenador a través del protocolo Musical Instrument Digital Interface (MIDI), tema que se abordará en los siguientes capítulos.

1.2.2 Instrumento utilizado

Para la mayoría de los estudiantes del conservatorio, el piano se convierte en el primer instrumento con el cual se acostumbran a lo largo de su formación musical. Incluso si el estudiante decide especializarse en otro instrumento, el piano resulta fundamental para impartir las asignaturas de teoría musical y el solfeo¹.

Para el desarrollo de una aplicación de entrenamiento del oído, el piano es una opción adecuada, ya que es un instrumento que se puede virtualizar y representar las notas musicales con precisión y exactitud, incluso cuando el usuario no dispone de periféricos.

1.2.3 Octavas

En el piano hay 88 teclas, cada una de las cuales tiene una frecuencia determinada (desde 20 hz y hasta 20000 Hz). La distancia mínima en frecuencia/altura de cada tecla siempre es la misma, y se denomina "semitono". Gracias a los tonos y semitonos, se puede saber exactamente la distancia entre cada nota, por ejemplo: entre Do y Re la distancia es un tono, entre Do y Do♯ la distancia es un semitono (ver figura 1.2).

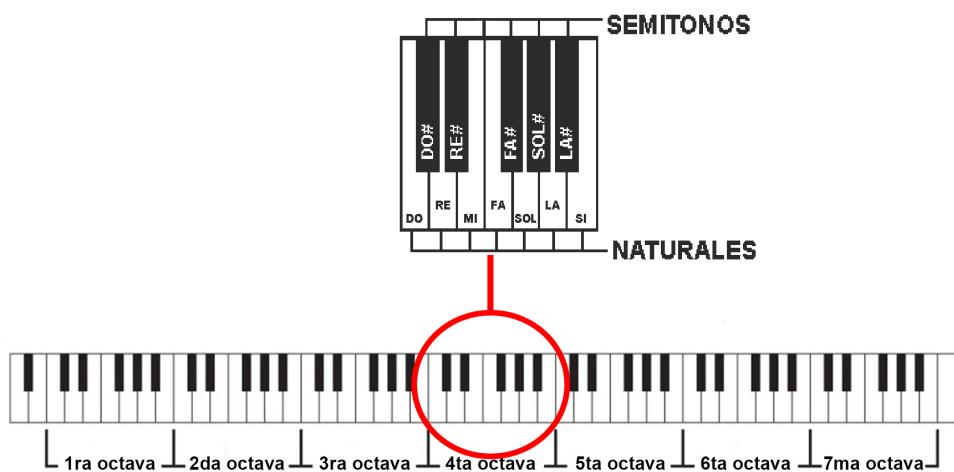


Figura 1.2: Las octavas del piano (Díaz Caballero y cols., 2013)

¹En este TFG, el solfeo se refiere al entrenamiento del oído interno y a la lectura de las partituras

1.2.3.1 Intervalos

Un intervalo es la diferencia entre dos sonidos aislados, y se puede referir tanto a los acordes (suenan simultáneamente) como a las melodías (sonidos sucesivos).

Los dos tipos de semitonos que existen según el intervalo son:

- **Semitono cromático:** Las dos notas del intervalo tienen el mismo nombre (Ver 1.3. Intervalo entre La-La \sharp).
- **Semitono diatónico:** Las dos notas del intervalo tienen nombres distintos (Ver 1.3. Intervalo entre La-Si \flat).

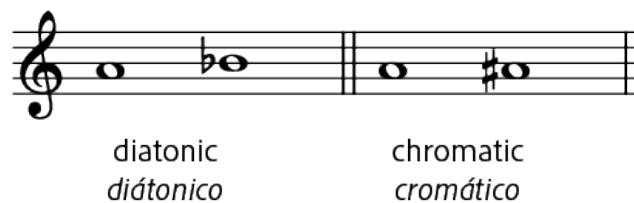


Figura 1.3: Los intervalos de semitonos (*Referencia : semitonos cromáticos y diatónicos*, 2026)

Los intervalos de uno o más semitonos se clasifican en:

Nombre	Cantidad de semitonos
2 ^a Menor	1 Semitono
2 ^a Mayor	1 Tono
3 ^a Menor	1 Tono + 1 Semitono
3 ^a Mayor	2 Tonos
4 ^a Justa	2 Tonos + 1 Semitono
5 ^a Justa	3 Tonos + 1 Semitono
6 ^a Menor	4 Tonos
6 ^a Mayor	4 Tonos + 1 Semitono
7 ^a Menor	5 Tonos
7 ^a Mayor	5 Tonos + 1 Semitono
8 ^a Justa	6 Tonos

Tabla 1.1: Los intervalos en música.

1.2.4 Melodía

La melodía se define como una secuencia de notas o tonos con sus duraciones rítmicas determinadas. Dentro de una obra musical, la melodía se mantiene reconocible, y es el elemento que identifica la obra como tal. Un ejemplo claro de melodía sería la parte que interpreta el vocalista principal en una aria de Mozart, que se diferencia claramente del acompañamiento.

Los principales componentes de una melodía son la altura de la nota y su duración. Además, la melodía se construye sobre un modo específico, lo que le proporciona un carácter tonal y emocional.

1.2.4.1 Escalas

Se define una escala musical como un conjunto de notas consecutivas ascendentes o descendentes clasificadas por su altura, normalmente teniendo el tamaño de una octava. Las escalas sirven para construir obras musicales al igual que un pintor elige la paleta para su cuadro: mientras que el compositor selecciona un conjunto de notas, en el pintor elige un grupo de colores.

Cada denominación de cada escala se compone de dos elementos:

- La tónica: es la nota inicial que da el nombre a la escala. También puede ser un sostenido (♯) o un bemol (♭).
- El modo: define el carácter de la escala u obra.

1.2.4.1.1 Modos En el sistema musical occidental, las notas dentro de cada escala se organizan según el modo de la escala.

En música existen dos calidades emocionales: la Mayor y la Menor. La calidad mayor proporciona una apariencia "feliz" y "alegre" de la obra, mientras que el modo menor la hace "triste" y "melancólica".

1.2.5 Armonía

La armonía actúa como el soporte de la melodía que sirve para reforzarla y proporcionarle variedad. La misma melodía con distinto acompañamiento armónico puede transmitir sensaciones muy diferentes (Thais Martínez Molina, 2017). Desde la perspectiva de la teoría musical, la armonía es una combinación de notas (alturas) que suenan al mismo tiempo. Por otro lado, desde el punto de vista práctico, se puede considerar la armonía como la consonancia de la melodía, cuando la melodía es agradable para el oyente.

1.2.5.1 Tonalidad

La tonalidad es una relación organizada de varias notas alrededor de una tónica (Piston, 1941). Esto significa que cada fragmento de una composición musical se "inclina" hacia dicha tónica, se construye alrededor de ella, y normalmente se empieza y termina la composición con ella.

El concepto de la tonalidad está muy relacionado con la modalidad:

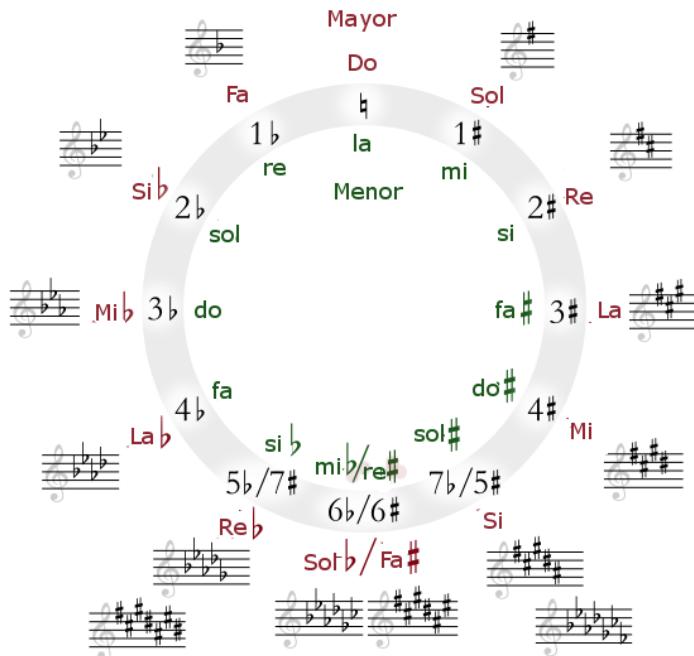


Figura 1.4: El círculo de quintas (*File:Circle of fifths deluxe 4-ES.png - Wikimedia Commons, 2008*)

La figura visualiza la relación entre la modalidad (Mayor o Menor) y la tonalidad (Do, Re, etc.). Cada tonalidad del diagrama corresponde a uno de los doce semitonos de la escala cromática. El nombre del círculo proviene del hecho de que cada tonalidad está a 3.5 semitonos de distancia (intervalo de quinta) a cada uno de sus tonalidades adyacentes. Es utilizado por los músicos para componer y armonizar sus composiciones.

1.2.5.2 Acordes

El acorde es una composición de tres o más notas que suenan a la vez. Una combinación determinada de notas en un acorde se crea haciendo uso del "circulo de tercera", parecido al de circulo de quintas, que se aplica a las notas y no a los semitonos.

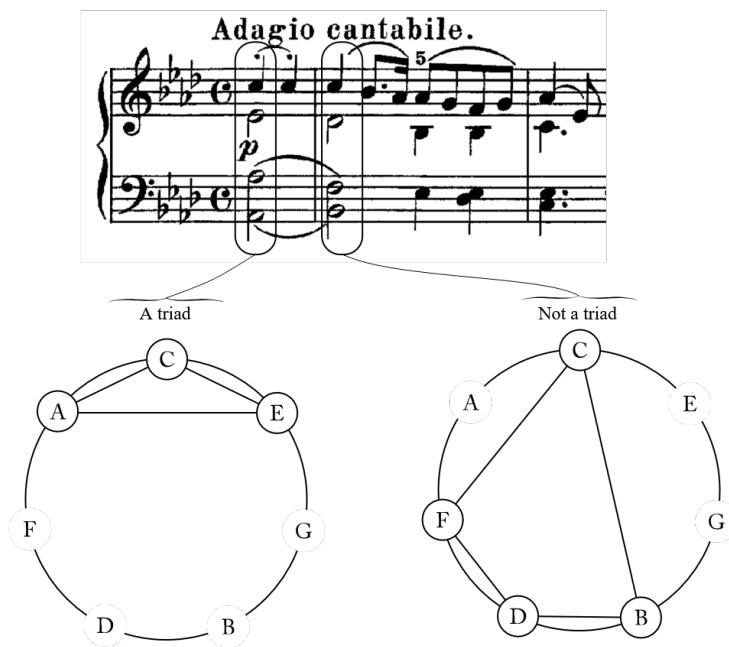


Figura 1.5: Un acorde tonal tríada (izquierda) en comparacion con un acorde atonal (*Triads and seventh chords – Open Music Theory*, 2022)

1.2.6 Ritmo

Las composiciones musicales occidentales están formados por fragmentos de una duración determinada, lo que le proporciona el ritmo y pulsos. La longitud de cada fragmento es definida por el compás: $\frac{4}{4}$, **C**, $\frac{2}{2}$, **F**, etc.

El numero de figuras musicales dentro de un fragmento se calcula con el compás y la duracion relativa de la figura, lo que se denomina el ritmo:

Figura	Silencio	Duración
○	-	4 tiempos
♩	-	2 tiempos
♪	♪	1 tiempo
♪	♪	1/2 tiempo
♪	♪	1/4 tiempo
♪	♪	1/8 tiempo
♪	♪	1/16 tiempo

Tabla 1.2: Las duraciones de distintas figuras.

1.3 Problemas de enseñanza tradicional

Actualmente, la forma más eficiente del aprendizaje de la música, y la preferida por los tutores, es la asistencia a los conservatorios y escuelas de música de forma extracurricular. En consecuencia, el niño es obligado a asistir tanto a su escuela de primaria/secundaria como, durante su tiempo libre, a la escuela de música. Además, es obligado a la realización de las tareas académicas de ambas durante su tiempo libre, lo cual podría generar falta de motivación, resentimiento y el síndrome de agotamiento (*burnout*). Por otro lado, los alumnos también informan de la falta de reconocimiento y la falta de apoyo (Orzel, 2010).

Otro problema relevante está relacionado con los estudiantes de música procedentes de familias de bajos recursos económicos. Según Busby (2019), los niños procedentes de familias pobres tienen 3 veces más probabilidades de no participar en actividades extracurriculares, como los estudios musicales. En contraste, la mayoría de los padres de familias de bajos ingresos reconocen el efecto positivo que la música y la formación musical tienen sobre sus hijos (Ho y cols., 2020).

1.4 La solución propuesta

La digitalización de los procesos educativos ha tenido un mayor avance durante las últimas décadas: cursos digitales, profesores, enseñanza a distancia, etc. Dentro de este proyecto, se ofrece una solución tecnológica a la cuestión de la ausencia de instrumentos y recursos en el estudiantado joven, para proporcionar un producto que permita el entrenamiento el oído sin usar el piano físico, facilitando así los procesos la memorización y puesta en práctica de los conceptos teóricos. En los siguientes capítulos, se definirá el alcance del proyecto con el estudio previo de las tecnologías de aprendizaje de música ya existentes.

Bibliografía

- Atske, S. (2025, 12). *Teens and Internet, Device Access Fact sheet*. Descargado 2025-12-20, de <https://www.pewresearch.org/internet/fact-sheet/teens-and-internet-device-access-fact-sheet/> (Accedido: 2025-12-20)
- Busby, E. (2019, 7). *Poorest children three times more likely to miss out on extra-curricular activities, study finds / The Independent*. Descargado 2025-12-22, de <https://www.independent.co.uk/news/education/education-news/poverty-children-school-extracurricular-music-sport-social-mobility-family-a9010936.html> (Accedido: 2025-12-22)
- Díaz Caballero, J., Canino Ramos, C., y Morejon, G. (2013, 02). Heuristics of the platonic polyhedra for the high restrictions reality research. *Revista Cubana de Ingeniería*, 4. doi: 10.1234/rcl.v4i1.135
- File:circle of fifths deluxe 4-es.png - wikipedia commons.* (2008, 7). Descargado 2026-02-10, de <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11307487> (Accedido: 2026-02-10)
- Ho, L. L. K., Li, W. H. C., Cheung, A. T., Xia, W., Ho, K. Y., y Chung, J. O. K. (2020, 9). Low-income parents' perceptions of the importance of a musical training programme for their children: a qualitative study. *BMC Public Health*, 20(1), 1454. Descargado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7519511/> doi: 10.1186/s12889-020-09568-7
- Orzel, H. J. (2010). *Undergraduate music student stress and burnout*. Descargado 2025-12-21, de https://scholarworks.sjsu.edu/etd_theses/3887?utm_source=scholarworks.sjsu.edu%2Fetd_theses%2F3887&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages (Accedido: 2025-12-21)
- Piston, W. (1941). *Harmony*. New York.
- Real Decreto 1577/2006. (2006). *Real decreto 1577/2006, de 22 de diciembre, por el que se fijan los aspectos básicos del currículo de las enseñanzas profesionales de música*. Descargado 2025-12-21, de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-1221-consolidado.pdf> (Accedido: 2025-12-21)
- Referencia : semitonos cromáticos y diatónicos.* (2026). Descargado 2026-01-19, de <https://www.teoria.com/es/referencia/c/crom-diat.php> (Accedido: 2026-01-19)
- Thais Martínez Molina, R. G. M. (2017). *Armonía musical. definición e historia*. Descargado 2026-02-03, de https://web.mat.upc.edu/xavier.gracia/musmat_ALE/treballs/GarMar.armonia.pdf (Accedido: 2026-02-03)

Triads and seventh chords – Open Music Theory. (2022). Descargado 2026-02-11, de <https://openmusictheory.github.io/triads.html> (Accedido: 2026-02-11)