Universidad Siglo 21

Trabajo Final de Grado. Prototipado Tecnológico

Carrera: Licenciatura en Informática

Sistema de Enseñanza de Música Mediado por Realidad Aumentada

Autor: Gustavo Andrés Futo

Legajo: VINF011571

Buenos Aires, noviembre 2023

Índice

Resumen 5

Abstract 6

Titulo 7

Introducción 7

Antecedentes 7

Descripción de la Problemática 8

Justificación 8

Objetivo General del Proyecto 9

Objetivos Específicos del Proyecto 9

Marco teórico referencial 9

Dominio del Problema 9

Tecnología de la Información y la Comunicación 12

Competencia 14

Diseño Metodológico 15

Análisis y Diseño 15

Recolección de Datos 16

Herramientas de Desarrollo 16

Planificación del Proyecto 17

Relevamiento 18

Relevamiento Estructural 18

Relevamiento Funcional 18

Procesos de Negocio 21

Diagnóstico y Propuesta 22

Diagnóstico 22

Propuesta 24

Objetivo, Límites y Alcance del Prototipo 24
Objetivo del Prototipo 24
Limites 24
Alcances 24
Descripción del Sistema 25
Requerimientos Funcionales 25
Requerimientos no Funcionales 26
Diagrama de Casos de Uso 29
Descripción de Casos de Uso 29
Diagrama de Secuencia 37
Estructura de Datos 43
Prototipos de Interfaces de Pantallas 46
Diagrama de Despliegue 52
Seguridad 53
Accesos a la aplicación 53
Política de respaldo 55
Análisis de costos 56
Análisis de riegos 58
Plan de contingencia 60
Conclusiones 62
Demo 63
Referencias 64
Anexos: 66
Entrevistas: 66
Diagrama de Gantt de proyecto 67

Índice de Imágenes

Ilustración 1 - Realidad Aumentada 12
Ilustración 2 - Cronograma del proyecto 18
Ilustración 3 - Proceso de negocio 21
Ilustración 4 - Diagrama de casos de uso 29
Ilustración 5 - Diagrama de secuencia CU001 38
Ilustración 6 - Diagrama de secuencia CU002 39
Ilustración 7 - Diagrama de secuencia CU003 40
Ilustración 8 - Diagrama de secuencia CU004 41
Ilustración 9 - Diagrama de secuencia CU005 42
Ilustración 10 - Diagrama de secuencia CU006 43
Ilustración 11 - Diagrama de entidad relación 44
Ilustración 12 - Diagrama de clases 45
Ilustración 13 - Pantalla de login 46
Ilustración 14 - Pantalla de registro 47
Ilustración 15 - Pantalla de inicio 47
Ilustración 16 - Pantalla clase lección 1 48
Ilustración 17 - Pantalla clase lección 2 49
Ilustración 18 - Pantalla clase lección 3 50
Ilustración 19 - Pantalla practica 51
Ilustración 20 - Pantalla progreso 52
Ilustración 21 - Diagrama de despliegue 53
Ilustración 22 - Gráfico de Pareto 60

Índice de Tablas

Tabla 1 - Características software competencia 15
Tabla 2 - Relación caso de uso con requisito funcional 37
Tabla 3 - Tipos de respaldo y su periodicidad 56

Tabla 4 - Costos operativos 57
Tabla 5 - Costos honorarios profesionales 57
Tabla 6 - Costo total 57
Tabla 7 - Análisis cualitativo de riesgos..... 58
Tabla 8 - Asignación de parámetros..... 59
Tabla 9 - Matriz de riesgos..... 59
Tabla 10 - Análisis cuantitativo y grado de exposición..... 60

Resumen

En este proyecto se diseñó un sistema que permite el aprendizaje de música valiéndose de las tecnologías de Realidad Aumentada, Visión por Computadora e Inteligencia Artificial. Se buscó atender las necesidades de los estudiantes que carecen de acceso a un profesor particular o guía, especialmente en las etapas iniciales de su formación. Limitaciones como la falta de tiempo, recursos económicos y distancias geográficas los restringían a tomar opciones de aprendizaje tradicionales en medios que resultan estáticos y carecen de interactividad como libros, videos o audio. El sistema brindó una experiencia de aprendizaje enriquecedora en donde los estudiantes se pudieron desenvolver en lecciones inmersivas, interactuar en tiempo real con elementos musicales y comprender los conceptos abstractos inherentes a la música de manera práctica. Además, el desarrollo es escalable y mejorable, con la capacidad de evolucionar y ofrecer características avanzadas en el futuro. Esto amplía significativamente las oportunidades de aprendizaje musical, satisfaciendo las necesidades actuales y adaptándose al crecimiento y perfeccionamiento continuo. El proyecto fue concebido con la intención de empoderar a las personas, brindándoles la oportunidad de explorar y cultivar su pasión por la música de una manera más accesible, personalizada y emocionante.

Palabras clave: Aprendizaje, Música, Realidad Aumentada, Sistema.

Abstract

In this project, a system was designed to facilitate music learning through the integration of Augmented Reality, Computer Vision, and Artificial Intelligence technologies. The aim was to address the needs of students lacking access to a private teacher or guide, particularly in the early stages of their education. Limitations such as lack of time, economic resources and geographical distances restricted them to taking traditional learning options in media that are static and lack interactivity such as books, videos or audio. The system provides an enriching learning experience by allowing students to engage in immersive lessons, interact in real-time with musical elements, and grasp abstract concepts inherent in music through practical application. Moreover, the development is scalable and improvable, with the capacity to evolve and offer advanced features in the future. This significantly broadens musical learning opportunities, meeting current needs and adapting to continuous growth and enhancement. The project was conceived with the intention of empowering individuals, providing them the opportunity to explore and cultivate their passion for music in a more accessible, personalized, and exciting manner..

Keywords: Learning, Music, Augmented Reality, System.

Titulo

Sistema de enseñanza de música mediado por realidad aumentada.

Introducción

En el marco de este proyecto se ha desarrollado un software que aprovecha la convergencia entre la Realidad Aumentada (RA), la visión por computadora (CV) y la Inteligencia Artificial (IA). Se buscó potenciar las capacidades tecnológicas en el dominio del aprendizaje musical, enriqueciendo la vivencia del estudiante al ofrecer información y componentes virtuales en tiempo real tanto visuales como de audio. Específicamente, este proyecto se enfocó en el aprendizaje de música en un plano interactivo y dinámico mediante la RA.

Antecedentes

Dentro del aprendizaje de música en años recientes encontramos soluciones tecnológicas relevantes en diversos softwares como “Music-Everywhere” (Music-Everywhere, 2023), “MuseScore AR” (Musescore, 2023) o Yousician (Yousician, 2023). Los cuales se basan en lecciones que indican como tocar el instrumento y nociones de teoría musical. También cuentan con un grado de retroalimentación con el estudiante al poder escuchar lo que interpreta en el instrumento y dar una devolución. Estos proyectos reflejan la búsqueda constante de una experiencia de aprendizaje más inmersiva y efectiva.

Podemos encontrar en otros ámbitos la RA aplicada al aprendizaje de dibujo, como la aplicación sketchAR (Sketchar, 2023); o Animal 4D+ (Octagon, 2023) que se enfoca en el público infantil ofreciendo información sobre animales mediante marcadores impresos que al ser visualizados con la cámara de un dispositivo despliegan animaciones, audios y textos.

Descripción de la Problemática

La educación musical tradicional se ha apoyado en recursos estáticos, abstractos, y sin interactividad. Lo cual la vuelve muy dependiente de un profesor/a que de manera presencial pueda orientar al alumno, especialmente en los primeros pasos. Se requiere un esfuerzo sustancial por parte de los estudiantes, especialmente en las etapas iniciales de aprendizaje para poder entender y afianzar conceptos.

Un problema no menor es el de encontrar entre la oferta de institutos y profesores cual se ajusta a las necesidades y posibilidades del estudiante (horarios, ubicación, precios).

Estas limitaciones se han vuelto evidentes para la aplicación de soluciones innovadoras. En vista de la constante evolución tecnológica, se ha presentado el desafío de proporcionar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más efectiva y atractiva a través de soluciones innovadoras como lo ha hecho en otras áreas.

Justificación

La evolución tecnológica sigue siendo el motor que impulsa progresos significativos en diversos sectores. En este contexto el proyecto capitaliza las capacidades de la RA, AI y VC para abordar desafíos tanto técnicos como educativos. “La realidad aumentada es uno de esos progresos que puede mejorar la didáctica y hacer materiales creativos e innovadores, motivando el aprendizaje significativamente de los estudiantes” (Escudero, 2020).

Aunque es muy difícil reemplazar la interactividad y comunicación del profesor presencial, la educación ha experimentado un cambio constante a lo largo del tiempo, siendo la tecnología uno de los principales impulsores de estos cambios y permitiendo con ellos nuevas opciones. A medida que la sociedad se sumerge en la era digital, surge la necesidad de explorar nuevas herramientas educativas que integren las innovaciones tecnológicas de manera efectiva y significativa.

> La Realidad Aumentada es una tecnología que posibilita el proceso de aprendizaje a una nueva dimensión, mostrando un amplio campo de posibilidades por medio de las cuales se alcanza y se construye el conocimiento de un modo diferente, motivador y ameno (Angarita, 2018).

El presente proyecto permitió incorporar al aprendizaje de música a las personas que no tienen acceso a un profesor particular o acompañamiento para su formación, especialmente importante en los niveles iniciales.

Objetivo General del Proyecto

Diseñar un sistema que permita el aprendizaje de música mediado por realidad aumentada.

Objetivos Específicos del Proyecto

- Comprender los conceptos básicos sobre la música.
- Conocer por lo menos dos metodologías de aprendizaje de música.
- Indagar como la RA se emplea en la música y el aprendizaje.
- Indagar como la VC y AI pueden emplearse en el aprendizaje de música.

Marco teórico referencial

Dominio del Problema

Se puede definir música como el “arte de combinar sonidos de la voz humana o de los instrumentos, o de unos y otros a la vez, de suerte que produzcan deleite, conmoviendo la sensibilidad” (RAE, 2023).

“Sus principales componentes son las notas, el ritmo, la melodía, la armonía y el volumen” (Powell, 2012).

Las notas tienen una relación entre si ya que se repiten en “octavas” o escalas, que se puede explicar cómo “Cuando la frecuencia fundamental de la nota más aguda es el doble que la más grave, decimos que está a una octava de ella” (Powell, 2012). De lo cual podemos extraer que cada nota tiene una frecuencia de sonido, la cual marca su tono. Siguiendo definiciones de Powell sobre las notas:

> Cada una de las notas de un piano o de cualquier otro instrumento recibe un nombre: Do, Re, Mi, Fa, Sol, La y Si. Entre algunas de estas notas hay alguna adicional (las teclas negras de un piano o teclado). Por ejemplo, hay una nota adicional entre La y Si, que se puede llamar La sostenido (o sea, un paso por encima de La) o Si bemol (un paso por debajo de Si). (Powell, 2012)

El ritmo es la “Proporción guardada entre los acentos, pausas y repeticiones de diversa duración en una composición musical” (RAE, 2023).

“Cualquier melodía está compuesta de una sucesión de notas con distintos tonos” (Powell, 2012).

A estas definiciones en el campo de la música se agregan:

> Acorde: un acorde es el sonido creado por tres o más notas tocadas simultáneamente.
>
> Armonía: una sucesión de acordes produce una armonía. La relación entre los acordes y la armonía, por tanto, es parecida a la que existe entre las palabras y las oraciones. (Powell, 2012)

Con respecto al aprendizaje musical se lo puede resumir como al proceso de adquirir conocimientos y habilidades relacionados con la música, en base a la definición:

> El aprendizaje es el desarrollo mental de cada individuo para almacenar información que sirva para desarrollar una habilidad o destreza, que demuestre lo aprendido pues solo de esta manera se logrará medir los

> progresos que la persona haya alcanzado como: valores, conocimientos, actitudes y procedimientos. (Llanga Vargas & López ibarra, 2019)

Existen varios métodos formales de los cuales los profesores e instituciones suelen tomar los lineamientos.

> La metodología está considerada como la fórmula para desarrollar las directrices de los procesos de enseñanza musical. La Metodología responde a la cuestión COMO y QUÉ enseñar y propone vías, maneras y/o modos para conseguir los objetivos propuestos. (Fontelles, 2023)

Algunos métodos de aprendizaje musical son:

- El método Suzuki (SuzukiAssociation, 2023) se centra en el aprendizaje temprano de la música a través de la inmersión auditiva y la repetición, similar a cómo los niños aprenden su lengua materna, con énfasis en el desarrollo auditivo y la técnica del instrumento.
- El método Berklee (Leavit, 1966) basado en la prestigiosa institución de música Berklee College of Music y enfoca la enseñanza en teoría musical, improvisación y desarrollo de habilidades de interpretación en una amplia variedad de géneros musicales.

El aprendizaje musical puede ser enriquecido ya que se afirma:

> La tecnología puede mediar positivamente en los procesos de aprendizaje de la música en actividades tales como el desarrollo de destrezas auditivas, la comprensión de conceptos de teoría o la transferencia simbólica -por ejemplo, la capacidad de formar una imagen sonora mental del código escrito-. Permite también una organización más coherente del material creado por el alumno, facilitando la percepción y el análisis multimodal de la música. (Tejada Giménez, 2004)

La RA nos da la posibilidad de empoderar a los estudiantes en el aprendizaje, ya que permite que la interactividad en tiempo real y la dinámica propia de la tecnología les brinde autonomía y sobre todo acceso al conocimiento que antes no estaba a su alcance.

> La integración paulatina de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) y las TAC (Tecnologías del Aprendizaje y la Comunicación), en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se ha traducido en el replanteamiento de conceptos, prácticas y comportamientos, tanto de los profesores como del alumnado. Este cambio de paradigma permite la creación de aplicaciones que involucren la Realidad Aumentada (RA) como una tecnología emergente. (Escudero, 2020)

Tecnología de la Información y la Comunicación

Se han utilizado diferentes tecnologías las cuales describiremos:

RA: En la definición dada como “un conjunto de tecnologías que combinan imágenes reales y virtuales, de forma interactiva y en tiempo real, de manera que permite añadir la información virtual a la información física que el usuario percibe del mundo real” (Azuma, 1997) , podemos concluir que esta permite al usuario ver el mundo real con objetos virtuales superpuestos o compuestos. En lugar de reemplazar por completo la realidad como sucede con la RV, “la realidad aumentada complementa la realidad al proporcionar información adicional para potenciar el conocimiento sobre los objetos tangibles” (Melo Bohórquez, 2018).

Ilustración 1 - Realidad Aumentada

Python: “es un lenguaje de programación de alto nivel” (Python.org, 2023), versátil que ofrece una amplia gama de bibliotecas y frameworks que permiten realizar diversas tareas como desarrollar algoritmos de aprendizaje automático y aplicaciones de realidad aumentada de manera eficiente gracias a su variedad de librerías soportadas como:

- OpenCV: Es una biblioteca de código abierto de visión artificial y aprendizaje automático. Fue desarrollada originalmente por Intel y se utiliza en una gran cantidad de aplicaciones de visión artificial, como detección de movimiento, reconocimiento de objetos y reconstrucción 3D a partir de imágenes. “La biblioteca tiene más de 2500 algoritmos optimizados, que incluyen un conjunto completo de algoritmos de aprendizaje automático y visión por computadora, tanto clásicos como de última generación.” (OpenCV, 2023)
- MediaPipe: “Proporciona un conjunto de bibliotecas y herramientas para aplicar rápidamente técnicas de IA y aprendizaje automático (ML) en sus aplicaciones” (Google, 2023).
- Librosa: Es una librería de análisis de audio de código abierto y disponible para Python. “Proporciona los componentes básicos necesarios para crear sistemas de información de música” (Librosa, 2023).
- Tkinter: Es una librería del lenguaje de programación Python y funciona para la creación y el desarrollo de aplicaciones de escritorio. Esta librería facilita el posicionamiento y desarrollo de una interfaz gráfica de escritorio con Python.
- PyInstaler: Librería para agrupar las dependencias en un solo paquete de instalación. “El usuario puede ejecutar la aplicación empaquetada sin instalar un intérprete de Python ni ningún módulo” (PyInstaller, 2023).

MariaDB: “Es un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto” (MariaDB, 2023).

PHP: Es un lenguaje interpretado ideal para realizar sitio web. “Popular lenguaje de scripting de propósito general que es especialmente adecuado para el desarrollo web” (PHP, 2023).

Apache: es “un servidor HTTP de código abierto para sistemas operativos modernos, incluidos UNIX y Windows” (Apache, 2023).

XAMPP: “es una distribución de Apache completamente gratuita y fácil de instalar que contiene MariaDB, PHP y Perl. El paquete de instalación de XAMPP ha sido diseñado para ser increíblemente fácil de instalar y usar” (Apachefriends, 2023).

Visual Studio Code: “Es un IDE (Entorno Integrado de Desarrollo) que soporta múltiples lenguajes disponible para varios Sistemas Operativos” (Microsoft, 2023).

Git: Es “un sistema que registra los cambios realizados en un archivo o conjunto de archivos a lo largo del tiempo, de modo que puedas recuperar versiones específicas más adelante” (Git, 2023).

GitHub: es un repositorio online que permite gestionar proyectos y controlar versiones de código. “es una plataforma de alojamiento de código para colaboración y control de versiones” (GitHub, 2023).

Windows 11: Sistema operativo de Microsoft (Microsoft, 2023).

Microsoft Store: Es una plataforma de distribución digital desarrollada por Microsoft. (Microsoft Store, 2023)

Competencia

Existen una amplia gama de software relativo a la enseñanza musical, los cuales se valen tanto de RA como de interactividad. A modo de representativo con diferentes enfoques tenemos Yousician (Yousician, 2023), Music-Everywhere (Music-Everywhere, 2023) y MuseScore AR (Musescore, 2023):

Característica	Yousician	Music Everywhere	MuseScore AR
Enfoque	Enseñanza de diversos instrumentos musicales.	Uso interactivo de superficies como instrumentos virtuales.	Visualización y aprendizaje de partituras musicales en 3D.

Interactividad	Proporciona retroalimentación en tiempo real durante la práctica.	Transforma superficies en instrumentos tocables y reactivos.	Ofrece una experiencia de partitura en 3D con reproducción de sonido.
Instrumentos Soportados	Guitarra, piano, bajo y ukelele.	No requiere instrumentos físicos se adapta a cualquier superficie.	Todo tipo, ya que se basa en visualizar partituras.
Niveles de Aprendizaje	Desde principiantes hasta avanzados.	Desde principiantes hasta avanzados.	Desde principiantes hasta avanzados.
Disponibilidad	Disponible en dispositivos móviles y de escritorio.	Disponible en dispositivos móviles y tabletas.	Disponible en dispositivos móviles y tabletas (solo apple)
Costo	Gratis con características limitadas y una suscripción premium.	Varia según características con algunas funciones gratis.	Gratis con opciones de compra dentro de la aplicación.
Enfoque Pedagógico	Ofrece lecciones estructuradas y ejercicios interactivos.	Fomenta la experimentación musical y la creatividad.	Facilita la visualización y la comprensión de partituras musicales.

Tabla 1 - Características software competencia

Diseño Metodológico

Para la elaboración del proyecto se utilizó el proceso unificado de desarrollo.

Análisis y Diseño

Para realizar el análisis y diseño se utilizó el Lenguaje Unificado de Modelado (UML) ya que proporciona un modelado visual común, semántica y sintácticamente rico para la arquitectura, el diseño y la implementación de sistemas de software, tanto en

estructura como en comportamiento. Es definido como “una notación de modelado visual, que utiliza diagramas para mostrar distintos aspectos de un sistema” (Fontela, 2012). Se emplearon las herramientas de Diagrama de Casos de Uso y Diagrama de Clases pertenecientes al mismo.

Recolección de Datos

Para comprender el proceso se utilizaron cuatro enfoques principales para la recolección de datos:

Se llevó a cabo una revisión de la literatura especializada relacionada con el tema. Esta revisión implicó analizar y sintetizar investigaciones previas, teorías fundamentales y enfoques pedagógicos relevantes. La revisión de la bibliografía proporcionó una base de conocimiento teórico para respaldar enfrentar las entrevistas y la observación de clases.

Se realizaron entrevistas abiertas que abarcaron tanto a profesores como a estudiantes en diferentes etapas de su proceso de aprendizaje (Ver Anexo). Las conversaciones con los profesores proporcionaron una visión experta sobre los desafíos y enfoques pedagógicos relevantes, mientras que las entrevistas con los estudiantes ofrecieron información valiosa sobre sus necesidades, expectativas y experiencias personales en el proceso.

Se incluyó la observación de clases en vivo para tener una comprensión práctica y en tiempo real del proceso estudiado. La presencia en las clases brindó la oportunidad de observar directamente las dinámicas y la interacción entre profesores y estudiantes.

Como apoyo adicional a la recolección de información se incluyó la observación de videos tutoriales ya que proporcionan ejemplos de prácticas y métodos educativas.

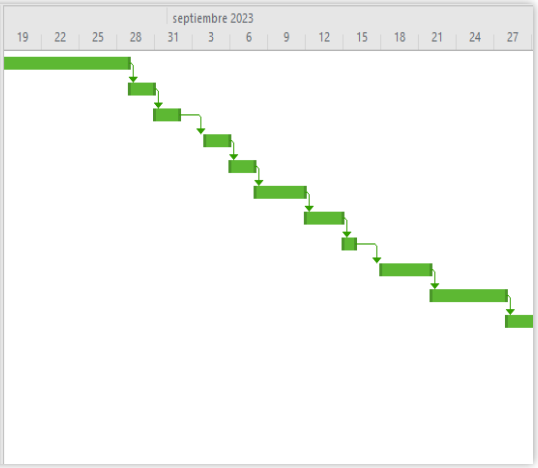
Herramientas de Desarrollo

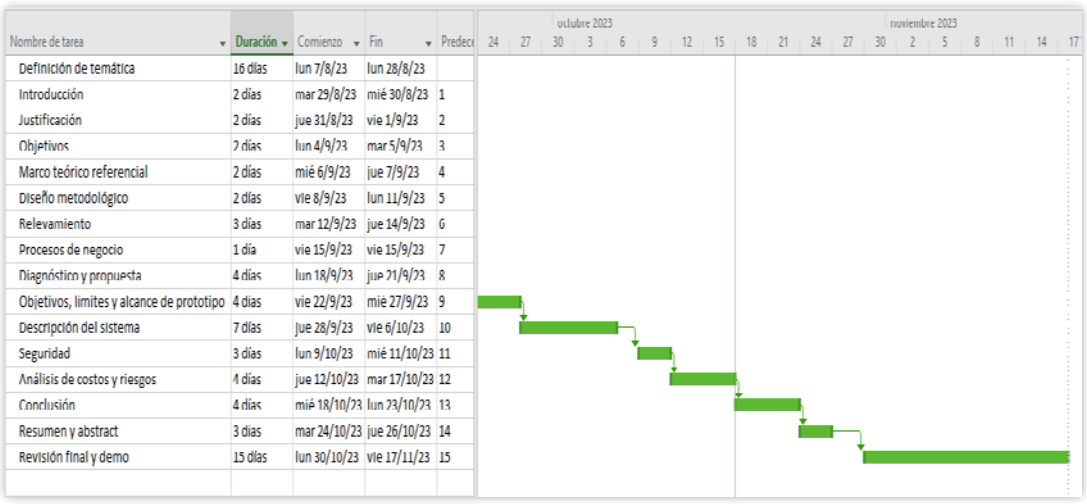
El entorno de desarrollo fue en un sistema operativo Windows 11, con el lenguaje de programación Python. En Python se destacó la utilización de las librerías OpenCV, MediaPipe, Tkinter y Librosa enfocadas en RA, VC, UI y audio respectivamente. Para la API web se utilizó XAMPP (Apache, PHP y MariaDB). El IDE elegido fue Visual Studio Code.

Planificación del Proyecto

El proyecto fue planificado utilizando un diagrama de Gantt mediante la herramienta Proyect (Microsoft, 2023). Para mejor visualización se lo puede acceder en el Anexo. Aquí se lo presenta en dos imágenes:

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predec
Definición de temática	16 días	lun 7/8/23	lun 28/8/23	
Introducción	2 días	mar 29/8/23	mié 30/8/23	1
Justificación	2 días	jue 31/8/23	vie 1/9/23	2
Objetivos	2 días	lun 4/9/23	mar 5/9/23	3
Marco teórico referencial	2 días	mié 6/9/23	jue 7/9/23	4
Diseño metodológico	2 días	vie 8/9/23	lun 11/9/23	5
Relevamiento	3 días	mar 12/9/23	jue 14/9/23	6
Procesos de negocio	1 día	vie 15/9/23	vie 15/9/23	7
Diagnóstico y propuesta	4 días	lun 18/9/23	jue 21/9/23	8
Objetivos, límites y alcance de prototipo	4 días	vie 22/9/23	mié 27/9/23	9
Descripción del sistema	7 días	jue 28/9/23	vie 6/10/23	10
Seguridad	3 días	lun 9/10/23	mié 11/10/23	11
Análisis de costos y riesgos	4 días	jue 12/10/23	mar 17/10/23	12
Conclusión	4 días	mié 18/10/23	lun 23/10/23	13
Resumen y abstract	3 días	mar 24/10/23	jue 26/10/23	14
Revisión final y demo	15 días	lun 30/10/23	vie 17/11/23	15





Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predec
Definición de temática	16 días	lun 7/8/23	lun 28/8/23	
Introducción	2 días	mar 29/8/23	mié 30/8/23	1
Justificación	2 días	jue 31/8/23	vie 1/9/23	2
Objetivos	2 días	lun 4/9/23	mar 5/9/23	3
Marco teórico referencial	2 días	mié 6/9/23	jue 7/9/23	4
Diseño metodológico	2 días	vie 8/9/23	lun 11/9/23	5
Relevamiento	3 días	mar 12/9/23	jue 14/9/23	6
Procesos de negocio	1 día	vie 15/9/23	vie 15/9/23	7
Diagnóstico y propuesta	4 días	lun 18/9/23	jue 21/9/23	8
Objetivos, límites y alcance de prototipo	4 días	vie 22/9/23	mié 27/9/23	9
Descripción del sistema	7 días	jue 28/9/23	vie 6/10/23	10
Seguridad	3 días	lun 9/10/23	mié 11/10/23	11
Análisis de costos y riesgos	4 días	jue 12/10/23	mar 17/10/23	12
Conclusión	4 días	mié 18/10/23	lun 23/10/23	13
Resumen y abstract	3 días	mar 24/10/23	jue 26/10/23	14
Revisión final y demo	15 días	lun 30/10/23	vie 17/11/23	15

Ilustración 2 - Cronograma del proyecto

Relevamiento

Relevamiento Estructural

Siendo un proyecto dirigido a potenciales estudiantes no es posible fijar una localización exacta ni el tipo de equipos que cuentan.

Relevamiento Funcional

En el relevamiento realizado podemos indicar dos actores principales en el proceso general de aprendizaje:

- El estudiante: es el actor principal del proceso de aprendizaje, ya que es quien buscar adquirir los conocimientos y habilidades.
- El profesor: es el encargado de guiar y orientar el proceso de aprendizaje de los alumnos, proporcionándoles los conocimientos y habilidades necesarios.

Asimismo, podemos diferenciar los siguientes procesos:

- Proceso inscripción

Actores: Estudiante y profesor

Pasos:

1- El estudiante consulta por días y horarios de las clases.
2- El estudiante pacta con el profesor tomar un horario de clase.
3- El estudiante se inscribe dando sus datos al profesor.
4- El profesor le indica cómo prepararse para la primera clase.

- Proceso agendar clase

  Actores: Profesor

  Pasos:

  1- El profesor agenda la clase pactada.
  2- El profesor integra los datos del estudiante a su registro

- Proceso preparar clase

  Actores: Profesor

  Pasos:

  1- El profesor prepara el objetivo de la misma según el nivel del alumno.

- Proceso ingresar a la clase

  Actores: Estudiante, profesor

  Pasos:

  1- El estudiante llega en día y horario al lugar de la clase.
  2- El profesor lo recibe y confirma sus datos.
  3- El estudiante entra el lugar dispuesto para la clase con el profesor

- Proceso participar en clase

Actores: Estudiante, profesor

Pasos:

1- El profesor realiza una introducción de la clase en base a los objetivos propuestos.
2- El profesor comienza con conceptos teóricos.
3- Si el estudiante comprende el profesor avanza con nuevos conceptos.
4- Si el estudiante no comprende se repite el concepto.
5- Si hay dudas el estudiante o profesor pueden preguntar.
6- Se realizar ejercicios de calentamiento de digitación.
7- El profesor ejemplifica de manera práctica los conceptos.
8- El estudiante puede practicar cada concepto.
9- Antes de finalizar el profesor realiza un breve repaso y da una devolución al estudiante.
10- El profesor da cierre a la clase proponiendo prácticas para que el estudiante realice en la casa
11- El profesor registra el avance logrado por el estudiante.

- Proceso practicar

Actores: Estudiante

Pasos:

1- El estudiante realiza ejercicios de calentamiento como digitación o estiramientos de dedos y mano antes de tocar el instrumento.
2- El estudiante realiza practicas con o sin el material de estudio para reforzar lo aprendido hasta lograr el nivel deseado de conocimiento.

Procesos de Negocio

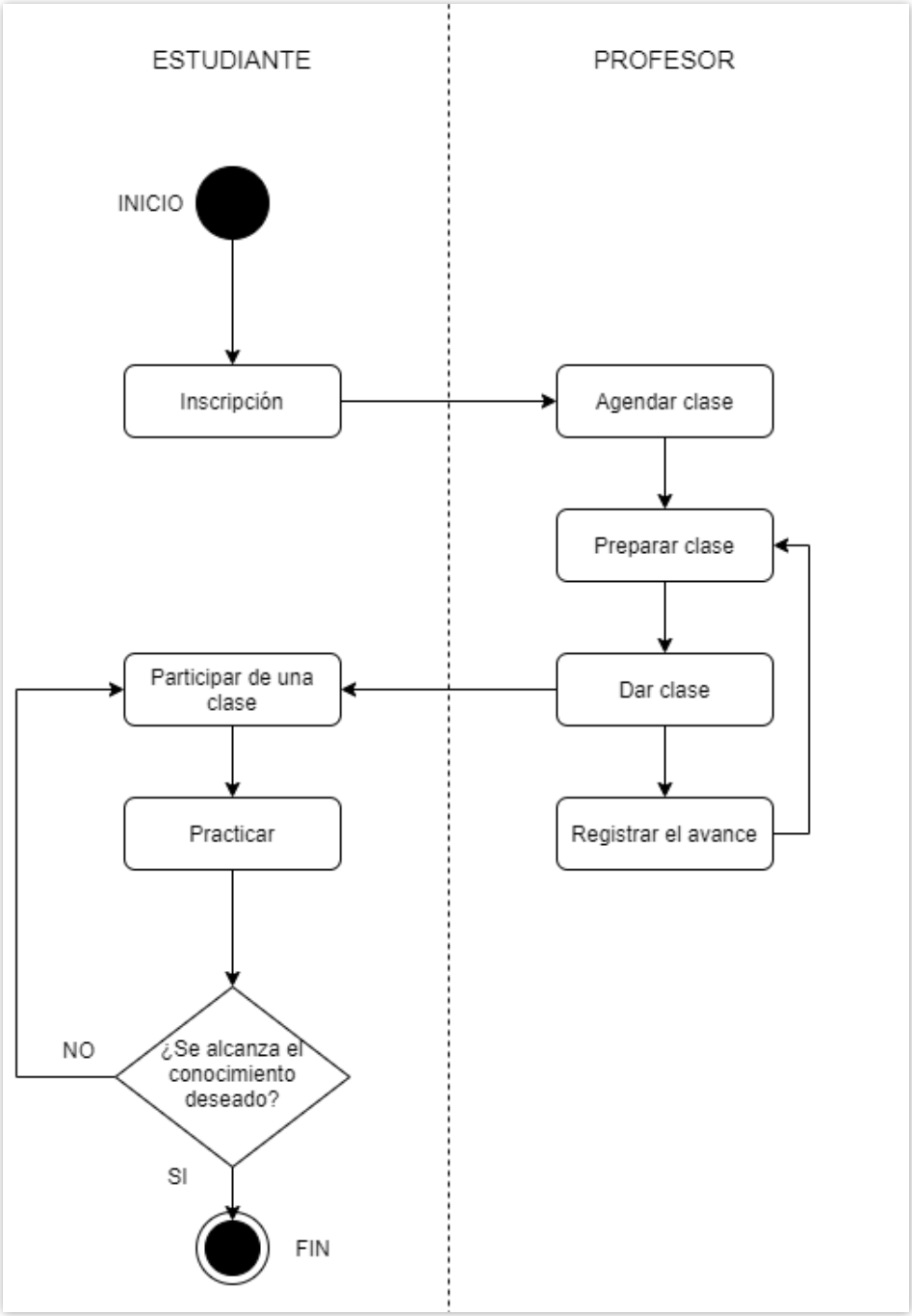


Ilustración 3 - Proceso de negocio

Diagnóstico y Propuesta

Se realizó el diagnostico de cada uno de los procesos mencionados:

Diagnóstico

Nombre del proceso: Inscripción	
Problema	Causa
No se puede inscribir.	El estudiante no encuentra una clase en día, horario y lugar que pueda asistir.
La inscripción queda a cargo del profesor.	El alumno no puede registrarse de manera autónoma..
Los datos pueden ser inconsistentes.	La inscripción es manual.

Nombre del proceso: Agendar clase	
Problema	Causa
El profesor debe recordar la clase agendada en día y horario.	La agenda es manual.
Se pueden superponer clases.	Agenda manual inexacta.
Más alumnos de los que el profesor puede manejar.	Superposición de horarios de alumnos.

Nombre del proceso: Preparar clase	
Problema	Causa
El profesor debe preparar los objetivos de la clase según cada estudiante.	Diferentes niveles de conocimiento en estudiantes en la misma clase.

Nombre del proceso: Dar clase	
Problema	Causa

El profesor debe analizar en la misma el nivel de cada alumno.	No existe registro detallado de su progreso, o si existe es sin mucho detalle.
Preguntas fuera del objetivo de la clase.	El estudiante tiene al profesor para evacuar dudas más allá del objetivo que este propone de la clase.
El objetivo preparado puede no alcanzarse.	Muchas consultas de estudiantes y/o falta de tiempo para realizar el objetivo propuesto.

Nombre del proceso: Registrar progreso	
Problema	Causa
Disparidad de criterios de registro de progreso.	El profesor evalúa de manera intuitiva o dispar mediante técnicas cualitativas.

Nombre del proceso: Participar clase	
Problema	Causa
Pérdida de tiempo de la clase.	Hay que llevar físicamente con el instrumento al aula.
Es única e irrepetible, no se puede volver a realizar.	No está grabada, no quedan registros más que las notas informales tomadas.
Se pierde tiempo con el ajuste y presentación del instrumento.	Al llegar el instrumento puede estar desafinado.

Nombre del proceso: Practicar	
Problema	Causa
No hay retroalimentación de un profesor.	La práctica es individual, sin profesor ni supervisión.
Se pueden cometer errores y no saberlo.	La práctica es individual, sin profesor ni supervisión.

Propuesta

Se diseñó y desarrollo un software especialmente orientado a aquellas personas interesadas en aprender música, independientemente de si poseen o no conocimientos previos en la materia. El cual permite a los estudiantes acceder a lecciones asincrónicas desde cualquier lugar y en cualquier momento que les sea conveniente, además de ofrecerles retroalimentación interactiva para mejorar su desempeño. A los profesores les permite la capacidad de crear y personalizar sus propias clases en la plataforma.

Todo esto se ha logrado mediante un software que combina la convergencia de la RA, CV e IA, creando así una experiencia de aprendizaje inmersiva y altamente interactiva para la adquisición de conocimientos.

Objetivo, Límites y Alcance del Prototipo

Objetivo del Prototipo

Desarrollar un sistema para tomar clases de música por medio de realidad aumentada.

Limites

El sistema va desde el ingreso en el sistema por parte del estudiante hasta la toma de una clase, una práctica y la visualización de su progreso.

Alcances

- Acceso de estudiantes registrados.
- Tomar una clase de música con experiencia interactiva en RA.
- Tomar una práctica de música con experiencia interactiva en RA.
- Registrar los avances en clases y prácticas.
- Visualizar el progreso del estudiante.

Descripción del Sistema

Requerimientos Funcionales

Código	RF001
Nombre	Registrar estudiante.
Descripción	El sistema debe registrar al estudiante.

Código	RF002
Nombre	Identificar estudiante.
Descripción	El sistema debe identificar al estudiante.

Código	RF003
Nombre	Tomar clase.
Descripción	El sistema debe brindar las clases y deben ser repetibles.

Código	RF004
Nombre	Permitir practica supervisada
Descripción	El sistema debe permitir la práctica del estudiante y dar interactividad en cómo se desempeña.

Código	RF005
Nombre	Registro de progreso.
Descripción	El sistema debe llevar un registro del progreso del estudiante.

Código	RF006
Nombre	Informar el progreso.
Descripción	El sistema debe brindar información del progreso según las clases y dentro de las mismas (interactividad).

Requerimientos no Funcionales

Código	RNF001
Nombre	Sistema de escritorio Windows o Linux
Descripción	El sistema debe permitir su instalación en Windows o Linux.

Código	RNF002
Nombre	Cámara Web
Descripción	El sistema debe tener acceso a la cámara web del dispositivo o conectada a él.

Código	RNF003
Nombre	Micrófono
Descripción	El sistema debe tener acceso al micrófono del dispositivo o conectado a él.

Código	RNF004

Nombre	Parlantes o auriculares
Descripción	El sistema debe tener acceso los altavoces del equipo ya que emitirá música y sonidos.

Código	RNF005
Nombre	Lenguaje de programación Python
Descripción	El sistema debe ser programado en Python ya que utilizará las librerías necesarias para RA, VC y AI.

Código	RNF006
Nombre	Base de datos relacional.
Descripción	El sistema debe resguardar la información en una base de datos relacional que además permita conexiones cifradas a la misma.

Código	RNF007
Nombre	Interfaz intuitiva y usable.
Descripción	El sistema debe permitir la visualización de datos en forma clara y entendible.

Código	RNF009
Nombre	Mail server
Descripción	El sistema necesita un servidor de correo electrónico para enviar mails.

Código	RNF009
Nombre	Conexión a internet

Descripción	El sistema debe poder conectarse con una API web y con el servidor de correo por medio de internet.

Código	RNF010
Nombre	PHP
Descripción	El sistema debe usar para la programación de su API web un lenguaje de fácil despliegue y sencillo de programar.

Código	RNF011
Nombre	API web
Descripción	El sistema debe usar una APÏ web que intermedie con la base de datos y con el email server.

Diagrama de Casos de Uso

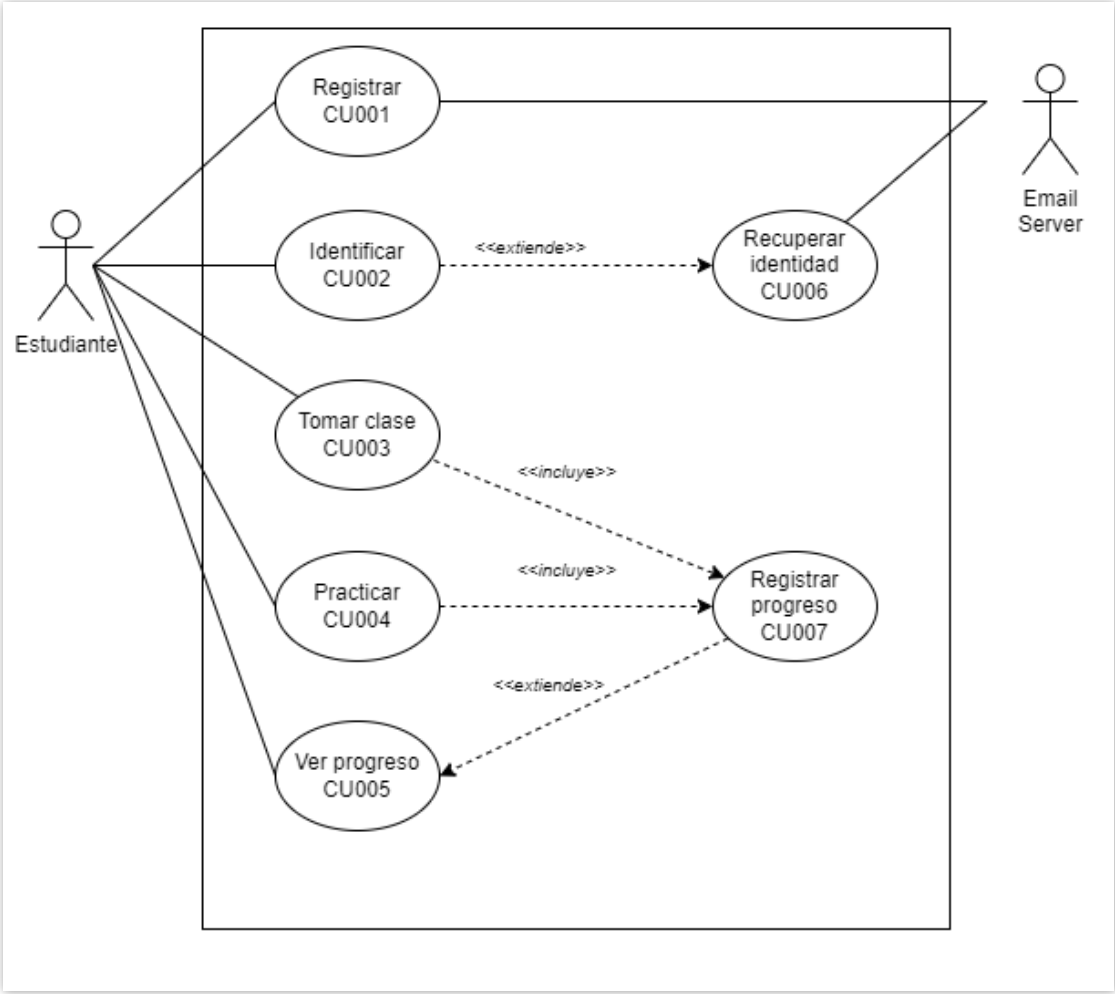


Ilustración 4 - Diagrama de casos de uso

Descripción de Casos de Uso

CU001- Registrarse: El futuro estudiante se registra en el sistema para su posterior autenticación.

Nivel de caso de uso:	Sistema de información.	Requisito funcional:	RF001
	Registrarse	Orden:	1

Nombre de caso de uso:		ID:	CU001
Prioridad:	Alta.		
Complejidad:	Baja.		
Actor principal:	Estudiante.		
Actor secundario:	Email server		
Tipo caso de uso:	Concreto.		
Objetivo:	Registra al estudiante en el sistema.		
Precondiciones:	El estudiante debe tener instalado el sistema y conexión a internet.		
Post-condiciones:	Éxito:	El estudiante queda registrado	
	Fracaso:	No queda registrado	
Curso normal		Alternativas	
1 - El estudiante ejecuta el software.			
2 - Se despliega la ventada de ingreso		2.1 - Ingresa	
3 - Hace clic en el botón de registro			
4 - Se despliega el formulario de registro			
5 - Completa correctamente los campos de datos pedido (Email, nombre, contraseña)		5.1 - No completa correctamente los campos	
4 - El sistema le envía un mail con un código de registro.			
5 - Se abre formulario para ingresar el código			
6 - Ingresa el código que le llego por mail		6.1 - No lo ingresa o lo ingresa mal.	
7 - El estudiante queda registrado y se despliega pantalla de ingreso.		7.1 - No queda registrado debe repetir los pasos para el registro.	
Asociación de inclusión:		No aplica.	
Asociación de extensión:		CU005 - Recuperar identidad	
Caso de uso donde se incluye:		No aplica.	
Caso de uso al que se extiende:		CU005 - Recupera identidad	
Caso de uso de generalización:		No aplica.	

Autor:	Gustavo Futo	Fecha creación:	20/09/2023
Autor modificación:	Gustavo Futo	Fecha modificación:	20/09/2023

CU002- Identificar: El estudiante se identifica en el sistema con email y una clave.

Nivel de caso de uso:	Sistema de información.	Requisito funcional:	RF002
Nombre de caso de uso:	**Identificar**	Orden:	2
		ID:	CU002
Prioridad:	Alta.		
Complejidad:	Baja.		
Actor principal:	Estudiante.		
Actor secundario:			
Tipo caso de uso:	Concreto.		
Objetivo:	Identificar al estudiante en el sistema.		
Precondiciones:	El estudiante debe tener instalado el sistema y conexión a internet.		
Post-condiciones:	Éxito:	El estudiante ingresa identificado.	
	Fracaso:	No puede ingresar.	
Curso normal		Alternativas	
1 - El estudiante ejecuta el software.			
2 - Ingresa su nombre y clave.		2.1 - Sale.	
3 - El sistema lo valida.		3.1 - El sistema no lo valida.	
4 – El sistema le permite ingresar.		4.1 - El sistema no le permite ingresar. 4.2 - El sistema le ofrece recuperar su estudiante.	
Asociación de inclusión:		No aplica.	
Asociación de extensión:		CU006 - Recuperar identidad	
Caso de uso donde se incluye:		No aplica.	
Caso de uso al que se extiende:		CU006 – Recupera identidad	

Caso de uso de generalización:		No aplica.	
Autor:	Gustavo Futo	Fecha creación:	20/09/2023
Autor modificación:	Gustavo Futo	Fecha modificación:	20/09/2023

CU003- Tomar clase: El estudiante identificado toma una clase interactiva en el sistema. La clase se desarrolla por medio de lecciones, las cuales si el estudiante interactúa de manera correcta va avanzando en las mismas hasta terminar la clase. El avance se va registrando.

Nivel de caso de uso:	Sistema de información.	Requisito funcional:	RF003
Nombre de caso de uso:	**Tomar clase**	Orden:	3
		ID:	CU003
Prioridad:	Alta.		
Complejidad:	Alta.		
Actor principal:	Estudiante.		
Actor secundario:			
Tipo caso de uso:	Concreto.		
Objetivo:	Tomar una clase.		
Precondiciones:	El Estudiante debe estar identificado.		
Post-condiciones:	Éxito:	El estudiante puede realizar otra clase más avanzada.	
	Fracaso:	El estudiante no puede realizar una clase más avanzada.	
Curso normal		Alternativas	
1 - El estudiante inicia una clase.			
2 - Interactúa con cada lección.			
3 - Se registra el progreso.			
4 - El estudiante realiza las lecciones.		4.1 - el estudiante no realizan más lecciones.	
5 - Completa la clase.		5.1 - No completa la clase	

6 - Se permite realizar otra más avanzada o repetir otra ya hecha.		6.1 - Se permite repetir otra ya hecha o iniciar.	
Asociación de inclusión:		CU006 - Registrar progreso.	
Asociación de extensión:		No aplica.	
Caso de uso donde se incluye:		No aplica.	
Caso de uso al que se extiende:		No aplica.	
Caso de uso de generalización:		No aplica.	
Autor:	Gustavo Futo	Fecha creación:	20/09/2023
Autor modificación:	Gustavo Futo	Fecha modificación:	20/09/2023

CU004- Practicar: El estudiante realiza una práctica supervisada con los conocimientos adquiridos de las clases tomadas. Al finalizarla se registra el progreso.

Nivel de caso de uso:	Sistema de información	Requisito funcional:	RF006
Nombre de caso de uso:	**Practicar**	Orden:	4
		ID:	CU004
Prioridad:	Alta.		
Complejidad:	Alta.		
Actor principal:	Estudiante.		
Actor secundario:			
Tipo caso de uso:	Concreto.		
Objetivo:	Practicar.		
Precondiciones:	El estudiante debe haber tomado por lo menos una clase.		
Post-condiciones:	Éxito:	El estudiante finaliza la práctica.	
	Fracaso:	No puede finalizar la práctica.	
Curso normal		Alternativas	
1 - Inicia una práctica.			
2 – Finaliza la práctica.			
3 - Se registra su progreso.			
4 - Se permite realizar otra práctica o repetirla.			

Asociación de inclusión:		CU006 - Registrar progreso.	
Asociación de extensión:		No aplica.	
Caso de uso donde se incluye:		No aplica.	
Caso de uso al que se extiende:		No aplica.	
Caso de uso de generalización:		No aplica.	
Autor:	Gustavo Futo	Fecha creación:	20/09/2023
Autor modificación:	Gustavo Futo	Fecha modificación:	20/09/2023

CU005- Ver progreso: El estudiante puede ver un informe de su progreso dentro del sistema.

Nivel de caso de uso:	Sistema de información.	Requisito funcional:	RF005
Nombre de caso de uso:	**Ver progreso**	Orden:	5
		ID:	CU005
Prioridad:	Media.		
Complejidad:	Baja.		
Actor principal:	Estudiante.		
Actor secundario:			
Tipo caso de uso:	Concreto.		
Objetivo:	Ver un informe con el progreso de aprendizaje.		
Precondiciones:	El estudiante debe estar identificado.		
Post-condiciones:	Éxito:	El estudiante ve su progreso.	
	Fracaso:	No puede ver su progreso.	
Curso normal		Alternativas	
1 - El estudiante hace clic en el botón informes.			
2 – Se despliega su actividad y ve el progreso que realizo.		2.1 - No tiene progresos para ver.	
Asociación de inclusión:		No aplica.	
Asociación de extensión:		CU007 - Registrar progreso.	

Caso de uso donde se incluye:		No aplica.	
Caso de uso al que se extiende:		CU007 - Registrar progreso.	
Caso de uso de generalización:		No aplica.	
Autor:	Gustavo Futo	Fecha creación:	20/09/2023
Autor modificación:	Gustavo Futo	Fecha modificación:	20/09/2023

CU006- Recuperar identidad: El estudiante puede recuperar su identidad si olvido la clave para no perder el registro de su actividad.

Nivel de caso de uso:	Sistema de información.	Requisito funcional:	RF002
Nombre de caso de uso:	**Recuperar identidad**	Orden:	6
		ID:	CU006
Prioridad:	Alta.		
Complejidad:	Baja.		
Actor principal:	Estudiante.		
Actor secundario:			
Tipo caso de uso:	Concreto.		
Objetivo:	Recuperar la identificación del estudiante en el sistema.		
Precondiciones:	El estudiante debe tener una identificación en el sistema.		
Post-condiciones:	Éxito:	El estudiante logra recuperar su identidad en el sistema.	
	Fracaso:	No puede ingresar.	
Curso normal		Alternativas	
1 - El estudiante ejecuta la recuperación			
2 - Ingresa su nombre y nueva clave			
3 - El sistema valida el nombre y le permite cambiar la clave.		3.1 - El sistema no lo valida y no le permite cambiar la clave	
4 - El sistema le permite ingresar		4.1 - El sistema no le permite ingresar.	

		4.2 - El sistema le ofrece recuperar su estudiante o crear uno nuevo en base a otro.	
Asociación de inclusión:		No aplica.	
Asociación de extensión:		CU001 - Registrar.	
Caso de uso donde se incluye:		No aplica.	
Caso de uso al que se extiende:		CU001 - Registrar.	
Caso de uso de generalización:		No aplica.	
Autor:	Gustavo Futo	Fecha creación:	20/09/2023
Autor modificación:	Gustavo Futo	Fecha modificación:	20/09/2023

CU007 - Registrar progreso: El sistema registra el progreso del estudiante en el sistema.

Nivel de caso de uso:	Sistema de información.	Requisito funcional:	RF005 RF006
Nombre de caso de uso:	**Registrar progreso**	Orden:	7
		ID:	CU007
Prioridad:	Alta.		
Complejidad:	Alta.		
Actor principal:	Estudiante.		
Actor secundario:			
Tipo caso de uso:	Concreto.		
Objetivo:	Registrar el progreso del estudiante en el sistema.		
Precondiciones:	El estudiante debe haber realizado una clase.		
Post-condiciones:	Éxito:	Se carga el progreso del estudiante.	
	Fracaso:	No se cargan.	
Curso normal		Alternativas	
1 - Se registran los aciertos en las clases.		1 - No se registran aciertos	
Asociación de inclusión:		No aplica.	

Asociación de extensión:		CU005 - Ver progreso.	
Caso de uso donde se incluye:		CU003 - CU004	
Caso de uso al que se extiende:		CU005 - Ver progreso.	
Caso de uso de generalización:		No aplica.	
Autor:	Gustavo Futo	Fecha creación:	20/09/2023
Autor modificación:	Gustavo Futo	Fecha modificación:	20/09/2023

Relación entre caso de uso y requisitos funcionales	
Caso de uso	Requisito cubierto
CU001	RF001
CU002	RF002
CU003	RF003
CU004	RF004
CU005	RF001
CU006	RF004,RF005

Tabla 2 - Relación caso de uso con requisito funcional

Diagrama de Secuencia

CU001: El caso inicia luego de ejecutar el software. El sistema le pide para ingresar que se registre. Para registrarse con se le pide el ingreso de sus datos (email, nombre, apellido y contraseña) Luego el sistema le envía por mail un código para validarlo, que el estudiante debe ingresar en una ventana de validación. Allí se completa su registro, el sistema le permite ingresar.

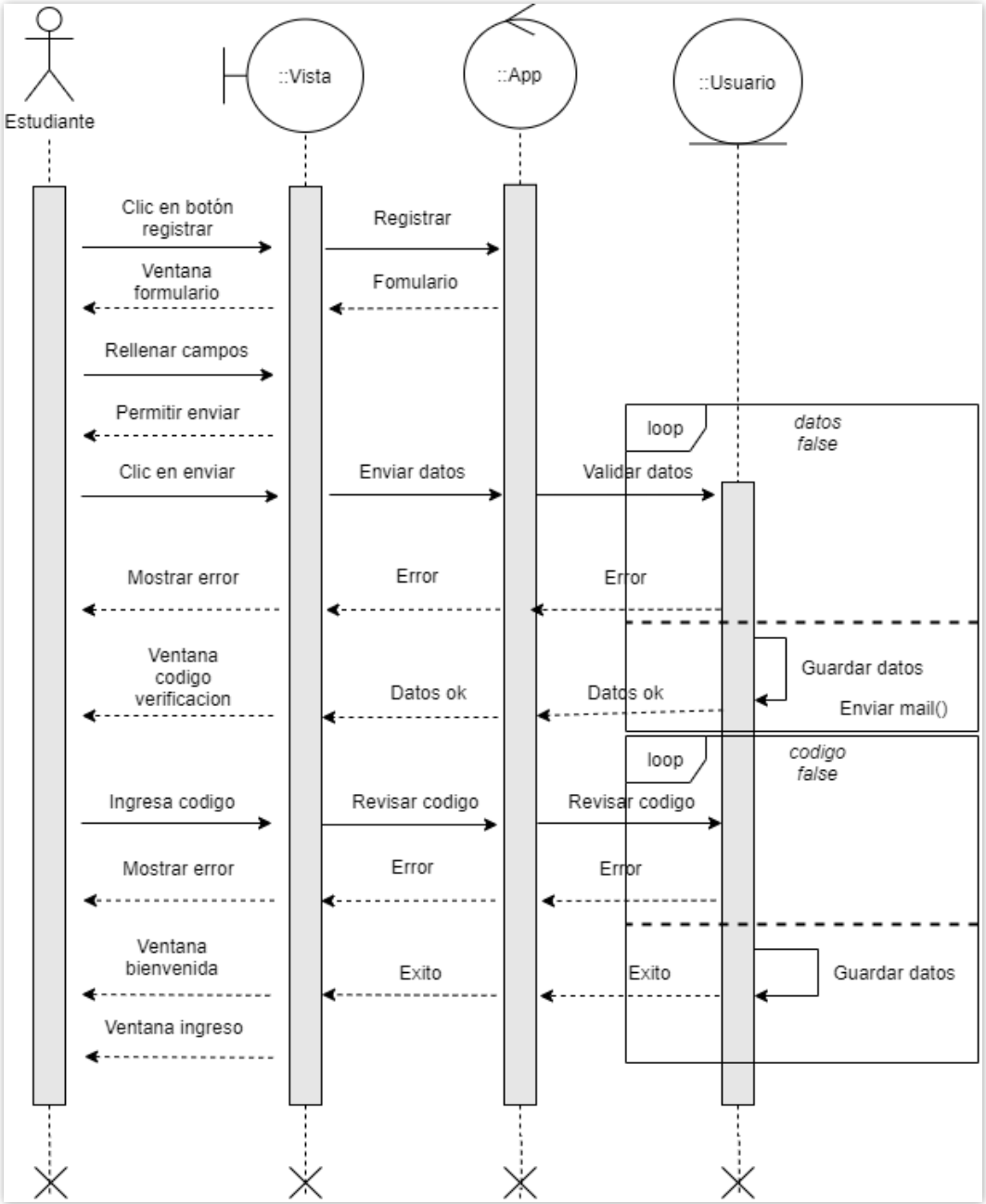


Ilustración 5 - Diagrama de secuencia CU001

CU002: el estudiante ingresa efectivamente al sistema ya identificado:

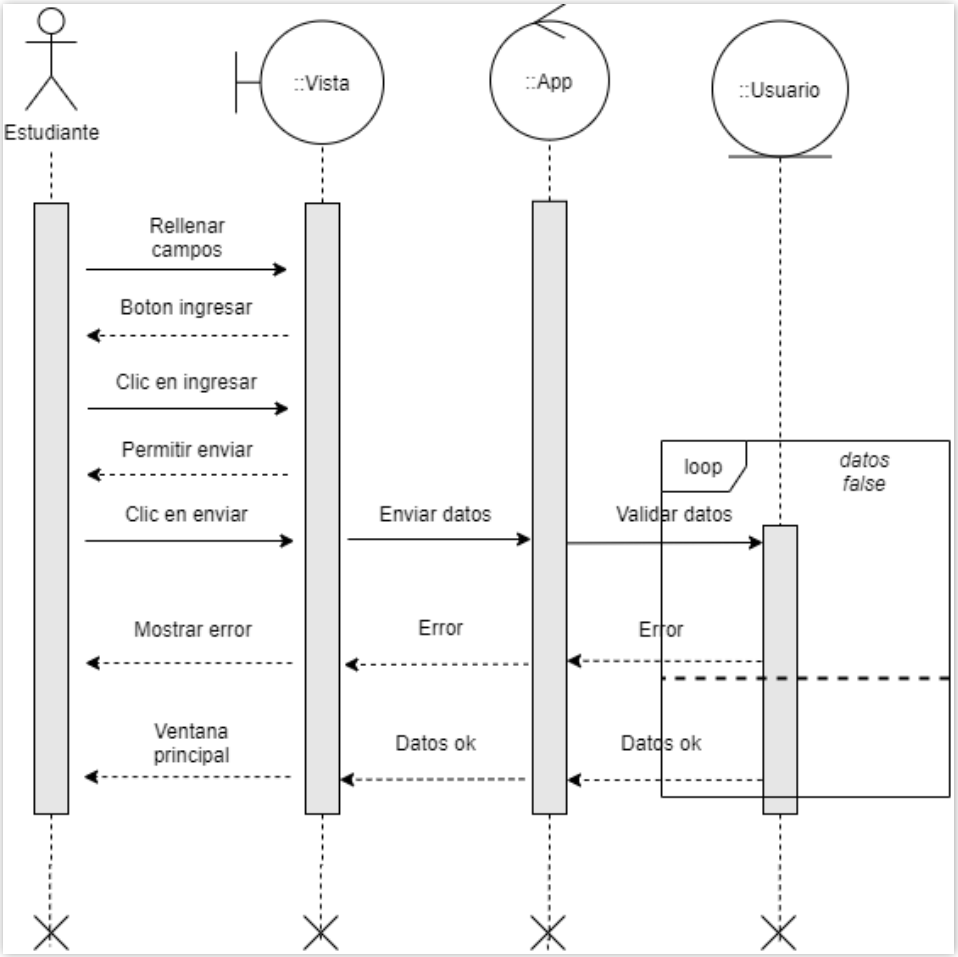


Ilustración 6 - Diagrama de secuencia CU002

CU003: El estudiante empieza una clase. Se buscan las lecciones en función de la clase a tomar. Estas se van presentando al estudiante en el orden que tienen esas lecciones y según las va completando. Cada lección cuenta con una secuencia musical, y con materia de texto o multimedia asociado. En cada lección hay interacciones audio-visuales que estudiante debe completar para poder avanzar a la siguiente. Este proceso se repite hasta terminar la clase completando las lecciones correspondientes y registrándose su progreso. El curso alternativo es salir sin interactuar con las lecciones.

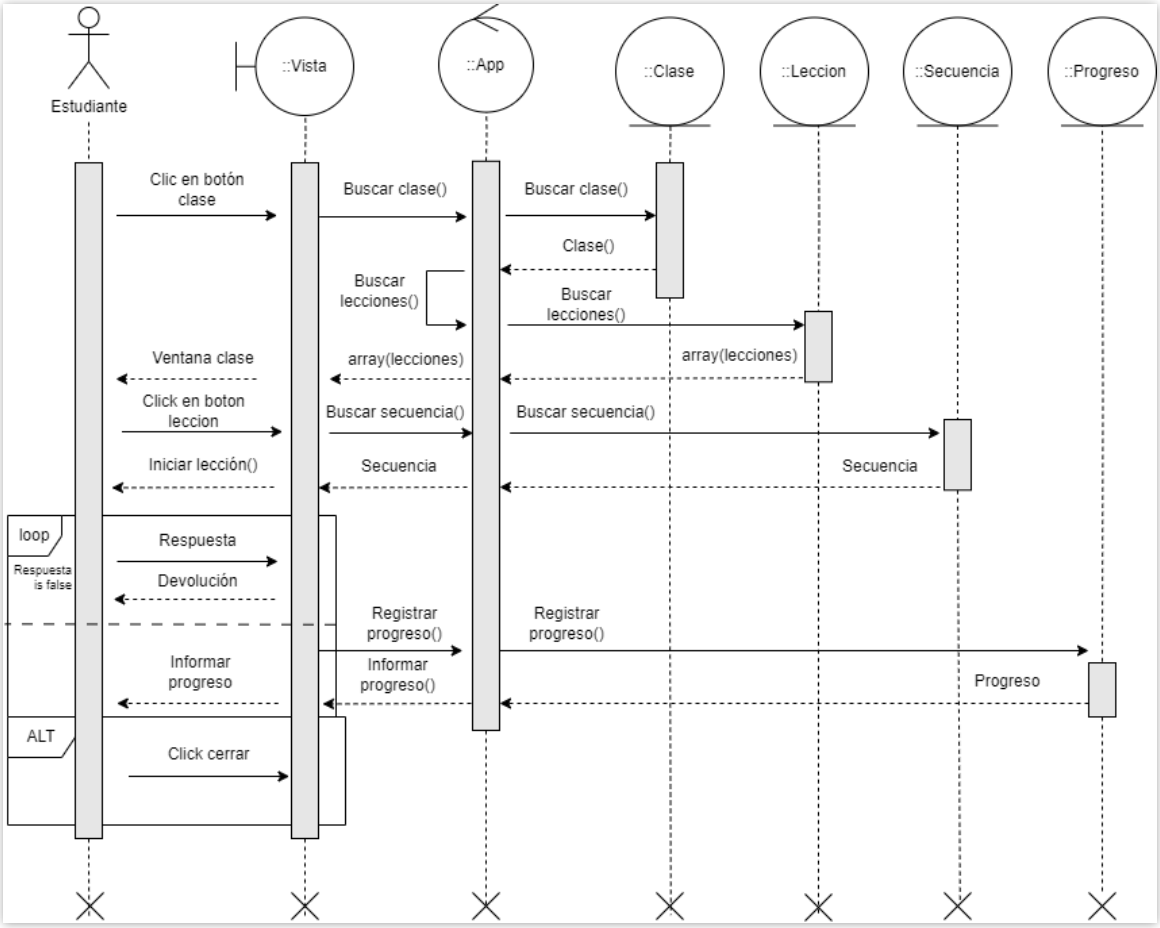


Ilustración 7 - Diagrama de secuencia CU003

CU004: El estudiante empieza una práctica. Esta se desarrolla de manera en que el estudiante interactúa con el sistema según lo programado por el profesor. La práctica es un tipo de clase donde la lección es un conjunto de secuencias musicales orientada a la práctica en sí, sin material extra y con una duración acorde a una interpretación o ejercicio musical. Al terminarla se registra su progreso.

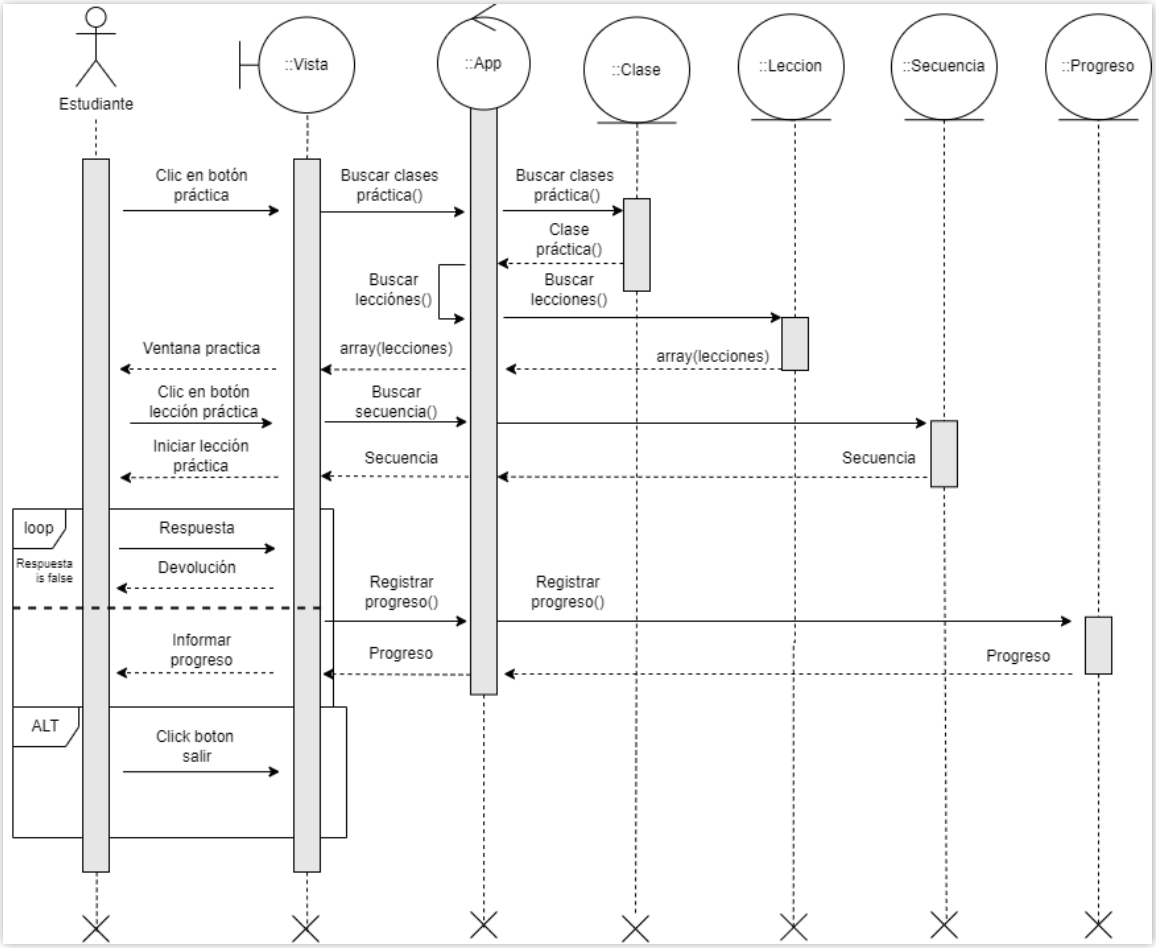


Ilustración 8 - Diagrama de secuencia CU004

El CU005 el estudiante puede ver su progreso, tanto lo hecho en las clases como en las prácticas, consultado el registro de sus progresos mediante el botón informes.

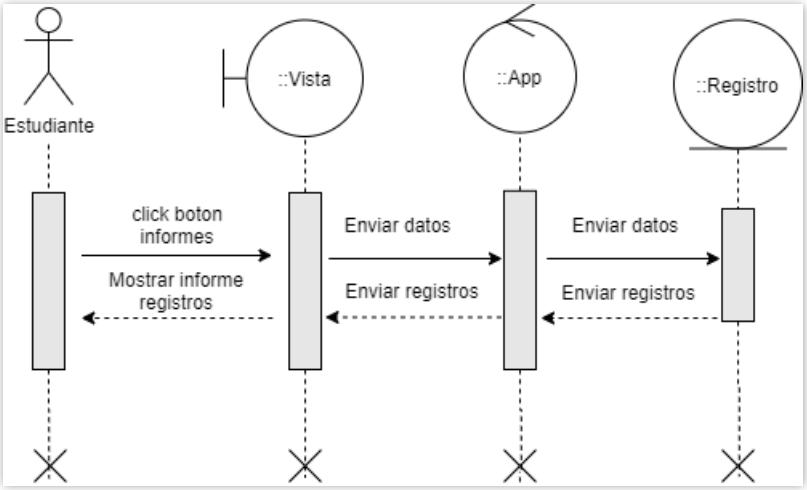


Ilustración 9 - Diagrama de secuencia CU005

CU006: Para recuperar su identidad en el sistema el estudiante debe hacer clic en el botón de recupero y seguir los pasos de recuperación de cuenta. Los cuales son:

- El ingreso del mail para que el sistema valide que existe ese mail.
- Si existe el sistema le envía un código.
- Ese código enviado es el que el sistema requiere en el formulario de recupero para que el estudiante finalmente pueda cambiar su contraseña.
- Luego de eso puede ingresar con la contraseña nueva.

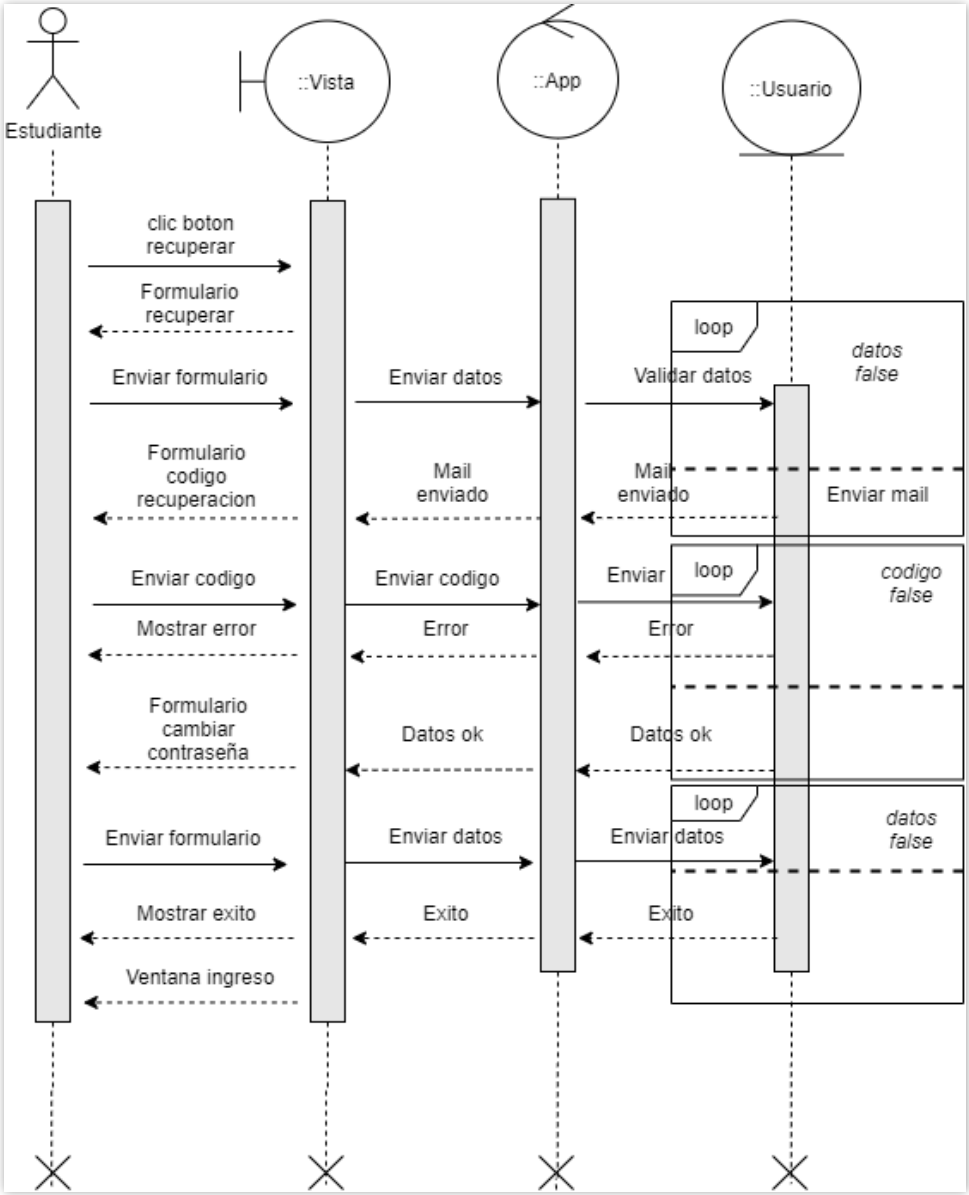


Ilustración 10 - Diagrama de secuencia CU006

Estructura de Datos

El siguiente DER (Diagrama Entidad Relación) nos ofrece una representación visual de las entidades, sus atributos y las relaciones facilitando la comprensión de la estructura de datos y sus relaciones, para lograr una planificación eficiente de la base de datos.

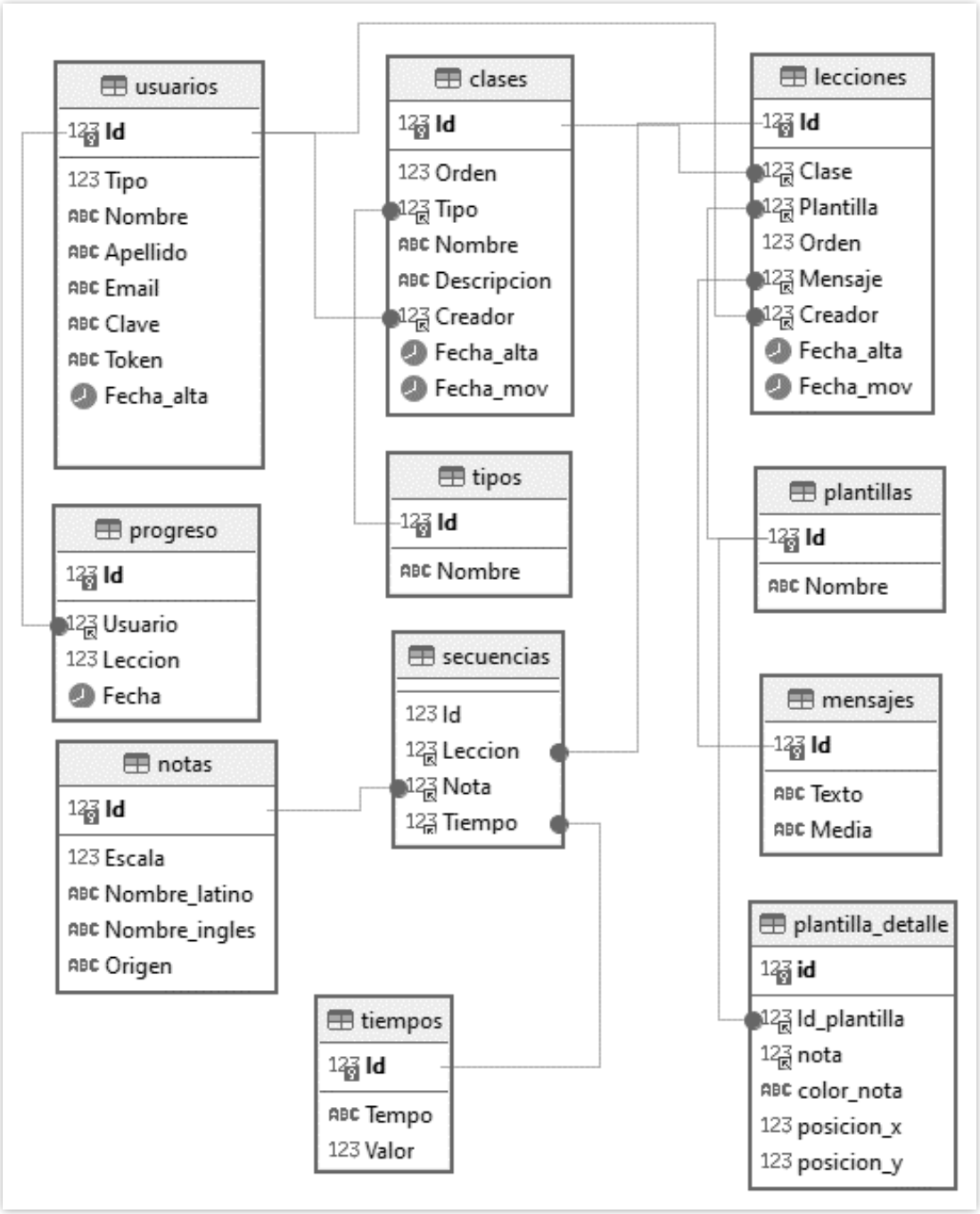


Ilustración 11 - Diagrama de entidad relación

Por su parte, la realización de un diagrama de clases fue esencial en el desarrollo para representar visualmente la estructura de los objetos, sus métodos y sus asociaciones:

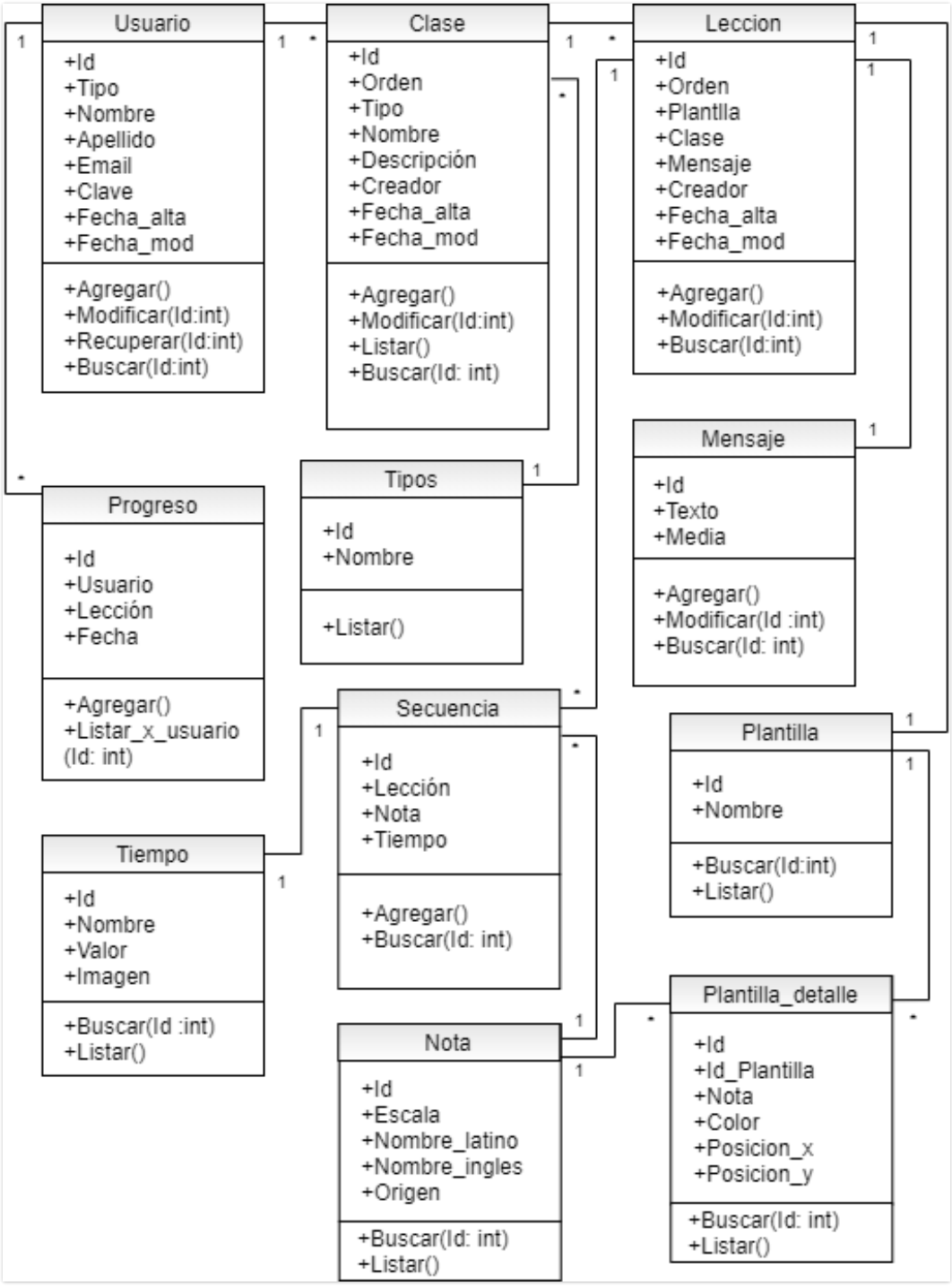


Ilustración 12 - Diagrama de clases

Prototipos de Interfaces de Pantallas

Pantalla de autenticación: al iniciar el sistema se una pantalla donde el usuario es autenticado mediante el email y contraseña que ha registrado. Si es así se procede a abrir la pantalla de inicio. Desde esa misma pantalla puede registrarse o recuperar su registro previo.

Ilustración 13 - Pantalla de login

Pantalla de registro: si el usuario no está registrado puede ingresar por medio del botón registro a realizarlo.

Ilustración 14 - Pantalla de registro

Pantalla de inicio: es donde el usuario elige si realiza una clase, una práctica o puede ver su avance según el botón que presione:

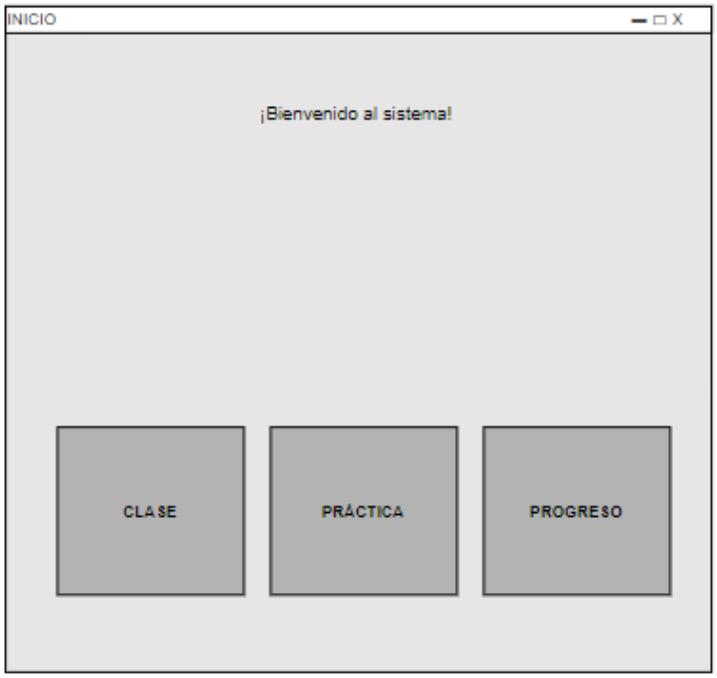


Ilustración 15 - Pantalla de inicio

Pantalla de clase: esta cuenta con una ventana donde se toma la imagen de la camara, en la cual se siguen los movimientos de los dedos de las manos que van a ser los indicadores para la interaccion. Las notas son dibujadas en circulos sobre la imagen obtenida de la cámara, estos para ser accionados deben “tocarse” con los dedos de las manos. Es decir el usuario debe aproximar viendo la camara el dedo indice al circulo dibujado con el nombre de la nota. Al costado hay una breve descripcion de la clase y las indicaciones de interaccion y debajo las lecciones que componen la clase. Al hacer clic en cada botón se van pasando las lecciones.

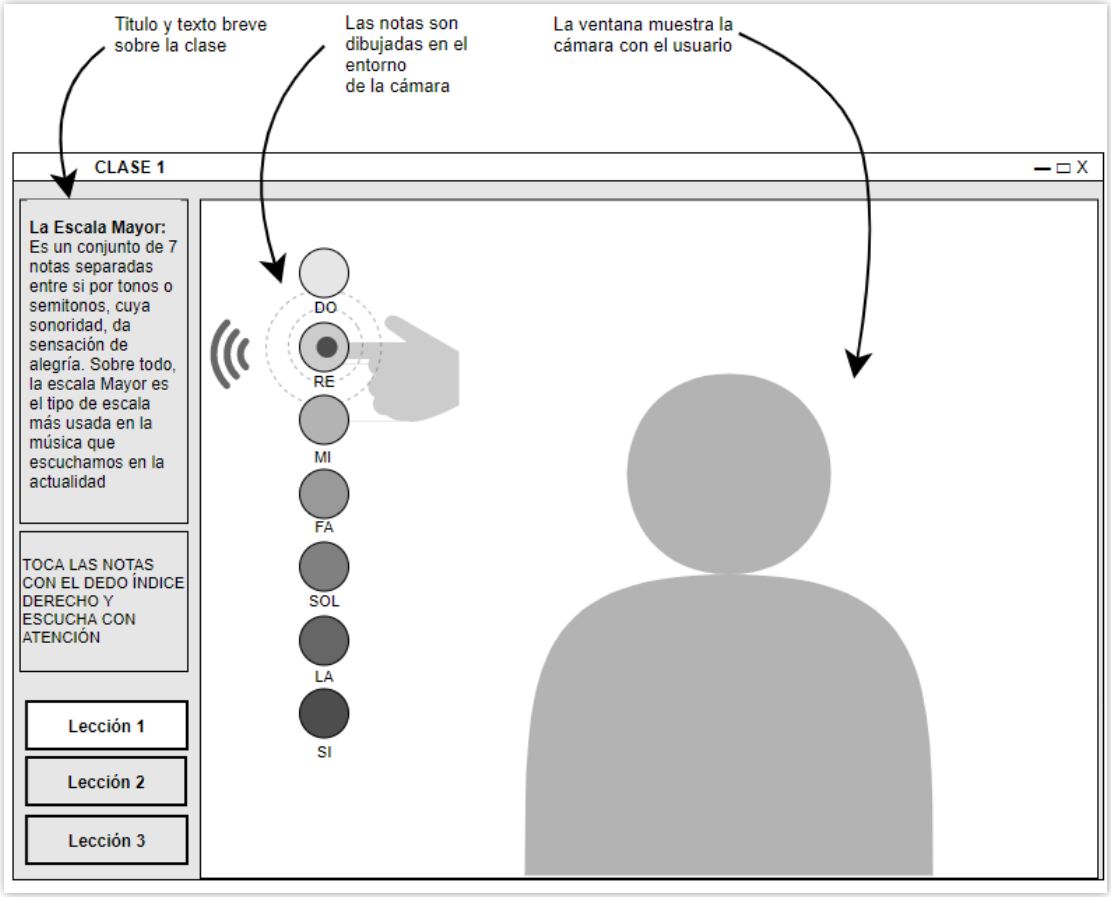


Ilustración 16 - Pantalla clase lección 1

Al hacer clic en el botón de leccion dos esta se inicia y se realiza con la interaccion del usuario segun lo indicado:

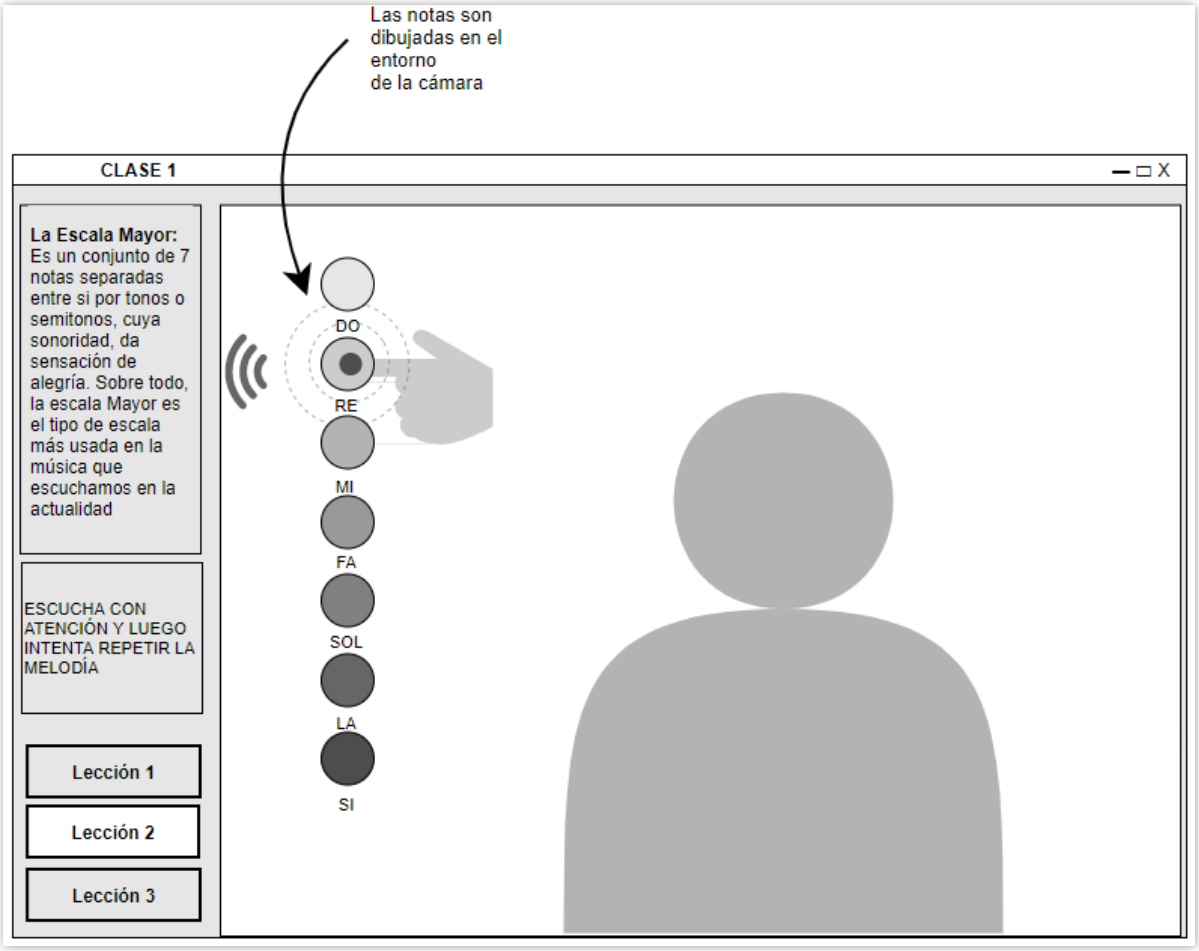


Ilustración 17 - Pantalla clase lección 2

En la leccion 3 se continua la interaccion según lo indicado:

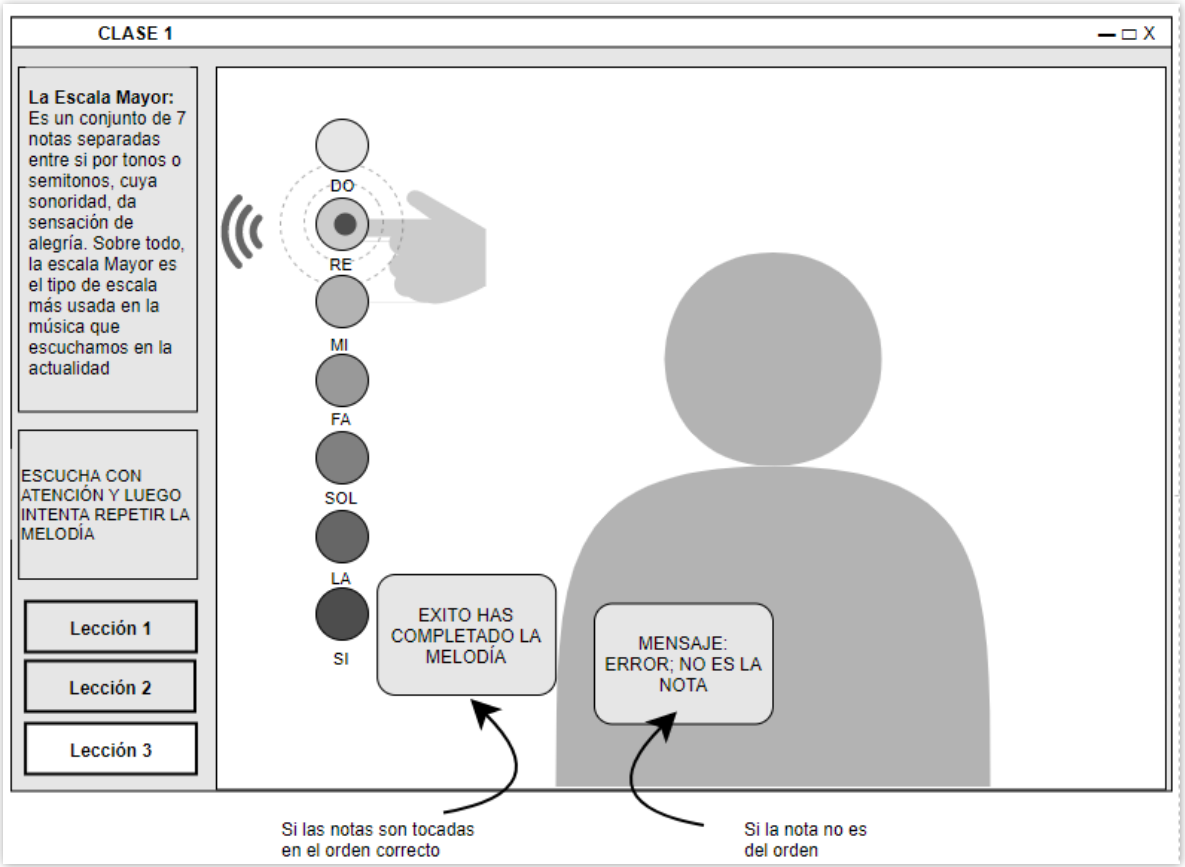


Ilustración 18 - Pantalla clase lección 3

Pantalla de práctica: se desarrolla partiendo de una secuencia de notas audibles y el usuario debe reproducirlas de manera que acierte la nota y orden de secuencia. En este ejemplo, se da una secuencia audible y se controla la ejecucion del usuario en el orden de la secuencia audible.

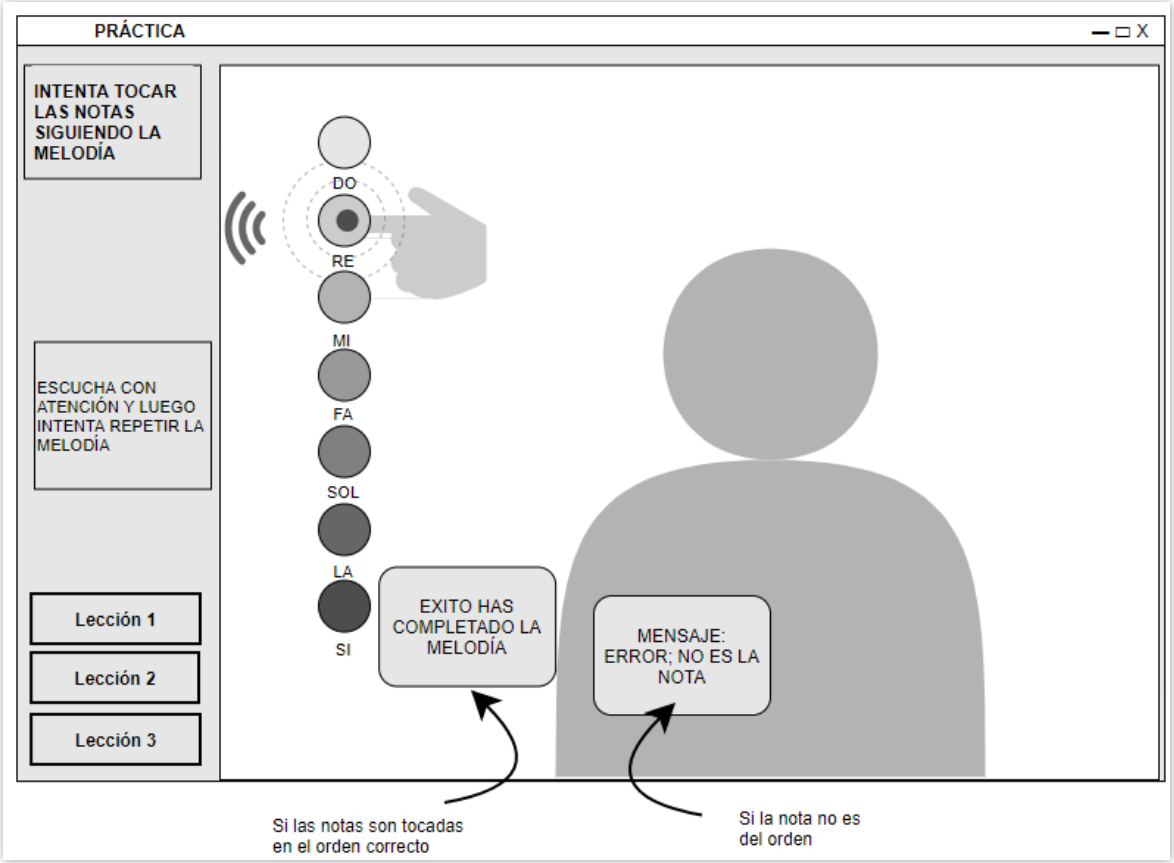


Ilustración 19 - Pantalla practica

Pantalla de progreso: alli se puede ver el progreso que se ha registrado durante las clases y practicas:

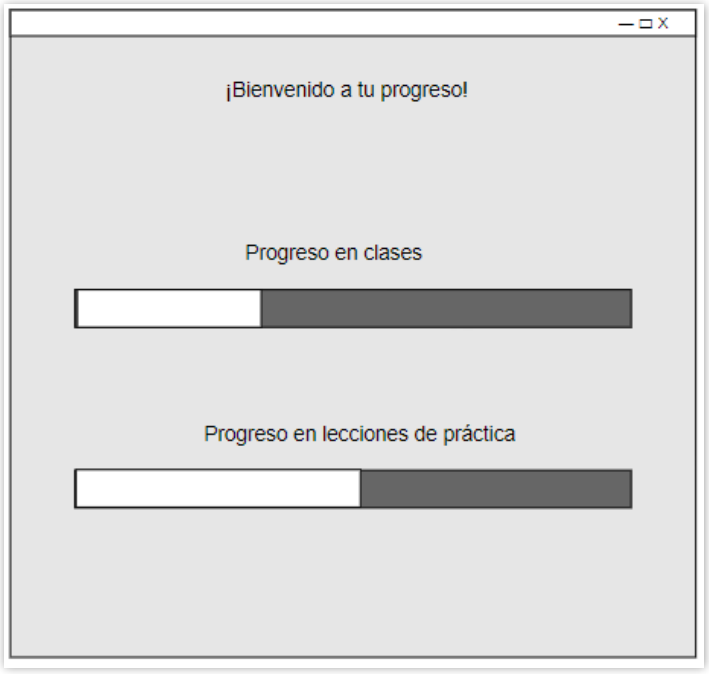


Ilustración 20 - Pantalla progreso

Diagrama de Despliegue

El diagrama de despliegue representa que infraestructura se necesita para el sistema.

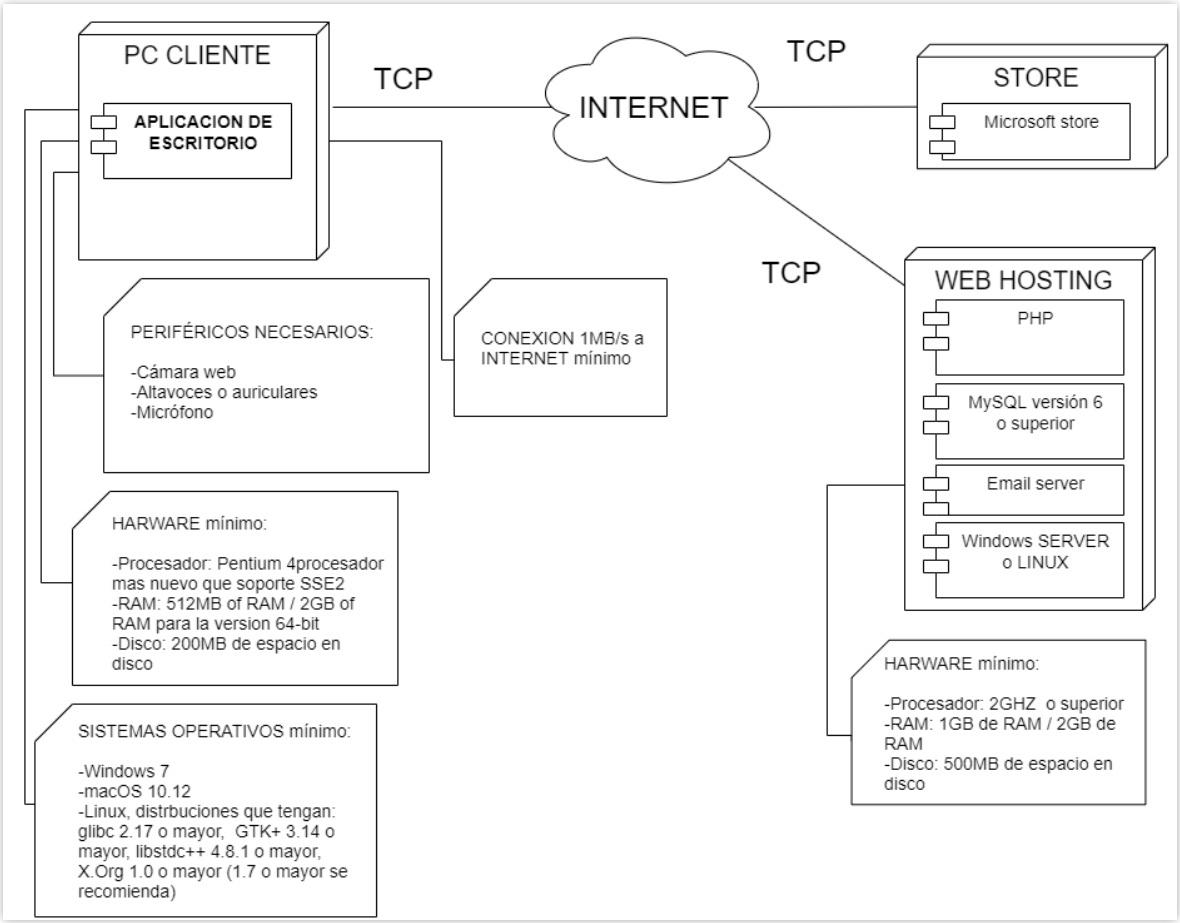


Ilustración 21 - Diagrama de despliegue

Seguridad

El sistema no recopila datos sensibles de los usuarios, pero si su historial de progreso y el email de registro, los cuales son resguardados en la base de datos MySQL y son de importancia para cada usuario en el trayecto de aprendizaje que realiza con la aplicación. Los mismo sucede con las clases o practicas preparadas por de los profesores, por lo cual se tendrán en cuenta las siguientes políticas de seguridad y respaldo.

Accesos a la aplicación

Tratándose de una aplicación del modelo cliente servidor, la aplicación necesita poder conectarse con la base de datos, por medio de una conexión cifrada a una API web mediante SSL/TLS. El usuario y contraseña de la aplicación en reposo (sin uso) para el acceso a la API se almacena de manera cifrada, el usuario nunca tiene acceso directo a la misma. Se siguen estos pasos para almacenar la contraseña de forma segura:

- Durante la instalación, se lee la contraseña de un archivo temporal.

- Se genera una clave aleatoria y se almacena en la carpeta de usuario (%APPDATA% en Windows). Esta ruta es elegida para utilizar una capa de protección adicional del usuario propia del sistema operativo.

- Se deriva una clave de la contraseña leída utilizando AES256 y una semilla aleatoria que puede ser el UID de la PC.

- Se usa la clave derivada para cifrar la contraseña.

- Se almacena la contraseña cifrada en un archivo de configuración en la carpeta de usuario.

- Se elimina el archivo temporal con la contraseña en texto plano (puede estar ofuscado para mayor seguridad).

El usuario se registra mediante la pantalla de registro la cual le pide el email, y contraseña, luego el sistema le envía a ese mail un código único de acceso el cual el sistema le pide para completar el registro y autenticar el email ingresado.

El usuario registrado tiene acceso al sistema mediante su comprobación en la base de datos de su existencia utilizando una autenticación de usuario-clave previamente registrada vía mail. Ese usuario del sistema tiene estas características:

- El nombre de usuario debe ser único en la base de datos y se usa junto con la contraseña para iniciar en la aplicación.
- La contraseña debe tener al menos 8 caracteres, incluir al menos un número y al menos un símbolo.
- La contraseña se encripta y es guardada de esa manera en la base de datos.
- La aplicación tiene dos perfiles: Estudiante y profesor.
    - El estudiante tiene acceso a las clases y prácticas.

- El profesor además puede generar sus propias clases.

El usuario puede recuperar su contraseña siguiendo los pasos de la recuperación, es decir se le genera otro código único desde el sistema y se lo envía por mail para poder recuperar su contraseña en la pantalla de recupero de la misma.

Las políticas de seguridad de una aplicación en Microsoft Store se centran en proteger la privacidad de los usuarios y garantizar la integridad de las aplicaciones. Deben cumplir con las regulaciones de Microsoft y promover la confianza del usuario. Esto incluye la protección de datos personales, la prevención de malware y la promoción de aplicaciones seguras. Las políticas también prohíben la recopilación de información innecesaria y exigen transparencia en la recopilación de datos. Microsoft Store evalúa y supervisa las aplicaciones para garantizar el cumplimiento de estas políticas, y las violaciones pueden resultar en la eliminación de la aplicación de la tienda.

Otra ventaja es que si es necesario alguna actualización de los parámetros de conexión a la base de datos puede propagarse vía actualizaciones de la plataforma.

Política de respaldo

La base de datos principal de sistema está resguardada utilizando una tarea programada en el hosting una vez al día. Una vez a la semana se realiza una copia vía FTP al equipo del desarrollador. La aplicación instalable al estar subida a la tienda de Microsoft store tiene sus propios métodos de resguardos del ejecutable.

El desarrollo y código fuente están resguardados en un repositorio de GitHub gestionado por los desarrolladores. Para la seguridad de la información, se realiza una copia completa del código fuente y la base de datos semanalmente, almacenándose en un dispositivo extraíble. Además, se graban copias mensuales en DVDs, y tanto los DVDs como los dispositivos extraíbles se guardan en ubicaciones físicas separadas como medida de precaución.

Para asegurar la integridad y confidencialidad de los datos resguardados en los dispositivos físicos, se utiliza un proceso de compresión y cifrado. El contenido resguardado en los Pendrives y DVD se comprime y cifra utilizando el software 7zip con una contraseña robusta, garantizando una capa adicional de protección y seguridad.

Tipo respaldo / Periodicidad	Diario	Semanal	Mensual
Hosting / GitHub	x		
Pendrive		x	
DVD			x

Tabla 3 - Tipos de respaldo y su periodicidad

Ante cualquier inconveniente que implique la perdida de información se recurre al respaldo más reciente. En lo referente a la instalación del software en clientes siendo que este no guarda información localmente sino vía la base de datos en internet, el software puede ser reinstalado o migrado de manera transparente para el usuario.

Análisis de costos

Se detallan los costos asociados al proyecto en pesos argentinos a la fecha 10/10/2023. Los costos operativos tanto de hardware, software como servicios:

Recurso	Tipo	Cant.	Fuente	Subtotal
Web hosting	Servicio	1	https://wiroos.com/argentina/hosting-inicial.html	$ 2.035,00
Dominio .com.ar	Servicio	1	https://nic.ar/es/dominios/dominios_y_aranceles	$1710,00
Microsoft Store	Servicio	1	https://developer.microsoft.com/en-us/microsoft-store/register/	$ 19.000,00
PC desarrollo	Hardware	1	https://www.lenovo.com/ar/es/laptops/thinkpad/serie-t/ThinkPad-T15-Gen-2-Intel/p/22TPT15T5N2	$ 1.377.999,00

Windows 11	Software	1	https://www.microsoft.com/es-ar/d/windows-11-pro/dg7gmgf0d8h4	$ 44.999,00
Project libre	Software	1	https://www.projectlibre.com/blog/license	$ 0,00
Visual Studio Code	Software	1	https://code.visualstudio.com/license?lang=es	$ 0,00
Python3	Software	1	https://docs.python.org/3/license.html	$ 0,00
Git	Software	1	https://git-scm.com/	$0.00
GitHub	Software		https://docs.github.com/es/get-started/learning-about-github/types-of-github-accounts	$0,00
PHP	Software	1	https://www.php.net/license/index.php	$0,00
			Total	$ 1.445.743,00

Tabla 4 - Costos operativos

Los costos asociados a los honorarios profesionales del desarrollo basados en el Concejo Profesional de Ciencias Informáticas (Cpciba, 2023):

Rol	Honorarios	Horas	Subtotales
Analista Programador Senior	$ 11.591,00	30	$ 347.730,00
Diseñador de Usabilidad	$ 8.859,00	5	$ 44.295,00
Analista Programador Junior	$ 7.240,00	30	$ 217.200,00
		Total	$ 609.225,00

Tabla 5 - Costos honorarios profesionales

Contamos finalmente con el costo total del proyecto:

Costo operativo	$ 1.444.033,00
Costo honorarios	$ 609.225,00
Costo total	$ 2.054.968,00

Tabla 6 - Costo total

Análisis de riegos

Se presentan los riesgos tenidos en cuenta mediante una evaluación de las potenciales amenazas. Esto permitió comprender mejor las causas subyacentes que podrían impactar el desarrollo del proyecto. Identificar y comprender estos riesgos es fundamental para tomar medidas de contingencia, garantizando así una ejecución exitosa y minimizando contratiempos.

Id	Tipo	Riesgo	Causa
R001	Proyecto	Mala planificacion	Realizar una planificacion sin tener en cuenta posibles inconvenientes puede llevar a retrasos y aumento en costos por ellos.
R002	Producto	La aplicación no cumple su uso.	La aplicación presenta dificultades de uso dada la complejidad de la interaccion.
R003	Producto	Rendimiento bajo en hardware viejo	La aplicación no representa la interactividad ni fluidez requerida.
R004	Producto	Diseño incorrecto de interfaces e interaciones	La aplicación no presenta interfaces e interacciones atractivas al usuario.
R005	Proyecto	Cambios en los costos por inestabilidad económica	Incremento en los costos de hardware, servicios IT y honorarios debido a los constantes cambios económicos del país.
R006	Producto	Falta de conexión estable de internet	La aplicación no puede ser usada o presenta una dificultad ya que el usuario puedo no tener una conexión estable a internet.

Tabla 7 - Análisis cualitativo de riesgos

Asignamos a los distintos riesgos los parámetros para luego aplicar la matriz de riesgos:

ID	Riesgo	Probabilidad	Impacto
R001	Mala planificación	0,5	0,4
R002	La aplicación no cumple su uso.	0,5	0,4
R003	Rendimiento bajo en hardware viejo	0,5	0,4
R004	Diseño incorrecto de interfaces e interaciones	0,5	0,4
R005	Cambios en los costos por inestabilidad económica	0,5	0,2
R006	Falta de conexión estable de internet	0,5	0,2

Tabla 8 - Asignación de parámetros

Probabilidad		Impacto				
		Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
		0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
Muy alta	0,9	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72
Alta	0,7	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56
Media	0,5	0,03	0,05	0,1	0,2	0,4
Baja	0,3	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
Muy baja	0,1	0,01	0,01	0,02	0,4	0,8

	Aceptable
	Tolerable
	Alto

Tabla 9 - Matriz de riesgos

Una vez realizado podemos finalizar con el análisis cuantitativo y grado de exposición de cada riesgo. Se puede apreciar en la siguiente tabla y gráfico de Pareto:

ID	Probablidad	Impacto	Grado de exposicion	Porcentaje	% Acumulado
R001	20%	0,2	0,4	20%	20%
R002	20%	0,2	0,4	20%	40%
R003	20%	0,2	0,4	20%	60%
R004	20%	0,2	0,4	20%	80%

R005	10%	0,1	0,2	10%	90%
R006	10%	0,1	0,2	10%	100%

Tabla 10 - Análisis cuantitativo y grado de exposición

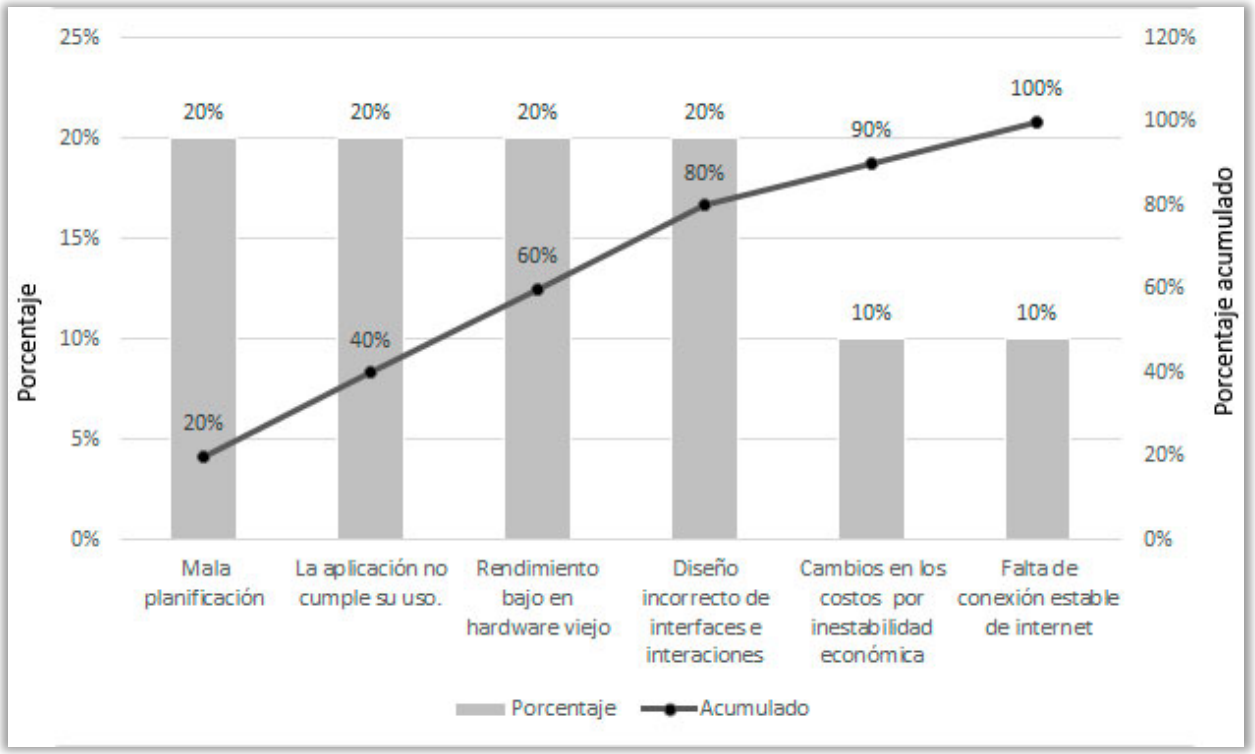


Ilustración 22 - Gráfico de Pareto

Plan de contingencia

Tras haber identificado los riesgos más críticos, se diseñaron planes de contingencia para enfrentarlos eficazmente y asegurar la solidez del proyecto.:

ID	Riesgo	Plan de contingencia
R001	Mala planificación	Analizar y ajustar el plan mediante revaluación constante con la posibilidad de reasignación de recursos (tiempo, presupuesto, personal) de manera flexible.

R002	La aplicación no cumple su uso.	Obtener retroalimentación de los usuarios para analizar y llegado el caso realizar correcciones rápidas.
R003	Rendimiento bajo en hardware viejo	Mantener la interfaz gráfica lo más simple posible.
R004	Diseño incorrecto de interfaces e interaciones	Realizar pruebas exhaustivas de campo con posibles usuarios y adaptar la interfaz y/o interacciones si fuera necesario.

Conclusiones

Al haber cumplido el objetivo de diseñar un sistema que permita el aprendizaje de música mediado por realidad aumentada se brinda una solución a las personas que, por falta de tiempo, lugar y/o posibilidades económicas de afrontar clases regulares no tienen acceso a ese conocimiento.

Empleando tecnologías innovadoras como Realidad Aumentada, Inteligencia Artificial y Visión por Computadora, este proyecto se enfocó en construir un entorno inmersivo para enriquecer la experiencia musical. Los usuarios pueden interactuar en elementos musicales en tiempo real, facilitando la comprensión de conceptos musicales complejos y su práctica. Sin pretender reemplazar los recursos tradicionales como libros, videos y audios, se aspiró a transformar y expandir las fronteras del aprendizaje musical.

Desde el inicio, tuve la visión de que no se limitara a sus objetivos iniciales, sino que funcionara como un punto de partida para futuras ampliaciones y mejoras. Las posibilidades de expansión y aplicación son vastas, como la inclusión de clases aún más complejas o el seguimiento personalizado del progreso del estudiante. Para asegurar que este proyecto continúe evolucionando y beneficiando a la comunidad el código fuente y el desarrollo será de acceso libre y con licencia de GNU. Esto permitirá que otros desarrolladores contribuyan a su mejora y lo distribuyan de manera libre, promoviendo así la innovación colaborativa.

Desde el punto de vista profesional me ha brindado la oportunidad de interiorizarme en tecnologías que me resultan muy interesantes y que en el transcurso de la carrera fui conociendo. Además, en lo personal me ha dado una enorme satisfacción poder realizar un software que permite empoderar y animar a las personas a explorar y desarrollar su pasión por la música.

Demo

En el siguiente enlace se podrá acceder al código fuente del prototipo desarrollado, a una demo funcional ejecutable y a un instructivo para la puesta en marcha y uso:

Link 1:

https://www.dropbox.com/scl/fo/5x0bvjev5sy0kmf9qe1iv/h?rlkey=cdaed3mtz75isk0lfjfkohzat&dl=0

Link 2:

https://drive.google.com/drive/folders/1CeTjKflpHxdJN8yARwg7_6jcjxmh6EgY

Referencias

Apache. (2023). *httpd.apache.org*. Obtenido de https://httpd.apache.org

Apachefriends. (2023). *apachefriends.org*. Obtenido de https://www.apachefriends.org

Azuma, R. T. (1997). *A Survey of Augmented Reality.* Malibú: Hughes Research Laboratories.

Cpciba. (2023). *cpciba.org.ar*. Obtenido de https://www.cpciba.org.ar/honorarios

Escudero, R. Z. (2020). Realidad aumentada en la enseñanza. *Revista Digital Universitaria*, 33.

Fontela, C. (2012). *Modelado de Software para Profesionales.* Buenos Aires: Alpha Editorial.

Fontelles, V. L. (2023). Didáctica de la música. *Tipos, Historia, Metodologías*, 21.

Git. (2023). *git-scm.com*. Obtenido de https://git-scm.com/book/es/v2/Inicio---Sobre-el-Control-de-Versiones-Acerca-del-Control-de-Versiones

GitHub. (2023). *docs.github.com*. Obtenido de https://docs.github.com/en/get-started/quickstart/hello-world#introduction

Google. (2023). *https://developers.google.com/mediapipe*. Obtenido de https://developers.google.com/mediapipe

Leavit, W. (1966). *A modern method for guitar.* Boston: Berklee Press Publications.

Librosa. (2023). *https://librosa.org*. Obtenido de https://librosa.org

Llanga Vargas, E. F., & López ibarra, C. I. (02 de 2019). Metodologia del docente y el aprendizaje. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*. Obtenido de https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/02/docente-aprendizaje.html

MariaDB. (2023). *mariadb.org*. Obtenido de https://mariadb.org/es/

Melo Bohórquez, I. M. (2018). Realidad aumentada y aplicaciones. *TIA Tecnología,Investigación y Academia*, 28-35.

Microsoft. (2023). *https://code.visualstudio.com/*. Obtenido de https://code.visualstudio.com/

Microsoft. (2023). *https://www.microsoft.com*. Obtenido de https://www.microsoft.com

Microsoft Store. (11 de 2023). *developer.microsoft.com*. Obtenido de https://developer.microsoft.com/en-us/windows/

Musescore. (2023). *musescore.org*. Obtenido de https://musescore.org/es

Music-Everywhere. (2023). *music-everywhere.co*. Obtenido de https://www.music-everywhere.co/

Octagon. (2023). *octagon.studio*. Obtenido de https://octagon.studio/products/

OpenCV. (2023). *https://docs.opencv.org*. Obtenido de https://docs.opencv.org

PHP. (2023). *php.net*. Obtenido de https://www.php.net/

Powell, J. (2012). *Asi es la música.* Barcelona: Antoni Bosch editor S.A.

PyInstaller. (2023). *pyinstaller.org*. Obtenido de https://pyinstaller.org/en/stable/

Python.org. (2023). *docs.python.org*. Obtenido de https://docs.python.org/es/3.8/library/sqlite3.html

RAE. (2023). *Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.6 en línea]*. Obtenido de https://dle.rae.es

Sketchar. (2023). *sketchar.io*. Obtenido de https://sketchar.io/

SuzukiAssociation. (2023). *suzukiassociation.org*. Obtenido de https://suzukiassociation.org/about/suzuki-method/es/

Tejada Giménez, J. (2004). Música y mediación de la tecnología en sus procesos de aprendizaje. *Educación XX1*, 20.

Yousician. (2023). *yousician.com*. Obtenido de https://yousician.com/es/

Anexos:

Entrevistas:

En el marco del relevamiento se han realizado entrevista tanto a profesores particulares como a estudiantes de música con las siguientes preguntas eje:

- A estudiante:

¿Cómo fue que te escribiste en una clase de música?

¿Te costó lograr clases en días y horarios que te quedaran bien?

¿Tomaste clases con diferentes profesores? Si es así, ¿Por qué?

¿Cómo se desarrolla una clase?

¿Qué recuerdos te quedaron de la primera clase sobre los temas desarrollados?

¿Podes identificar momentos o etapas de la clase? Si es así, ¿cuáles?

¿Cómo se desarrolla una práctica?

¿Hay algún tipo de supervisión en la práctica?

¿Hay algún material de apoyo para el aprendizaje?

¿Podrías mencionar problemas con los cuales te encontrar durante el aprendizaje?

¿Usaste alguna aplicación para el aprendizaje de música? Si es así, ¿Cuáles?

- A profesor:

¿Cómo es el servicio que brindas?

¿Te costó lograr alumnos en las clases en días y horarios que estás dispuesto a dar?

¿Cómo sabes que alumno asiste a tal o cual clase?

¿Cómo se desarrolla una clase?

¿Podes identificar momentos o etapas de la clase? Si es así, ¿cuáles?

¿Cómo describirías una clase básica?

Si tuvieras que informar el nivel de tus alumnos ¿Hay algún registro?

¿Cómo se registra el avance del alumno?

¿Cómo se plantea una clase?

¿Me podrías contar una clase inicial como se desarrolla?

¿Aplicas algún método en especial?

¿Hay algún material de apoyo para el aprendizaje?

¿Cómo preferís que los alumnos practiquen? ¿Hay algún método en especial?

¿Podrías mencionar problemas con los cuales te encontrar durante la clase?

¿Usaste alguna aplicación para el aprendizaje de música? Si es así, ¿Cuáles?

¿Usaste alguna aplicación para enseñar? Si es así, ¿Cuáles?

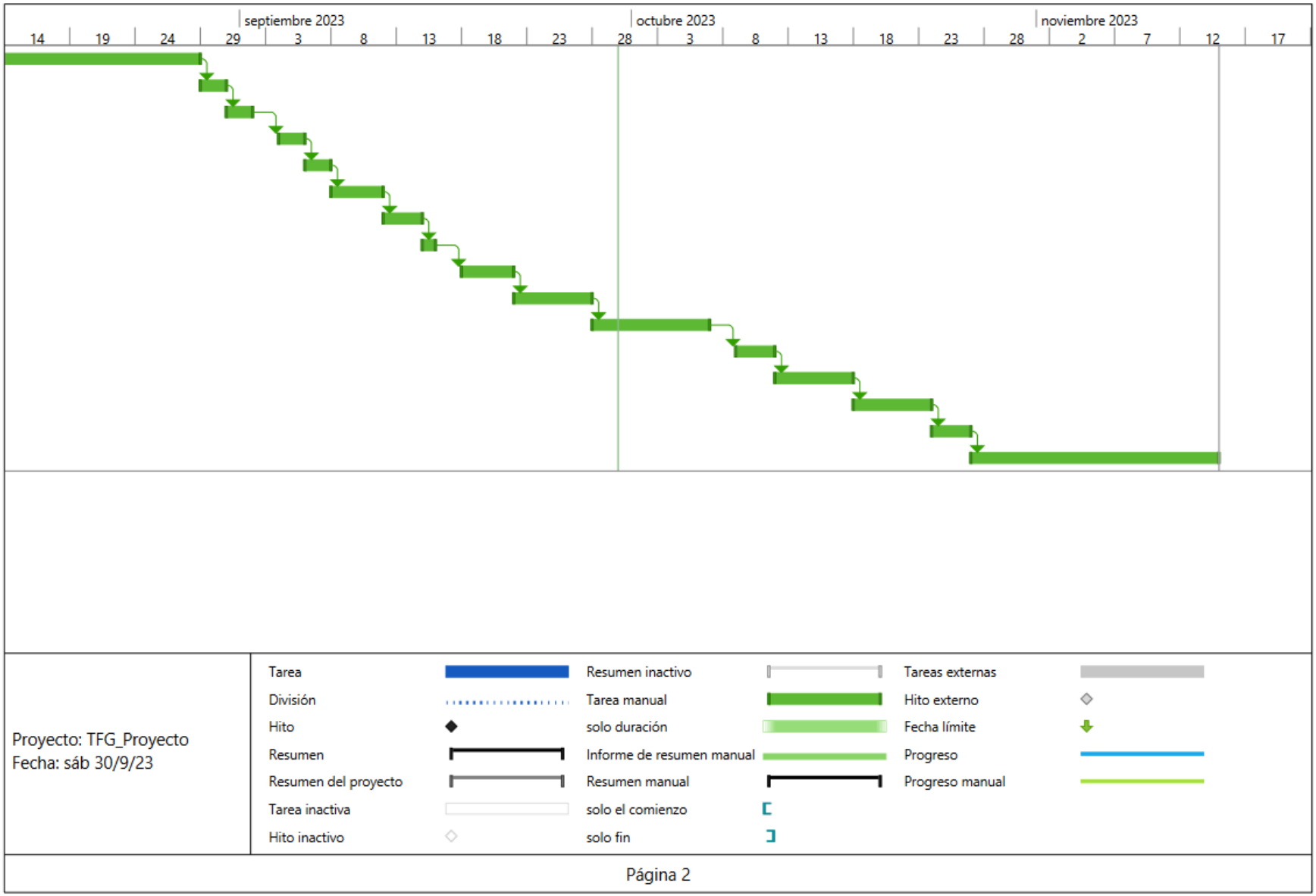
Diagrama de Gantt de proyecto

Se incluye el diagrama completo para mejor visualización:

Id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
1		Definición de temática	16 días	lun 7/8/23	lun 28/8/23		
2		Introducción	2 días	mar 29/8/23	mié 30/8/23	1	
3		Justificación	2 días	jue 31/8/23	vie 1/9/23	2	
4		Objetivos	2 días	lun 4/9/23	mar 5/9/23	3	
5		Marco teórico referencial	2 días	mié 6/9/23	jue 7/9/23	4	
6		Diseño metodológico	2 días	vie 8/9/23	lun 11/9/23	5	
7		Relevamiento	3 días	mar 12/9/23	jue 14/9/23	6	
8		Procesos de negocio	1 día	vie 15/9/23	vie 15/9/23	7	
9		Diagnóstico y propuesta	4 días	lun 18/9/23	jue 21/9/23	8	
10		Objetivos, límites y alcance de prototipo	4 días	vie 22/9/23	mié 27/9/23	9	
11		Descripción del sistema	7 días	jue 28/9/23	vie 6/10/23	10	
12		Seguridad	3 días	lun 9/10/23	mié 11/10/23	11	
13		Análisis de costos y riesgos	4 días	jue 12/10/23	mar 17/10/23	12	
14		Conclusión	4 días	mié 18/10/23	lun 23/10/23	13	
15		Resumen y abstract	3 días	mar 24/10/23	jue 26/10/23	14	
16		Revisión final y demo	13 días	vie 27/10/23	mar 14/11/23	15	

Proyecto: TFG_Proyecto
Fecha: sáb 30/9/23

Tarea	Resumen inactivo	Tareas externas
División	Tarea manual	Hito externo
Hito	solo duración	Fecha límite
Resumen	Informe de resumen manual	Progreso
Resumen del proyecto	Resumen manual	Progreso manual
Tarea inactiva	solo el comienzo	
Hito inactivo	solo fin	


septiembre 2023
octubre 2023
noviembre 2023
14 19 24 29 3 8 13 18 23 28 3 8 13 18 23 28 2 7 12 17
Proyecto: TFG_Proyecto
Fecha: sáb 30/9/23
Tarea
División
Hito
Resumen
Resumen del proyecto
Tarea inactiva
Hito inactivo
Resumen inactivo
Tarea manual
solo duración
Informe de resumen manual
Resumen manual
solo el comienzo
solo fin
Tareas externas
Hito externo
Fecha límite
Progreso
Progreso manual
Página 2