



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Prototipo de software musical con sistema de retroalimentación basado en ML para el aprendizaje inicial del teclado como un método alternativo dirigido a niños/niñas

Miguel Angel Borja Acevedo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial
Bogotá, Colombia
2023

Prototipo de software musical con sistema de retroalimentación basado en ML para el aprendizaje inicial del teclado como un método alternativo dirigido a niños/niñas

Miguel Angel Borja Acevedo

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magíster en Ingeniería de Sistemas y Computación

Director (a):

Ing. Jorge Eliecer Camargo Mendoza, PhD

Línea de Investigación:

Computación aplicada

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial
Bogotá, Colombia

2023

A mi madre Emperatriz, a mi padre Aníbal y a mi hermano Juan Manuel, por su amor, acompañamiento, comprensión y paciencia en este proceso. A ellos, que son mi mayor inspiración en cada uno de mis sueños y proyectos.

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Miguel Angel Borja Acevedo

Fecha 25/01/2023

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, por mi formación como profesional y permitirme alcanzar este punto de mi vida.

Al profesor e ingeniero *Jorge Eliécer Camargo Mendoza*, quien me apoyó y fue un guía fundamental en todo este proceso, desde la participación en TuApp 2019 como base de este trabajo, hasta la culminación del mismo.

A los profesores que hicieron parte de este camino y que dieron lo mejor de ellos para ofrecer su valioso conocimiento.

A mis padres y hermano, que me han apoyado, de forma incondicional, en mi vida personal y profesional, y son quienes me alientan en los momentos más difíciles.

A Karen Vanessa Ruiz Acosta por su inmensa ayuda en la realización de este proyecto.

Al Colegio Carlo Federici y sus docentes, por mi formación académica y por brindar la mejor colaboración posible para la realización de este trabajo.

Resumen

Prototipo de software musical con sistema de retroalimentación basado en ML para el aprendizaje inicial del teclado como un método alternativo dirigido a niños/niñas

Según se evidencia en la literatura, la música ha acompañado al ser humano durante milenios, en diferentes situaciones, emociones y actividades. Además, no solo permite expresiones de los estados y sentimientos personales internos, sino que también puede llegar a producir muchos efectos positivos en quienes la practican.

Diversos autores han explorado estos beneficios que trae consigo la actividad musical, principalmente en los niños/niñas. Ellos resaltan aspectos positivos del aprendizaje de la música en diferentes áreas del conocimiento, en el rendimiento escolar e incluso, mejoras en el coeficiente intelectual de los infantes. Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de estudios frente a los beneficios de la música en los niños/niñas y las distintas alternativas de enseñanza nacientes, en Colombia la situación sigue siendo dramática en cuanto a la incorporación de la actividad musical en el currículo escolar. Lo anterior agregado a factores políticos, espacios de enseñanza y formación docente.

Con lo anterior, este trabajo ofrece una nueva alternativa de aprendizaje musical, dirigido a niños/niñas de 7 a 11 años, por medio de un software musical enfocado en la enseñanza inicial del teclado instrumental. Es importante mencionar que el software cuenta con un sistema de retroalimentación basado en árboles de decisión, el cual permite reforzar los temas cubiertos en la aplicación. Finalmente, se presenta un análisis comparativo entre la enseñanza empleando el software y la enseñanza tradicional con el libro, por medio de una Investigación-Acción realizada durante seis días a dos estudiantes de un colegio público de la ciudad de Bogotá, Colombia. Esta Investigación-Acción permitió observar

resultados positivos basados en los comentarios y desempeños de los participantes, lo que abre una gran posibilidad para el escalamiento posterior de esta aplicación.

Palabras clave: árboles de decisión, aprendizaje de máquina, aplicación móvil, software musical, teclado musical, piano, aprendizaje musical.

Abstract

Music software prototype with ML-based feedback system for initial keyboard learning as an alternative method for children

As evidenced in the literature, music has accompanied the human being for millennia, in different situations, emotions and activities. In addition, not only does it allow expressions of internal personal states and feelings, but it can also produce many positive effects in those who practice it.

Various authors have explored these benefits that musical activity brings, mainly in children. They highlight positive aspects of learning music in different areas of knowledge, in school performance and even improvements in the IQ of infants. However, despite the large number of studies regarding the benefits of music in children and the different nascent teaching alternatives, in Colombia the situation continues to be dramatic in terms of the incorporation of musical activity in the school curriculum. The foregoing added to political factors, teaching spaces and teacher training.

With the above, this work offers a new musical learning alternative, aimed at children from 7 to 11 years old, through a musical software focused on the initial teaching of the instrumental keyboard. It is important to mention that the software has a feedback system based on decision trees, which allows reinforcing the topics covered in the application. Finally, a comparative analysis is presented between teaching using the software and traditional teaching with the book, through an Investigation-Action carried out over six days with two students from a public school in the city of Bogotá, Colombia. This Investigation-Action allowed to observe positive results based on the comments and performance of the participants, which opens a great possibility for the subsequent scaling of this application.

Keywords: decision trees, machine learning, mobile app, music software, musical keyboard, piano, music learning.

Este Trabajo Final de maestría fue calificado en abril de 2023 por el siguiente evaluador:

Luis Fernando Niño Vásquez PhD.
Profesor Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Colombia

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XVII
Lista de tablas	XVIII
Introducción	1
1. Antecedentes	7
1.1 La importancia del teclado.....	11
1.2 Tecnología y música en el mundo.....	12
1.3 Tecnología y música en Colombia.....	16
1.4 Estudios comparativos de metodologías musicales.....	19
2. Metodología	23
2.1 Fase 1: Establecer contenidos	24
2.1.1 Sobre el libro <i>Piano para Dummies</i>	24
2.2 Fase 2: Seleccionar algoritmo de clasificación	26
2.3 Fase 3: Diseñar prototipo de software musical	26
2.4 Fase 4: Análisis de comparación.....	27
2.4.1 Enfoque cualitativo	28
2.4.2 Investigación descriptiva.....	29
2.4.3 Investigación-Acción (I-A).....	29
3. Resultados	32
3.1 Fase 1: Contenidos establecidos para el prototipo de software musical	32
3.2 Fase 2: Algoritmo de clasificación seleccionado para el sistema de retroalimentación	35
3.2.1 Tipos de retroalimentación.....	37
3.2.2 Algoritmos de clasificación candidatos.....	37
3.2.3 Selección del algoritmo de clasificación	41
3.3 Fase 3: Prototipo de software musical.....	49
3.3.1 Diseño del prototipo de software.....	50
3.3.2 Desarrollo del prototipo de software.....	52
3.3.3 Conexión del teclado con el software.....	53
3.3.4 Sistema de retroalimentación del software.....	57
3.4 Fase 4: Análisis comparativo.....	60
3.4.1 Planificación	62
3.4.2 Acción.....	64
3.4.3 Observación	66

3.4.4 Reflexión	70
4. Conclusiones y Trabajos futuros.....	73
4.1 Conclusiones	73
4.2 Trabajos futuros.....	75
A. Anexo A: Consentimiento informado para participante con software musical .	77
B. Anexo B: Consentimiento informado para participante con libro musical.....	79
C. Anexo C: Plantilla de Investigación-Acción por medio de software musical	81
D. Anexo D: Plantilla de Investigación-Acción por medio de libro musical	82
Bibliografía	83

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Fases del diseño de la investigación.	23
Figura 2. Método Investigación-Acción bajo el modelo Kemmis.	30
Figura 3. Estructura de la Fase 4.....	31
Figura 4. Esquema general del sistema de retroalimentación.....	36
Figura 5. Clasificador Árbol de decisión.....	38
Figura 6. Clasificador Bosque aleatorio.	39
Figura 7. Clasificador Perceptrón multicapa.	39
Figura 8. Clasificador Máquina de vectores de soporte.	40
Figura 9. Clasificador K-vecinos más cercanos.	41
Figura 10. Esquema de la puntuación de las preguntas.	43
Figura 11. Esquema de la puntuación de las preguntas (actualizado con la Tasa Relativa).....	45
Figura 12. Parte del conjunto de datos para el entrenamiento de los modelos de clasificación.....	46
Figura 13. Representación final del árbol de decisión.....	48
Figura 14. Exactitud vs Cantidad de datos - Árbol de decisión.	49
Figura 15. Mockups de la etapa de diseño como aproximación de la aplicación final para el aprendizaje del teclado musical.....	52
Figura 16. Aplicación móvil para el aprendizaje del teclado musical con contenidos del libro <i>Piano para Dummies</i>	52
Figura 17. Teclado musical (mini piano) de una octava construido.....	54
Figura 18. Arduino mega 2560 para la lógica del teclado musical.....	55
Figura 19. Protoboard básico.....	55
Figura 20. Integración del Arduino con módulo Bluetooth.....	56
Figura 21. Esquema general de la conexión del teclado con el software musical.	57
Figura 22. Conexión vía Socket entre servidor y cliente.	59
Figura 23. Esquema completo del prototipo de software con sistema de retroalimentación.....	60
Figura 24. Institución Educativa Distrital: Colegio Carlo Federici.	64
Figura 25. Participantes en el proceso de comparación.....	66

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Causas-Efectos del problema.	7
Tabla 2. Etapas del desarrollo cognitivo de Piaget.	9
Tabla 3. Contenidos de la plataforma: Viajeros del Pentagrama.....	17
Tabla 4. Metodologías de enseñanza musical.	20
Tabla 5. Tabla de contenidos del software musical.....	33
Tabla 6. Exactitud de los métodos de clasificación candidatos.	47
Tabla 7. Resultados de observación de la Clase 1.	67
Tabla 8. Resultados de observación de la Clase 2.	67
Tabla 9. Resultados de observación de la Clase 3.	68
Tabla 10. Resultados de observación de la Clase 4.	69
Tabla 11. Resultados de observación de la Clase 5.	69
Tabla 12. Resultados de observación de la Clase 6.	70

Introducción

Este trabajo nace en el año 2019 como una propuesta de proyecto para el Torneo Universitario de Apps (TuApp)¹, el cual motiva a estudiantes universitarios iberoamericanos en el desarrollo de emprendimientos tecnológicos que solucionen problemas reales. Por ello, enfocada en el sector educativo, la aplicación se comenzó a desarrollar como una iniciativa para el aprendizaje musical inicial por medio del teclado. Además, con conocimientos previos en la música adquiridos a lo largo de 11 años de estudio, y el entorno educativo familiar que ha acompañado esta formación; en 2019 dicho proyecto logró obtener el segundo lugar en este torneo internacional, con más de 160 equipos participantes de diferentes países. Desde entonces, se decidió continuar con la evolución de esta idea mediante las herramientas que en este documento se presentan.

Con lo anterior, este trabajo tiene como objetivo la construcción de un prototipo de software musical dirigido al aprendizaje inicial del piano o teclado musical en niños y niñas. Además, este software cuenta con un sistema de retroalimentación basado en Machine Learning (ML), el cual refuerza los contenidos que en la aplicación se presentan. Por último, con el prototipo de software construido, se realizó una comparación de aprendizaje entre dos niños(as) de un colegio público de la ciudad de Bogotá, uno de ellos con la metodología tradicional de un libro musical y el segundo con el software. Así pues, esta sección del documento presenta una contextualización del estudio, haciendo una descripción del problema y cada uno de los objetivos planteados.

Muchos estudios e investigaciones destacan la importancia y los beneficios que tiene la música en las personas, principalmente en los niños; el apoyo sustancial de la tecnología dentro del aprendizaje musical, más específicamente en el teclado; y distintos métodos de

¹ Disponible en: <https://tuapp.org/>

enseñanza de la música. Entonces, si la actividad musical es un elemento tan importante en la cotidianidad de las personas, ¿por qué en Colombia la situación sigue siendo dramática en cuanto a la incorporación de la música dentro de los currículos escolares?, tal como lo expresa Samper (2016)². La anterior pregunta puede abarcar distintos factores que van más allá de las escuelas o academias de música, como se podría pensar en un principio.

Un primer vistazo es desde la perspectiva de la política, donde Rodríguez (2016) habla de la legislación educativa como otra versión de la naturaleza contradictoria, pues desde la orientación del Ministerio de Educación se dan miradas altas y propósitos nobles, haciéndonos creer que la intención es la realidad, porque es lo que se quiere. Lo anterior permite plantear algunas preguntas correspondientes a este componente: ¿Cómo lograr la ampliación del acceso a procesos de educación musical? ¿Qué acciones hacen falta para que su despliegue sea efectivo? ¿Qué tipo de acciones se requieren por parte de las instituciones públicas y privadas del campo de la educación artística en este sentido? Samper da respuestas a estas preguntas desde dos niveles: **macropolítica**, con la urgente necesidad de que las instituciones de formación musical y artística, especialmente las universidades, participen de manera activa en la definición de políticas públicas locales y nacionales, para robustecerlas desde miradas reflexivas, críticas y con sustratos académicos, y realizar estrategias para garantizar que la reglamentación se cumpla de manera sostenible en el tiempo; y por otro lado desde la **micropolítica**, donde Samper afirma que no basta con reclamar la implementación y financiación de la educación artística por parte del Estado para favorecer su cualificación y la democratización de la misma, sino que además, es imprescindible que las instituciones formales y no formales tomen conciencia de su responsabilidad hacia el contexto a este nivel.

Por otro lado, un segundo factor pertinente en la situación dramática de la educación musical en Colombia son los espacios de aprendizaje y enseñanza, pues se piensa que la música en la educación es como un apéndice, lo que representa un desafío para el modelo educativo, ya que se proponen las artes como parte de la formación y no como un componente satelital (Samper, 2016). Samper de igual manera menciona que esta

² Andrés Samper, presidente de FLADEM - Foro Latinoamericano de Educación Musical.

exclusión de las artes contrasta con la normativa, pues se contempla que la formación artística es un componente obligatorio del currículo escolar (Ley General de Educación, 1994; Art. 23). Así pues, esto quiere decir que el trabajo grueso no está en nutrir la normativa, sino en lograr que se cumpla. Además, a lo anterior se le suma que la educación musical en la escolaridad formal no existe en la práctica y que la situación frente a la infraestructura para el trabajo artístico es precaria, lo cual deja notar la falta de instrumentos, los pocos espacios para realizar ensayos, el elevado número de alumnos en cada aula y los maestros que realizan una educación basada en programas que son generalmente listas de contenidos de cultura general (Rodríguez, 2016). Como consecuencia de lo anterior, los procesos de educación musical cualificados son desplazados hacia los ámbitos no formales de educación: casas de la cultura, academias, escuelas de artes y oficios, y por supuesto, sistemas nacionales de bandas y orquestas (Samper, 2016). Así mismo, en su entrevista, Samper destaca el crecimiento del aprendizaje autodirigido por medio de Internet, a través de tutoriales que facilitan la interpretación y organizan el aprendizaje.

Un tercer factor de los problemas que abarca la educación musical en el currículo escolar en Colombia se refiere a la formación docente, pues no se trata de enseñar música de cualquier manera, ni de que el niño sea un virtuoso en algún instrumento o que toque repertorios de muy buen nivel. Se trata de que los niños tengan procesos de aprendizaje significativos con la música (Samper, 2016). Por ello, es necesario garantizar una buena calidad en la educación, que permita pensar en competencias necesarias de enseñanza para apuntar a la preparación de los docentes en la formación dentro de la diversidad de contextos, culturas y alumnos; en la capacidad para incorporar al estudiante en la sociedad del conocimiento y, la educación en una ciudadanía multicultural, democrática y solidaria (Reyes, 2017). Con lo anterior, según Samper (presidente de FLADEM), en Colombia aproximadamente 3 de cada 100 maestros están en las áreas de las artes, y esto sumado a que quizás el desafío principal de este tercer factor está ligado a la cualificación docente; pues según él, el referente inmediato del maestro, además de su capacidad para transmitir el amor y el gozo por la actividad musical, es fundamental para el desarrollo técnico y expresivo de los alumnos. Para finalizar con este tercer componente, es importante tener en cuenta que la estructura curricular, en su mayoría, sigue la tradición de programas que se concibieron como un componente básico con énfasis pedagógico, y aunque se espera que la educación superior implique el desarrollo de programas con un acercamiento cada

vez más comprometido con la investigación, en la música esta no está incorporada (Rodríguez, 2016).

Como se describió anteriormente, el problema de la educación musical en Colombia abarca muchos factores en diferentes campos, desde una vista micro de la enseñanza musical en el aula escolar, hasta la vista macro de las acciones del Gobierno. Así mismo, es necesario dar apoyo a los anteriores factores con cifras que se encuentran en la literatura, esto permitirá ver una realidad más detallada de la situación. De igual manera, el problema que se abarca en este trabajo también permite dar un vistazo a las Instituciones de Educación Superior (IES), donde según los datos, existían aproximadamente 30 programas de música en las 296 IES de Colombia (Ya va en 296 el número de IES en Colombia, s.f.), lo que equivale a casi el 10%. Agregado a esto, se debe tener en cuenta que universidades reconocidas como la Universidad Nacional de Colombia, la Pontificia Universidad Javeriana, entre otras, requieren de un examen específico con muy buenos conocimientos musicales previos para ingresar a la carrera profesional, tal como lo indican sus especificaciones de admisión. Si se realiza un análisis frente a las situaciones descritas anteriormente, se podría pensar en una reducción considerable de personas que en algún momento pretendieron que la música fuera su camino de vida y que por algún motivo no pudieron adquirir los conocimientos suficientes desde la formación de la escuela.

Respecto a los programas que se han venido creando en colaboración con las alcaldías, Gobierno y otras entidades, tal como Fundación Batuta, Ideartes, LASO y plataformas digitales como Viajeros del Pentagrama, explicada más adelante; es importante darlas a conocer, principalmente en los colegios, pues es esencialmente a los niños y jóvenes a quienes estos van dirigidos, según lo describen sus programas. De esta manera, la divulgación de estas actividades evitará posibles desconocimientos en las comunidades e incentivará la formación artística.

Por otro lado, en lo que respecta a las implementaciones tecnológicas en torno a la educación musical, la literatura permite detallar que la mayoría de estas son desarrolladas en otros idiomas, principalmente en inglés, lo que dificultaría el aprendizaje de un conocimiento nuevo como la música, al ser la población objetivo los niños y niñas.

Finalmente, con base en los factores resaltados del problema abarcado en este trabajo, se presentan los objetivos que permitirán alcanzar lo planteado.

Objetivo General

Diseñar un prototipo de software musical dirigido al aprendizaje inicial del teclado, con un sistema de retroalimentación basado en ML, observando su efecto en el proceso de aprendizaje de este instrumento musical en comparación con el método del libro *Piano para Dummies* en niños/niñas de la etapa operacional concreta.

Objetivos Específicos

- Establecer los contenidos del libro *Piano para Dummies* que serán aplicados a un prototipo de software musical dirigido al aprendizaje inicial del teclado en niños/niñas de la etapa operacional concreta.
- Seleccionar un algoritmo de clasificación, basado en la literatura, como método en la implementación del sistema de retroalimentación para un software musical dirigido al aprendizaje inicial del teclado.
- Sugerir un prototipo de software musical dirigido al aprendizaje inicial del teclado en niños/niñas de la etapa operacional concreta.
- Interpretar a través del método Investigación-Acción los resultados de la comparación entre el proceso de aprendizaje inicial del teclado por medio de un prototipo de software musical y el método del libro *Piano para Dummies* dirigido a niños/niñas de la etapa operacional concreta.

Contribuciones

Este trabajo logró abrir nuevamente un espacio musical en el colegio público Carlo Federici de la ciudad de Bogotá, donde durante varios años esta área del conocimiento se había dejado a un lado y reemplazado por otras actividades. De este modo, con el señor Rector y algunos profesores de la institución, se establecieron futuros diálogos para continuar con el proceso de enseñanza, teniendo la esperanza de conseguir un proceso formativo musical completo.

Además, el presente trabajo permitió la construcción y publicación del siguiente artículo, actualmente en proceso de revisión:

Borja, M. & Camargo, J. (2023). *ML-based music software for initial piano learning in children Social Engineering*.

Este artículo fue publicado en la revista internacional **Inteligencia Artificial** promovida y patrocinada por la Sociedad Iberoamericana de Inteligencia Artificial (IBERAMIA³), siguiendo el estándar Open Journal System (OJS⁴).

Con lo anterior, en las siguientes secciones del documento se describirán los antecedentes encontrados en la literatura, abordando cada uno de los objetivos. Además, se mostrará la metodología utilizada en el cumplimiento de cada objetivo específico. Por último, se describirán los resultados obtenidos.

³ <https://www.iberamia.org/>

⁴ <https://pkp.sfu.ca/ojs/>

1. Antecedentes

Como se describió anteriormente, se han destacado varias causas que llevan a efectos que enmarcan el problema que se quiere abordar. La siguiente tabla resume estas causas y efectos.

Tabla 1. Causas-Efectos del problema.

Causas	Efectos
En el modelo educativo colombiano, no se proponen las artes como un componente satelital. (Samper, 2016).	La educación musical se ha resuelto desde el ámbito no formal (Samper, 2016).
Se ha pedido que la educación musical se oriente como la realización de una actividad aislada del currículo escolar (Gamboa, 2017).	
Algunas Instituciones Educativas ignoran la Ley General de Educación de 1994, Artículo 23 (Samper, 2016).	
La educación musical en la escolaridad formal no existe en la práctica y la situación frente a la infraestructura para el trabajo artístico es precaria (Rodríguez, 2016)	
La carencia de formación investigativa al interior de los programas de licenciatura, llevan a la construcción de articulaciones, en las que muchas veces el contenido de lo musical es incipiente, ingenuo o desactualizado (Rodríguez, 2016).	Los programas de música raramente están involucrados en líneas de investigación y si lo están no llegan a formar parte de cátedras teóricas formales (Rodríguez, 2016).

Para el año 2019 se registran 296 Instituciones de Educación Superior (IES) en Colombia (Ya va en 296 el número de IES en Colombia, s.f.).	
Hay por lo menos 30 programas de música a nivel de Educación Superior (Samper, 2016).	Las oportunidades de estudiar música como carrera profesional son más reducidas.
Los programas de admisión de varias universidades exigen buenos conocimientos musicales.	
El 1.8% de las empresas en Colombia utiliza Inteligencia Artificial (MinTIC, 2018). Este dato permite deducir que la utilización de ML en el país es muy baja, sin tener en cuenta ¿cuántas de estas van dirigidas a la educación musical?	Se han desarrollado plataformas digitales como Viajeros del Pentagrama. Sin embargo, al interactuar con ella, se aprecia un aprendizaje básico y dirigido a juegos y que no permite ver un sistema de retroalimentación más sustancioso para el usuario.
La mayoría de las aplicaciones que implementan Machine Learning dirigidas a la educación musical, han sido desarrolladas como proyectos de otros países y principalmente en inglés.	Aprendizajes más complejos para los niños, por contenidos en otros idiomas.

Ahora bien, la música ha acompañado al ser humano en diferentes situaciones, emociones y actividades que realizamos y ha sido una característica de la condición humana durante milenios (como se cita en Welch et al., 2020). Además, la música no solo está presente en la vida cotidiana de las personas, sino en todas las culturas del mundo (Mehr et al., 2019). Escuchar música, cantar, tocar algún instrumento, crear, explorar, componer, improvisar, alrededor de la música, ya sea de forma individual o grupal, son actividades habituales para la gran mayoría de personas (Welch et al., 2020). Welch también menciona que esta actividad, si bien es una representación agradable en sí misma, su influencia va más allá de la simple diversión.

La actividad musical no solo permite expresiones de los estados y sentimientos personales internos, sino que además puede llegar a producir muchos efectos positivos en quienes la practican (Welch et al., 2020). Existen cada vez más estudios empíricos y experimentales sobre los beneficios de la actividad musical, y la investigación en las ciencias asociadas

con la música sugiere que hay muchas dimensiones de la vida humana, incluidas las físicas, sociales, educativas, psicológicas (cognitivas y emocionales), que pueden estar afectadas positivamente por la participación exitosa en la música (Biasutti & Concina, 2013).

Así pues, el objetivo de este proyecto se enfoca en el aprendizaje musical inicial del teclado en niños/niñas. De esta manera, es importante tener en cuenta las etapas del desarrollo cognitivo de Jean Piaget⁵, esto con el fin de seleccionar la etapa adecuada para la investigación. Piaget recalca que el desarrollo del pensamiento es un estado activo, ya que los niños pueden tener un impulso interno para explorar de manera activa el mundo, más que dejar que este actúe sobre ellos, y es así que este concepto toma valor dentro del mundo educativo, en un aprendizaje centrado en el niño/niña (Berryman et al., 1991). Así mismo, es relevante tener en cuenta estas etapas ya que se hace necesario saber cómo y qué pueden aprender los niños/niñas según las edades, para así ofrecer la información que pueda ser comprendida de mejor manera, dependiendo las capacidades de cognición y procesamiento de ellos, como lo menciona Berryman (1991). Las etapas de Piaget se dividen en cuatro, siendo la tercera el grupo objetivo de esta investigación.

Tabla 2. Etapas del desarrollo cognitivo de Piaget.

Número	Nombre de la etapa	Edades
1	Sensoriomotor	Desde el nacimiento hasta los 2 años.
2	Preoperacional	Desde los 2 años hasta los 7 años.
3	Operacional concreta	Desde los 7 años hasta los 11 años.
4	Operaciones formales	Desde los 11 años en adelante.

La tercera etapa de la teoría de Piaget va dirigida a los niños/niñas de edades entre 7 y 11 años. A diferencia de las dos etapas anteriores (Sensoriomotor y Preoperacional), donde experimentan y aprenden constantemente mediante prueba y error y la inteligencia es egocéntrica e intuitiva, no lógica; en esta etapa el pensamiento empieza a ser más flexible y el desarrollo intelectual se demuestra mediante el uso de la manipulación lógica y

⁵ Epistemólogo y biólogo suizo, considerado el padre de la epistemología genética, reconocido por sus aportes al estudio de la infancia.

sistemática de símbolos, que se relacionan con objetos concretos (Berryman et al., 1991). Sin embargo, también logran resolver situaciones sin la necesidad de poseer objetos presentes (Wood et al., 2001).

Una vez se establece la población objetivo del proyecto, es necesario plantear algunas preguntas que orientan de manera más detallada la definición del problema a desarrollar, para así, hacer una revisión minuciosa de la literatura y llevar la investigación a una posible solución. Estas preguntas abarcan varios elementos importantes para el propósito del estudio y hacen necesaria la búsqueda y el conocimiento del estado del arte. Algunas de estas preguntas van dirigidas a la importancia del aprendizaje musical en los niños/niñas, ¿cómo técnicas de Machine Learning pueden llegar a aportar elementos sustanciales en el proceso de enseñanza musical? ¿Qué retos y/o problemas existen para la enseñanza musical en Colombia?

Como se mencionó anteriormente, diversos estudios han realizado exploraciones respecto a los efectos que puede llegar a tener la música en las personas. De este modo, el propósito de este proyecto permite dar un enfoque hacia algunas de las investigaciones hechas dentro de la educación musical, y principalmente, hacia los beneficios que esta ofrece a niños/niñas.

Una de estas investigaciones es la realizada por Said y Abramides (2020), donde se pretende explorar efectos de la música dentro de las habilidades escolares. En el estudio se tuvieron en cuenta 80 niños de entre 8 y 12 años. Los niños se dividieron en 2 grupos iguales. Uno de los grupos se sometió a enseñanza musical y el otro no. El estudio realizó la recopilación de datos a través del Sistema de Calificación de Habilidades Sociales (SSRS-BR) y el cuestionario School Performance Test (SPT), ambos medidores de habilidades escolares. Estos datos fueron analizados estadísticamente, donde los resultados evidenciaron mejoras en el desempeño escolar de los niños sometidos a educación musical. *“Conclusión: El beneficio que trae el aprendizaje musical asociado a diferentes áreas de la educación y la salud es de gran relevancia, representando una estrategia efectiva en la práctica inclusiva y promoción de la salud física y mental en los niños”* (Said & Abramides, 2020). Los resultados de este trabajo permiten pensar en una relación positiva entre la educación musical y diferentes áreas del conocimiento, y que no

solo llega a ser beneficiosa para el rendimiento escolar de los niños, sino para su misma integridad como personas.

Otro de los estudios enfoca el efecto de la música en el desarrollo de habilidades cognitivas, conductuales y socioemocionales, pero, dentro del aprendizaje de instrumentos musicales. Esta investigación tuvo en cuenta a 38 niños de 7 a 9 años. Al igual que en el estudio anterior, los participantes se dividieron en 2 grupos semejantes: uno medido por entrenamiento musical extracurricular (EMT: n = 19) y el otro por lecciones grupales de música escolar reglamentarias (SSM: n = 19). La comparación de medidas pre/post de inteligencia, memoria, comportamiento socioemocional, capacidad motora e integración visomotora en niños, se realizó por medio de la Escala de inteligencia de Wechsler para niños-IV (WISC-IV)⁶. Los resultados del estudio mostraron una asociación significativa entre la aptitud musical y la inteligencia en general. El grupo EMT expuso un aumento significativo en el coeficiente intelectual (7 puntos), en comparación con 4,3 puntos para el grupo SSM (Rose et al., 2019). De este modo, se encuentran nuevamente aspectos positivos entre la educación musical y la inteligencia general de los niños, pudiendo relacionarla con distintas áreas del saber.

1.1 La importancia del teclado

Como se puede apreciar, los anteriores estudios son apenas una pequeña parte de las investigaciones realizadas y publicadas sobre los beneficios de la música, principalmente en los niños. Ahora, es importante tener en cuenta que la educación musical abarca un amplio catálogo de elementos inmersos en el aprendizaje como: ritmo, afinación, armonía, técnica vocal, interpretación instrumental, etc. Por tal motivo, este trabajo ofrece una perspectiva hacia el aprendizaje de la música, desde el conocimiento de la interpretación instrumental, específicamente en el teclado.

El teclado, más precisamente el piano, es el instrumento musical que ocupa los primeros lugares de preferencia en la mayoría de los músicos, debido a su gran riqueza y potencial

⁶ Test neuropsicológico dirigido a niños y adolescentes de edades comprendidas entre 6 años 0 meses y 16 años 11 meses. Disponible en: www.fundacioncadah.org.

melódico y armónico en casi todos los géneros musicales, y que difícilmente otro instrumento musical podría lograrlo (Dávila, 2014). De igual manera, este instrumento melódico-armónico cuenta con grandes cualidades fónicas y permite ser utilizado en la educación primaria por parte del maestro, para tener la posibilidad de mejorar la enseñanza-aprendizaje de la música, y así desarrollar cualidades creativas en los alumnos (Larrañaga, 2011). Además, como lo afirma Larrañaga (2011), el piano ha sido considerado el rey de los instrumentos debido a que es un instrumento cálido, intenso, lleno y que influye de manera contundente en las personas. Así mismo, algunos maestros de música sienten que el piano es una parte importante de la música elemental y debería usarse principalmente como acompañamiento (Baker, 2015) y, además defienden la importancia de un instrumento melódico-armónico como el piano en el bagaje cultural de un maestro dentro de las actividades de educación primaria (Larrañaga, 2011). Por ello, *“el piano ha llegado a ser, pedagógicamente hablando, uno de los instrumentos más prácticos para el adiestramiento de los potenciales músicos a lo largo de su carrera, a partir del momento mismo de iniciar el aprendizaje”* (como se cita en Dávila, 2014).

1.2 Tecnología y música en el mundo

La música, al igual que muchas otras disciplinas, se ha relacionado fuertemente con la tecnología. Diversos software musicales utilizan técnicas y herramientas tecnológicas. Esto conlleva a que el auge de la tecnología ofrezca oportunidades para el proceso de la enseñanza musical, lo cual permite que se mejore la eficiencia y se reduzca la dificultad de aprendizaje de la música (Kong, 2020).

Es claro y evidente que la tecnología ha llegado a muchos espacios de la educación, en escuelas, colegios y universidades; integrándose gradualmente en la vida cotidiana de las personas y renovando ideas y modos de enseñanzas tradicionales, apoyando la enseñanza musical dentro y fuera del aula (Kong, 2020). Kong afirma que, en la educación actual la música apoyada por la tecnología permite que los estudiantes muestren su talento, se mejoren a sí mismos, y puedan crecer para adaptarse a la tendencia de la era social, muy rica personalidad y espíritu innovador de la calidad general del talento musical.

Kong (2020) también menciona algunas características importantes a destacar del papel de la tecnología musical por computadora en la mejora de la calidad de la enseñanza musical en preescolar:

- Promueve una educación de calidad con ricos medios de enseñanza.
- Mejora la eficiencia de utilización tecnológica de los profesores y mejora la formación de talentos musicales.
- El uso de la tecnología de la información es más propicio para la capacidad estética.
- Mejora significativamente la eficiencia y la calidad de la enseñanza musical.

De igual manera, el uso de la tecnología en la enseñanza y aprendizaje de la música ha llegado a las aplicaciones móviles, las cuales llegan a contribuir en muchos aspectos. Un ejemplo de ello es el estudio que busca analizar la influencia del uso de estas aplicaciones para el desarrollo del oído musical absoluto desde edades tempranas (Roig-Vila et al., 2020). La investigación de Roig-Vila y sus colegas, sigue el método musical Mago Diapasón⁷, una forma de enseñar el Lenguaje Musical y la Educación Auditiva desde edades muy tempranas. El estudio fue dirigido a 19 niños de 2 años. Diez de ellos pertenecían al grupo experimental, los cuales manipularon las aplicaciones durante seis meses con la ayuda de sus padres; y los nueve restantes al grupo de control, los cuales asistieron a clases semanales con esta metodología. Para el análisis del proceso de aprendizaje, se realizaron un par de cuestionarios (pre-test y post-test) que consistían en un dictado melódico (sin ritmo). Los resultados destacaron que los estudiantes del grupo experimental han comenzado a desarrollar el tono absoluto de manera más significativa que los participantes del grupo de control (Roig-Vila et al., 2020).

Por otro lado, existen diversas implementaciones que dan fuerza a la relación entre tecnología y música. La tecnología de música por computadora reduce la escritura del maestro en el tablero o pizarra, hace un uso completo del tiempo de enseñanza en el aula. Así mismo, el usar imágenes coloridas en combinación con sonidos, permite que la música se transforme en una concepción artística, y le da al estudiante una sensación más

⁷ Disponible en: <http://www.magodiapason.com/>

entusiasta y fresca, la cual es más adecuada para las características de desarrollo psicológico y fisiológico del estudiante (Kong, 2020).

De la misma forma, dentro de los diferentes desarrollos tecnológicos musicales, la Inteligencia Artificial (IA) junto con Machine Learning (ML) y Big Data, también han tenido un papel importante tanto en el sector educativo, como en otros aspectos. Un ejemplo de ello es la realización de un sistema de reconocimiento de acordes musicales que utiliza un modelo auditivo profundo totalmente convolucional (Korzeniowski & Widmer, 2016). Si bien la extracción de las características de los acordes suele elaborarse manualmente, los avances de ML han permitido a los investigadores explorar métodos basados en datos para tales tareas, tal como lo mencionan Korzeniowski y Widmer (2016). Así mismo, dentro del sector educativo la inteligencia artificial musical permite que la interacción docente sea más llamativa e interesante y pueda proporcionar respuestas, calificaciones y sugerencias de aprendizaje cuando se requiera, lo cual es eficiente y a un bajo costo (Ye, 2020). Además, como lo menciona Ye (2020) en su estudio, la Inteligencia Artificial permite analizar la inteligencia musical humana a través de Big Data, simulando el proceso de información de la vista, el oído, el tacto, el sentimiento, el pensamiento y el razonamiento humano, y a partir de ello se logra construir su propia red neuronal y generación de algoritmos.

El aprendizaje musical, apoyado en la tecnología, ha explorado diversas estrategias pedagógicas. La Realidad Aumentada (RA) es un ejemplo de ello, la cual se señala como una de las tecnologías que revolucionarán la educación en los próximos años (como se cita en Farinazzo Martins et al., 2015). La RA ha tomado su lugar en la educación musical gracias a los bajos costos y mejoras del hardware y la necesidad de interfaces más fáciles de usar para la interacción con usuarios poco expertos; además de usar maneras de enseñanza más prácticas, divertidas e interactivas (Farinazzo Martins et al., 2015). Así pues, algunos estudios como el realizado por Farinazzo Martins (et al., 2015), hacen posible concluir que los niños podrían comprender, mediante el uso de la RA, los conceptos de tono, intensidad del sonido, duración y timbre, y distintas propiedades del sonido. De igual manera, Correa (et al., 2016) y sus colegas apuntan los resultados de su investigación hacia un gran potencial de la RA para la educación musical de los niños (Correa et al., 2016).

Como se describió anteriormente, los desarrollos de enseñanza musical alrededor del mundo, y apoyados por la tecnología, son variados y han aplicado tecnologías como Inteligencia Artificial, Machine Learning, Big Data, aplicaciones móviles (apps) e incluso la Realidad Aumentada. Así como estos desarrollos han ido dirigidos a la educación musical, otros se destacan en distintos tipos de enfoques. Algunos ejemplos de ello permiten la creación de música de forma simplificada a través de la interacción basada en la voz por medio de Inteligencia Artificial Musical, la cual logra escuchar al usuario mientras canta una canción y genera una melodía al descubrir y copiar los patrones de su voz humana (Catania et al., 2020). También, se ha considerado que la música es una poderosa herramienta para despertar emociones en los seres humanos, por tanto, se ha logrado reconocer emociones de felicidad, tristeza, amor e ira, frente a la escucha de diferentes géneros musicales (Bhatti et al., 2016). De igual manera, se han explorado Redes Neuronales Convolucionales dentro de algoritmos de etiquetado automático de música (Choi, 2016). Sin embargo, si bien estos desarrollos no tienen un enfoque principal educativo, pueden ofrecer bases importantes a la hora de implementar un modelo de educación musical, ya sea aplicado en entrenamientos auditivos, para la mejora de afinación, en entrenamiento de técnica vocal, composición, en la interpretación instrumental e incluso en el aprendizaje musical principiante.

Si bien en los últimos años se han realizado gran variedad de estudios y desarrollos respecto a la tecnología musical, tal como se ha descrito en este documento, de igual manera, existen diversas implementaciones de carácter menos formal para el aprendizaje musical. El propósito de este proyecto permite dirigir la mirada hacia las aplicaciones móviles enfocadas en el aprendizaje del teclado. Para ello, se realizó una búsqueda superficial de algunas de las aplicaciones que se encuentran en las dos principales tiendas de aplicaciones móviles (App Store para iOS y Play Store para Android). *Simply Piano de JoyTunes*; *Piano - Canciones, notas, música clásica y juegos*; *Magic Piano*; *Yousician*; *Piano para niños*; son solo unas cuantas de la gran cantidad de aplicaciones existentes. Algunas de ellas dirigidas más a la educación musical, otras al entretenimiento y ocio.

1.3 Tecnología y música en Colombia

En Colombia existen varias academias, proyectos e iniciativas para el aprendizaje musical, principalmente infantil y juvenil; apoyadas por alcaldías, Ministerio de Cultura y el Gobierno Nacional. Es el caso de Fundación Batuta, la cual hace su labor por el desarrollo integral y así poder mejorar la calidad de vida de niños, niñas, adolescentes y jóvenes de zonas vulnerables, fortaleciendo procesos musicales, culturales y educativos⁸. Así mismo, Ideartes es un Instituto que busca gestar las prácticas artísticas (incluida la música) en la ciudad de Bogotá con criterios de eficiencia, eficacia y efectividad⁹. De igual manera, el proyecto LASO pretende incentivar, motivar y apoyar procesos creativos y organizativos para el emprendimiento cultural, y la producción de contenidos culturales mediante el uso de nuevas tecnologías en los distintos municipios del país¹⁰. Es importante aclarar que estas son algunas de las varias iniciativas de aprendizaje musical que existen en el país, y que son tanto de carácter privado como apoyadas por entidades públicas.

Los proyectos musicales anteriormente mencionados, desarrollan sus iniciativas de manera presencial, como lo describen en sus metodologías, sin embargo, algunas entidades han impulsado plataformas digitales para la educación musical. Es el caso de Viajeros del Pentagrama, una estrategia digital creada por el Ministerio de Cultura, la cual ofrece a los niños y las familias un acercamiento al aprendizaje musical con clases prácticas y teóricas, y distintos juegos auditivos y visuales¹¹. Viajeros del Pentagrama ofrece una gran variedad de actividades interactivas dirigidas a distintos conocimientos.

⁸ Fundación Batuta. Disponible en: www.fundacionbatuta.org

⁹ Instituto Distrital de las Artes. Disponible en: <https://idartes.gov.co/es>

¹⁰ LASO. Disponible en: <https://mincultura.gov.co/>

¹¹ Viajeros del Pentagrama. Disponible en: www.viajerosdelpentagrama.gov.co

Tabla 3. Contenidos de la plataforma: Viajeros del Pentagrama.

Sección	Temas	Descripción
Aprende y enseña música	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Juego, cuerpo y música ➤ Movimiento sonoro ➤ Descubriendo nuevas tonalidades ➤ La clave de Fa ➤ Arpeggios, acordes, ritmos y polifonía ➤ Improvisación, composición e interpretación 	Esta sección ofrece contenidos para docentes, como preparación de sus clases de música en el aula; y para las actividades de los niños en compañía de la familia, se presentan actividades y manualidades para hacer en casa.
Tutoriales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Claves musicales ➤ Pandereta ➤ Tambor ➤ Palo de lluvia ➤ Propulsores ➤ Decora tu salón ➤ Guacharaca ➤ Maracas ➤ Flauta de émbolo ➤ Gaita ➤ Marimba ➤ Atril 	Tutoriales ofrece contenido relacionado con la elaboración de distintos instrumentos musicales de forma casera y manual.
Juega	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sonidos cósmicos ➤ Sigue el baile ➤ Coreografías ➤ Satélite musical ➤ El cotidiáfono ➤ Te suena me suena ➤ Alegría sonora ➤ El pulso del río ➤ Carrera de pentanautas ➤ A que no me alcanzas ➤ Un rescate acuático ➤ Del universo al pentagrama ➤ Al ritmo de la bicicleta estelar ➤ Notación musical ➤ Perseidas del pentagrama ➤ Tética y anacrúsica a la carrera ➤ Piano digital 	Distintos juegos que refuerzan distintas temáticas musicales, con personajes propios de la plataforma, música, ritmo y colores.

Manos a la flauta	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Unidad 1: Acercándonos a la flauta dulce ➤ Unidad 2: Nuestras primeras notas en la flauta ➤ Unidad 3: Seguimos con más notas en la flauta ➤ Unidad 4: Nuevas notas y ejercicios de mecanización ➤ Unidad 5: Nuevas notas y ejercicios de mecanización 	En esta sección se ofrece enseñanza de cómo interpretar la flauta dulce soprano de forma sencilla y divertida.
--------------------------	---	--

De igual manera, dentro de los desarrollos y estudios realizados en el país, se pueden destacar investigaciones de carácter no educativo, pero que fortalecen la relación de música y tecnología. Una de ellas es el estudio realizado por Cruz (2019), el cual propone un software basado en ML para la identificación automática de géneros de música colombiana. El método del estudio evaluó un conjunto de datos de 180 piezas musicales pertenecientes a seis géneros folclóricos colombianos: Bambuco, Carranga, Cumbia, Joropo, Pasillo y Vallenato. Los resultados mostraron que es posible identificar automáticamente el género musical a pesar de la complejidad de los ritmos colombianos, alcanzando una exactitud promedio del 69% (Cruz et al., 2019). Este estudio permite abordar una nueva mirada al folclor nacional y rescatar el valor y aporte cultural que ofrecen estas expresiones artísticas.

Con relación a lo anterior, y teniendo en cuenta los trabajos previamente mencionados, para este proyecto la situación ideal se basa en lograr ofrecer a los niños herramientas para el desarrollo de los distintos beneficios que trae consigo el aprendizaje musical, y que a su vez, se pueda permitir pensar en la realización de implementaciones, como las ya mencionadas, a distintas partes educativas, sean escuelas, academias musicales e incluso para estudios autónomos, como es el caso del proyecto Viajeros del Pentagrama. Además, según se describe en uno de los trabajos mencionados, apoyar el aprendizaje de la música con la tecnología y herramientas tecnológicas, puede reducir la dificultad y mejorar la eficiencia de dicho aprendizaje, siempre y cuando sea manejado de manera adecuada y controlada (Kong, 2020).

1.4 Estudios comparativos de metodologías musicales

Uno de los propósitos principales de este trabajo, es realizar la estructuración de un contenido de aprendizaje inicial de la música basado en una metodología para teclado principiante por medio de un software educativo. Esto con el fin de poder realizar una comparación con métodos tradicionales. Por tal motivo, es necesaria la búsqueda de antecedentes relacionados con estudios comparativos entre distintos métodos de enseñanza musical.

Dentro de la literatura se encuentran diversas investigaciones a lo largo del tiempo, con el propósito de comparar métodos de enseñanza musical, y en algunos casos, por medio del teclado. Es el caso del estudio realizado por Brown (1928), el cual buscaba establecer qué método era más eficiente en el aprendizaje del piano entre tres categorías de enseñanza: **Entero**, donde los estudiantes ejecutaban las partituras de principio a fin sin detenerse en ninguna circunstancia; **Parte**, donde las partituras se dividían en unidades que eran practicadas igual número de veces; y **Combinación**, que se ejecutaba de principio a fin, pero donde se presentaban errores se repetían igual número de veces. Para los resultados del estudio, se utilizaron tres unidades de dificultad donde se demostró que el método **Entero** resultó ser más eficiente en dos de las tres unidades de medida, y el método **Parte** el menos eficiente (Brown, 1928). Si bien el anterior estudio fue realizado hace muchos años, hizo parte del comienzo de un conjunto de investigaciones para permitir extraer elementos de enseñanza musical a estudios posteriores, pues antes de 1925 se hacía poca mención de la clase de música, y desde la tercera década del siglo XX se sugirió la organización actual de la clase de música en general (Weigand, 1962).

Weigand (1962), realizó su estudio enfocado en métodos de enseñanza para la música general en seis escuelas de secundaria de Kansas (EE. UU.). El proyecto estuvo dirigido a adolescentes de séptimo grado durante el segundo semestre de 1957-1958. Allí, tres escuelas fueron designadas como el grupo experimental y las otras tres como el grupo de control. La investigación destacó que un método ineficaz se debe a una mala organización y presentación de los materiales, y puede mejorarse mediante la organización juiciosa de las actividades y los implementos en amplias unidades de aprendizaje (Weigand, 1962).

Estudios más recientes, también realizan comparaciones entre métodos de enseñanza musical, donde resaltan la importancia de la preparación y competencia docente como motivación en la célula de arranque para la enseñanza de la música en general (como se cita en Botella & Lerma, 2016). El trabajo realizado por Botella y Lerma (2016), pretendía averiguar qué metodología era más idónea para la comprensión de la música contemporánea en la Educación Secundaria Obligatoria. Esta investigación conllevó a un estudio cuasiexperimental donde se comparaban las clases tradicionales magistrales con clases basadas en distintos tipos de audición. Aquí se recalca que todo proceso de educación musical debería partir de la práctica, para el desarrollo de capacidades relacionadas con la audición, la interpretación y la composición. Finalmente, es importante mencionar que los resultados más significativos se dieron a nivel cualitativo, donde se observó que la metodología experiencial tuvo mejores resultados (Botella & Lerma, 2016).

De manera análoga, dentro de los estudios recientes se ha comprobado que, debido a la experimentación, la interpretación, manipulación y la observación directa por parte del niño/niña, se puede aprender música de forma lúdica y divertida (Rodríguez, 2017). Así mismo, Rodríguez (2017) afirma que se conocen distintos métodos de introducción a la música para niños/niñas. La siguiente tabla muestra los aspectos más importantes de algunas de las metodologías más conocidas.

Tabla 4. Metodologías de enseñanza musical.

Autor	Descripción
Dalcroze (1865 - 1950)	Descubrir el movimiento corporal como factor esencial para el desarrollo del ritmo.
Orff (1895 - 1982)	Descubrimiento del valor rítmico y expresivo del lenguaje y su relación con el lenguaje musical.
Kodály (1882 - 1967)	La utilización del folclore propio de la ciudad como punto de partida del aprendizaje.
Martenot (1898 - 1980)	Importancia de la respiración y la relajación corporal.
Willems (1890 - 1978)	Relación de la música con la pedagogía, la psicología general y la evolutiva.

Suzuki (1898 - 1998)	Adaptación y funcionalidad del aprendizaje de la música al instrumento que el niño esté utilizando.
----------------------	---

Nota. Tomado de Rodríguez, 2017.

La investigación de Rodríguez (2017), precisamente realizó la comparación del método Kodály y la teoría de Edwin Gordon, con el fin de saber cuál era más adecuado en el aprendizaje musical de la educación infantil. La autora da la importancia al primer método debido a su forma de enseñanza musical por medio de la voz y el oído, y a través del canto popular de cada país. El segundo método lo destaca por ser una teoría reciente que eleva la enseñanza musical al nivel del aprendizaje de la lengua materna. Así pues, el estudio realizó un análisis cualitativo basado en una investigación a través de trabajos bibliográficos y un análisis exhaustivo y detallado de los diferentes documentos de la investigación. Dentro de los resultados, se destaca que ambos métodos cuentan con elementos positivos y negativos y no se puede establecer cuál es mejor. Sin embargo, enfatiza que este tipo de educación debe comenzar en el vientre de la mamá y seguir una línea firme desde el nacimiento hasta los 5 años, que es el período más crítico y donde se producen las experiencias y vivencias que marcarán el resto de la vida de los seres humanos (Rodríguez, 2017).

Un último estudio, llevado a cabo por Macián-González y Tejada (2018), realizó otro diseño exploratorio cualitativo por medio de una Investigación-Acción (IA) en una escuela municipal de música en Barcelona (España). El objetivo era la detección de problemas técnicos en la iniciación del violín realizando la comparación de dos aproximaciones didácticas: la primera centrada en el uso de la mano derecha, introduciendo el manejo de los dedos de la mano izquierda de forma gradual; y la otra se centró en el estudio simultáneo de ambas manos. Allí, el profesor era el investigador participante, el cual ejecutaba una observación continua para obtener datos cualitativos fiables y contrastados en la repetición. Además, el diseño IA se realizó mediante un solo ciclo (Planificación, Acción, Observación, Reflexión) a lo largo de un curso escolar de niños entre 4-5 años, comprendiendo 30 sesiones individuales de 30 minutos de duración. Igualmente, se realizaron 3 sesiones grupales de 45 minutos para preparar una actuación en el último trimestre. Para la toma de datos, se tuvieron en cuenta estas categorías:

- Higiene postural del cuerpo con relación al instrumento.
- Mano izquierda (Colocación, Acciones).
- Mano derecha (Colocación, Acciones).
- Relación de ambas manos.

Finalmente, el estudio abordó distintas conclusiones relacionadas con las categorías establecidas, y así mismo, en cuanto al contraste de las dos aproximaciones didácticas, se observó más eficacia en el método de ambas manos en términos generales de aprendizaje técnico. De esta manera, los resultados del anterior estudio permiten abrir nuevas vías de investigación en temas como el diseño de materiales didácticos para la iniciación instrumental (Macián-González & Tejada, 2018).

2. Metodología

Los objetivos de este proyecto llevan su mirada al diseño de un prototipo de software musical dirigido al aprendizaje de conceptos iniciales de la música por medio del teclado instrumental y que, además, le ofrezca al usuario retroalimentaciones de los temas dados en el software, empleando Machine Learning (ML), para que de este modo, permita reforzar el aprendizaje del niño(a) de la etapa operacional concreta. Así mismo, esta forma de enseñanza tecnológica fue comparada con el método de enseñanza por medio del libro *Piano para Dummies*. Es por ello que esta sección del documento describirá la metodología planteada para cumplir correctamente los objetivos establecidos.

Con relación a lo anterior, se definieron cuatro (4) fases para el diseño de la investigación, tal como se observa en la Figura 1. Cada una de estas fases cubre uno de los objetivos específicos para así, lograr llegar al objetivo general.

Figura 1: Fases del diseño de la investigación.



A continuación, se describe cada una de las cuatro (4) fases del diseño de la investigación.

2.1 Fase 1: Establecer contenidos

Esta primera fase va dirigida a la selección de los temas de enseñanza que contiene el prototipo de software musical. Para ello, es importante realizar una revisión de los contenidos del libro *Piano para Dummies*. Con dichos temas, se escogieron los más adecuados para que puedan ser incluidos en el software. Cabe aclarar que cada uno de los temas del libro debe ser ajustado y modificado con palabras, imágenes y otros elementos apropiados para niños y niñas de la etapa operacional concreta. Sin embargo, estas modificaciones y ajustes de los contenidos no deben afectar el propósito de enseñanza de cada tema. Además, es importante aclarar que debido al tiempo de desarrollo de este trabajo, no es posible cubrir todos los temas que en el libro se presentan. Así pues, se tuvieron en cuenta los conceptos que pudieran ser cubiertos en seis clases, que serán llevadas a cabo en el proceso de comparación (Fase 4).

2.1.1 Sobre el libro *Piano para Dummies*

“*Para Dummies*” es una serie de libros, generalmente de libre acceso, dirigidos al aprendizaje de diferentes temas (no solamente musicales) por medio de guías sencillas para los lectores. Aunque la traducción es “*Para tontos*”, el editor hace énfasis en que no es literalmente así, sino que va dirigido a inexpertos o principiantes en una materia. Además, así como se dispone de “*Piano para Dummies*” también se puede encontrar “*Guitarra para Dummies*”, “*Percusión para Dummies*”, “*Ópera para Dummies*”, “*Teoría musical para Dummies*”, entre muchos otros.

Específicamente, *Piano para Dummies* está dirigido a personas interesadas en aprender a tocar el teclado o leer música. Según el método, una dedicación constante permitirá aprender a leer música para piano, conocer los nombres de las notas, las escalas y los acordes, entender mucho mejor los distintos estilos musicales y, en general, adquirir sólidas habilidades para poner en práctica las técnicas fundamentales del piano.

Adicionalmente, el libro está organizado en seis (6) secciones, cada una dividida en capítulos, con el objetivo de abarcar diferentes conceptos, desde los más básicos hasta los más avanzados. A continuación, se realiza una breve descripción de cada sección del libro.

Primera parte. Primer acercamiento al teclado.

La primera parte sirve como introducción para conocer la familia de los teclados. Se ofrece información sobre pianos y teclados eléctricos o digitales. Además, habla sobre la búsqueda de un teclado adecuado y sobre las distintas opciones que existen en el mercado. Finalmente, termina con un capítulo sobre el cuidado del teclado, aclara ¿por qué no hay que permitir que el instrumento esté sucio o poco operativo? Y así mismo, da consejos sobre cómo sentarse al piano, en qué consisten todas las teclas, cómo usar las manos y cómo utilizar los pedales.

Segunda parte. Aprende a sacar sonidos de un papel.

Esta parte da una guía para entender los múltiples símbolos, líneas y puntos que constituyen la música escrita y cómo estos se traducen en música de verdad. Se le concede también especial importancia al ritmo, a cómo se escribe, cómo se cuenta y cómo se tocan canciones conocidas utilizando ritmos distintos.

Tercera parte. Una mano cada vez.

En la tercera parte se realiza una introducción de cómo tocar melodías conocidas, de momento con la mano derecha. Así mismo, se resalta la importancia de las escalas y cómo pueden ayudar a dominar el piano. Finalmente, se empezará a hacer uso de la mano izquierda.

Cuarta parte. La vida en perfecta armonía.

El foco principal es la armonía, en qué consiste, cómo se construye y cómo se puede usar para llenar canciones. Además, se entenderá el funcionamiento de las tonalidades y de los acordes, y se dispondrán múltiples oportunidades de poner armonía a las melodías.

Quinta parte. La técnica, un valioso aliado.

En esta parte se ofrecerán algunos trucos, técnicas y adornos estilísticos para darle más cuerpo a las melodías.

Sexta parte. Los tres decálogos.

En esta última sección, se encontrarán una serie de listas y consejos que incluyen ideas para sacar el máximo provecho de las horas de ensayo y consejos para compartir el talento en diversas situaciones. Así mismo, se plantean algunas posibles direcciones que se pueden utilizar para ampliar el conocimiento del piano más allá de los límites de este libro.

2.2 Fase 2: Seleccionar algoritmo de clasificación

Esta segunda fase enmarca la búsqueda, análisis y selección del algoritmo de clasificación basado en Machine Learning (ML). El propósito de este algoritmo es apoyar el objetivo de la construcción de un sistema de retroalimentación dentro del prototipo de software musical inicial, basado en el teclado instrumental. De esta manera, se espera que el software pueda autoajustarse a la respuesta de cada alumno, ofreciendo un contenido propio de su rendimiento de aprendizaje. Es decir, dependiendo de los aciertos o errores de cada alumno, se incluirán secciones de refuerzo.

Con la integración de este sistema de retroalimentación dentro del prototipo de software musical, se espera que el niño(a) pueda fortalecer los conceptos en los que tiene mayor debilidad y así lograr una mejor curva de aprendizaje en conceptos musicales.

La idea general de esta fase es realizar un proceso de entrenamiento y prueba en diferentes modelos de clasificación para poder seleccionar el más adecuado. En la sección 3.2 se profundizará de mejor manera en el desarrollo de esta fase.

2.3 Fase 3: Diseñar prototipo de software musical

Esta tercera fase está dirigida a la construcción del prototipo de software musical por medio de una aplicación móvil. La aplicación está enfocada en la educación musical, haciendo énfasis en el aprendizaje del teclado.

Con lo anterior, el primer paso es la realización de un diseño inicial de la aplicación con Mockups, esto mediante la herramienta Balsamiq Wireframes¹², la cual permite construir una interfaz de usuario como aproximación al producto final. Es importante destacar que dentro del diseño, y debido a la población objetivo, fue necesario manejar estilos, imágenes, palabras y colores apropiados.

Una vez establecido el diseño, y con los temas seleccionados en la Fase 1, se procede con el desarrollo de la aplicación móvil. Con lo anterior, la construcción del software se llevó a cabo empleando Unity¹³. Si bien Unity se enfoca en el desarrollo de videojuegos, esta herramienta ofrece diferentes componentes que facilitan la interacción del usuario con la aplicación.

Con la aplicación desarrollada, por medio de un dispositivo móvil se realizan las pruebas correspondientes para la integración con el sistema de retroalimentación basado en Machine Learning (ML). En la sección 3.3 de este documento se profundizará más sobre el software musical.

Cabe aclarar que, por efectos prácticos de este documento, ‘software musical’ y ‘prototipo de software musical’ hacen referencia al mismo objetivo y producto final de la Fase 3 y que consiste en el desarrollo de la aplicación móvil mencionada previamente. No obstante, se debe tener en mente que en este trabajo se presenta el prototipo de una aplicación que, a partir de los resultados y conclusiones expuestas aquí, se pueda mejorar y consolidar en una versión definitiva para el alcance del público en general.

2.4 Fase 4: Análisis de comparación

Una vez se tienen seleccionados los temas del libro *Piano para Dummies*, pensados para seis clases de 30 minutos aproximadamente, modificados los contenidos de estos temas

¹² Herramienta de software para crear prototipos o bocetos de una página web o móvil. Disponible en: <https://balsamiq.com/wireframes/>

¹³ Software que cuenta con todo lo necesario para poder desarrollar videojuegos (principalmente) en cualquier plataforma. Disponible en: <https://unity.com/es>

con elementos adecuados para la población objetivo, desarrollado el software musical con dichos temas, e implementado el sistema de retroalimentación dentro del software; ahora es momento de realizar el análisis comparativo de métodos de enseñanza musical. Para ello, dicha comparación es realizada con dos (2) participantes de la etapa operacional concreta. Es importante mencionar que, preferiblemente, ambos estudiantes no deben tener conocimientos previos de la música y, más específicamente del teclado, pues el trabajo hace énfasis en el aprendizaje inicial de este instrumento. Además, los dos (2) participantes fueron seleccionados de una institución educativa pública de la ciudad de Bogotá. Así pues, a lo largo de seis sesiones de treinta minutos aproximadamente, uno de los participantes aprende los conceptos musicales empleando el software desarrollado, y el otro aprende los mismos conceptos directamente con el libro *Piano para Dummies*. De esta manera, la finalidad de la Fase 4 es encontrar semejanzas y/o diferencias en los dos métodos de aprendizaje, destacando fortalezas y/o debilidades del software musical implementado para sus posibles mejoras o refuerzos en torno a la relación música-tecnología, esperando así, abrir un camino dentro de las posibilidades del aprendizaje musical en Colombia.

El análisis comparativo de las dos alternativas de enseñanza tendrá en cuenta los aspectos descritos a continuación:

2.4.1 Enfoque cualitativo

En la literatura se resalta a los enfoques cualitativos como el principal método de investigación en los sectores educativos. Así, la investigación cualitativa emerge en el campo de las ciencias de la educación como una opción metodológica válida para el abordaje de los problemas socioeducativos (Colmenares & Piñeros, 2008). Incluso, Botella y Lerma (2016), destacan en su artículo que la parte cualitativa del experimento ha permitido alcanzar óptimamente la comprensión e interpretación de los resultados para averiguar qué metodología resulta más idónea para la comprensión de la música contemporánea en la Educación Secundaria Obligatoria. De esta manera, el proyecto al tener un enfoque educativo llevará a cabo una investigación cualitativa.

2.4.2 Investigación descriptiva

Según Abreu (2012), la investigación descriptiva puede contemplar aspectos cualitativos y cuantitativos para la recolección de datos y así, describir un acontecimiento de manera resumida, apoyado por elementos visuales como: tablas o gráficos. Agregado a lo anterior, los tres objetivos principales de la investigación son: describir, explicar y validar los resultados. Así, la descripción surge después de la exploración creativa, y sirve para organizar los resultados con el fin de encajar con las explicaciones, y luego validarlas (como se cita en Abreu, 2012). Por esta razón, es necesario destacar que el método Investigación-Acción que llevará a cabo este trabajo, y que será detallado más adelante, usa como instrumento la observación, siendo esta una de las alternativas de recolección de datos en la investigación descriptiva.

2.4.3 Investigación-Acción (I-A)

Dentro de la investigación cualitativa, existen distintos métodos de aplicación. Sin embargo, para la finalidad de este proyecto se decidió escoger la Investigación-Acción, basado en la literatura. Por ejemplo, Latorre (2005) en su libro afirma que la Investigación-Acción propone mejorar la educación a través del cambio y aprender a partir de las consecuencias de los cambios. Así mismo, un aspecto central de la Investigación-Acción es llegar a formar parte de la cultura del centro educativo, pues existen diferentes maneras de investigar en educación; no todas adecuadas y utilizables en contextos educativos. De este modo, la Investigación-Acción pretende comprender e interpretar las prácticas sociales (indagación) para cambiarlas (acción) y para mejorarlas (propósito) (como se cita en Latorre, 2005). Finalmente, como mencionan Colmenares & Piñeros (2008), la Investigación-Acción se presenta en este caso, no solo como un método de investigación, sino como una herramienta epistémica orientada hacia el cambio educativo.

La Investigación-Acción también ha sido producto de diferentes estudios y adaptaciones a lo largo del tiempo. Quizá uno de los modelos de Investigación-Acción más conocidos es el de Stephen Kemmis. Él propone la construcción de la Investigación-Acción en ciclos, donde cada ciclo está compuesto de: planificación, acción, observación y reflexión, tal como se puede apreciar en la Figura 2. Con lo anterior, es importante tener en cuenta que,

por el tiempo de desarrollo de este proyecto, se llevará a cabo un solo ciclo, comprendiendo cada una de las 4 fases del método Investigación-Acción.

Figura 2. Método Investigación-Acción bajo el modelo Kemmis.



Nota. Adaptado de *Características y retos de la IAP: Una experiencia personal en investigación turística*, de Pilar Espeso-Molinero, 2017.

Planificación

Se debe desarrollar un plan de acción informado críticamente para mejorar la práctica actual. El plan debe ser flexible, de modo que permita la adaptación a efectos imprevistos (Latorre, 2005), es decir, se necesita tener claro qué se va a hacer definiendo las prioridades en las necesidades y elaborando opciones entre las posibles alternativas.

Acción

El plan se pone en práctica teniendo en cuenta todo lo planificado anteriormente y así, poder llevar a cabo la observación.

Observación

Como se puede apreciar, la Investigación-Acción hace uso de la observación como su principal instrumento. Este proceso, observa la acción llevada a cabo para recoger evidencias que permitan una evaluación. La observación debe planificarse, y llevar un diario para registrar los propósitos. Además, el proceso de la acción y sus efectos deben observarse y controlarse individual o colectivamente (Latorre, 2005).

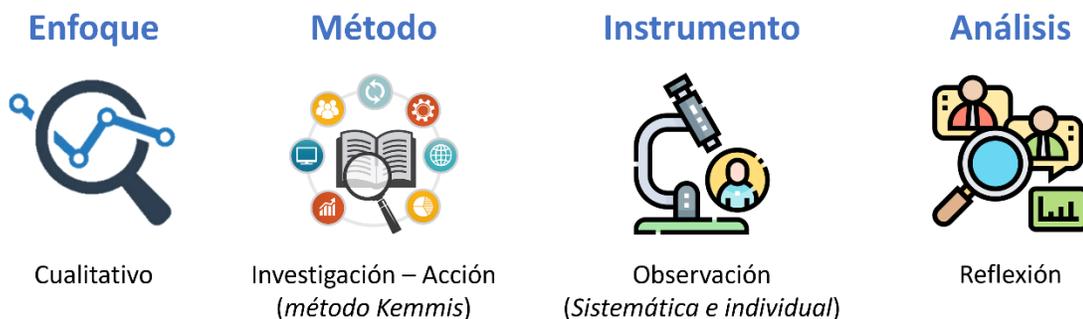
Con lo anterior, es necesario resaltar que el proyecto realizará una observación sistemática, es decir, con una planificación específica previa de lo que se desea observar; e individual, haciendo referencia a que el único observador del proceso es el mismo investigador.

Reflexión

El último aspecto del análisis comparativo se basa en la cuarta fase del ciclo de la Investigación-Acción de Kemmis. Dentro del proceso de reflexión se analiza la acción registrada durante la observación, ayudada por la discusión entre los miembros del grupo (en caso de que hayan más investigadores). Además, la reflexión puede conducir a la reconstrucción del significado de la situación social y proveer la base para una nueva planificación y continuar con el siguiente ciclo (Latorre, 2005).

Así pues, la Figura 3 hace un resumen conceptual de lo que comprende la Fase 4 de este trabajo.

Figura 3. Estructura de la Fase 4.



Esta sección del documento se realizó una contextualización sobre las cuatro fases de la metodología planteada para el desarrollo del trabajo (ver Figura 1), explicando el propósito de cada una, las herramientas a utilizar, tecnologías empleadas y demás elementos pertinentes para el desarrollo de los objetivos. Ahora, la siguiente sección describirá más detalladamente cada uno de los procesos, productos finales y resultados obtenidos en dichas fases.

3. Resultados

Una vez definida la metodología de trabajo estructurada en 4 fases (ver Figura 1), se deben desarrollar las actividades de cada fase de manera satisfactoria para cumplir con los objetivos que se quieren alcanzar. Es por ello, que esta sección describirá a detalle el propósito de cada una de las fases, las herramientas utilizadas, tecnologías empleadas y demás elementos pertinentes que permitieron la culminación exitosa de cada actividad.

3.1 Fase 1: Contenidos establecidos para el prototipo de software musical

Como se describió en la sección 2.1 de este documento, el libro *Piano para Dummies* es el texto guía escogido para los temas que estarán en el prototipo de software musical propuesto. Es importante mencionar que, aunque existen diversos libros guías y métodos de aprendizaje, se decidió elegir uno que tuviera textos sencillos de comprender, apoyados de imágenes, ejemplos y demás contenido apropiado para niños y niñas de la etapa operacional concreta (7 a 11 años). Algunos métodos de enseñanza, como Suzuki, son muy conocidos a nivel mundial, sin embargo, según la revisión de sus contenidos, están diseñados para ser dirigidos por un tutor musical presente y bajo un proceso de enseñanza de academia. Por lo anterior, era importante contemplar que se esperaba contar con un libro guía que apuntara a un estudio autónomo o en compañía de una persona encargada, no necesariamente conocedora de música, es decir, se requería un texto que fuera fácil de entender para cualquiera. Así, dentro de los métodos de enseñanza explorados se decidió elegir “*Para Dummies*” enfocado en el piano o teclado musical.

Si bien el libro maneja una escritura sencilla, con imágenes apropiadas, ejemplos asociados a los temas y algunos toques humorísticos que hacen más amena la lectura,

era necesario adaptar los textos que se deseaban tener en la aplicación móvil, esto debido a que con el prototipo de software musical se espera tener avances de aprendizaje significativos sobre temas netamente musicales y algunos textos expuestos en el libro no son relevantes en este momento del trabajo como: tipos de piano, consejos para adquirir el piano adecuado, comparación de marcas y precios, entre otros. Además, otra razón para adecuar los contenidos del libro dentro del software musical es que algunos dichos, palabras y jergas no corresponden al entorno de la población objetivo (Bogotá, Colombia), pues su traducción está en lenguaje castellano (de España).

Ahora bien, como ya se mencionó, y pensando en el análisis comparativo planteado en la Fase 4 como uno de los objetivos, era necesario para el desarrollo del software musical, no solo adecuar los contenidos de manera apropiada para la población objetivo, sino que además se debían construir 6 clases compuestas de 2 o 3 lecciones cada una, para un tiempo estimado de 30 minutos por clase. La siguiente tabla es el resumen general de esta división.

Tabla 5. Tabla de contenidos del software musical.

Clase	Lección	Descripción
1. Empecemos por el principio	1.1. Presentación del instrumento	Se ofrece algo de historia del piano, como ¿quién lo creó? ¿Cuándo se creó? Y algunas características del instrumento.
	1.2. La postura, un punto importante	Se revisa cuál debe ser la postura ideal para tocar el piano, por qué sentarse bien y la postura de las manos y dedos.
	1.3. Digitación	Se indica cómo se deben enumerar los dedos para tocar melodías y algunos consejos sobre los dedos en el piano.
2. Las teclas	2.1. ¿Octava? ¿Qué es?	Se define el término Octava como un primer acercamiento a las teclas y notas del teclado musical.
	2.2. Teclas blancas en el teclado	Se presentan las teclas blancas para conocer su sonido, nombre y nomenclatura musical.
	2.3. Teclas negras en el teclado	Se presentan las teclas negras para conocer su sonido, nombre y nomenclatura musical.

3. Lectura de líneas y espacios	3.1. Partitura	Se presenta la partitura como elemento de lectura de melodías y algunas de las figuras musicales más conocidas.
	3.2. Pentagrama	Se revisan con más detalle las partituras definiendo el concepto Pentagrama y cómo las notas musicales se representan allí.
	3.3. Las claves	Se nombran las 2 claves principales para la interpretación del piano (Sol y Fa) y se describe la forma como se representan las notas en cada una.
4. Más allá de las líneas y espacios	4.1. El gran pentagrama y las líneas adicionales	Se indica cómo las dos claves anteriores (Sol y Fa) se leen en una misma partitura. Además, cómo representar 88 notas de un piano en un espacio tan pequeño como los pentagramas.
	4.2. Una octava arriba, una octava abajo	Aquí se indica cómo se representa en los pentagramas el término Octava , cuando se desea tocar una nota en una octava más arriba o una octava más abajo.
	4.3. Alteraciones	Se describe la manera como se puede alterar una nota (medio tono arriba o medio tono abajo) y cómo se pueden representar en el pentagrama.
5. Lleva el compás en la lectura	5.1. La barra de compás	Se explica la manera cómo se dividen las partituras en compases y cómo poder leer los otros tipos de barras comunes en las melodías de partitura.
	5.2. No dejes de leer	Algunos consejos simples para leer una partitura.
6. En el piano entendemos mejor	6.1. Una buena digitación	Se hace un recuento de lo visto en la lección 1.2. y 1.3. y además, con ejercicios prácticos en el teclado musical, se ponen a prueba los conocimientos adquiridos.
	6.2. Del pentagrama al piano	Se recuerdan las notas en el pentagrama y, con un ejercicio práctico en el teclado, se asocian las notas, nomenclaturas musicales y dedos apropiados para tocar cada una.
	6.3. Las alteraciones también suenan	Se recuerdan las alteraciones de la lección 4.3. y se realiza un ejercicio práctico en el teclado para que el

		participante se familiarice con este tipo de notas.
--	--	---

Los contenidos desde la clase 1 hasta la 5, hacen parte del libro *Piano para Dummies* en un gran porcentaje y fueron modificados para los fines ya resaltados, sin embargo, no siguen estrictamente el orden o secuencias que en el libro se tienen, pues cada material pedagógico de las clases y lecciones (Tabla 5) fueron organizados según los niveles de dificultad de los temas y propósitos que se querían alcanzar con el trabajo. Además, la clase 6 fue de propia autoría con el fin de ofrecer una sesión netamente práctica con el teclado musical, poniendo a prueba los conceptos tomados en las anteriores cinco clases.

También es importante destacar que, al finalizar cada lección se le realiza una pregunta de selección múltiple sobre los temas vistos. Estas preguntas no hacen parte del libro, pero son elaboradas a partir de los temas que se adaptaron de este y que se describieron anteriormente. Con lo anterior, estas preguntas tienen como fin, no solo evaluar el desempeño del estudiante, sino emplear el sistema de retroalimentación basado en Machine Learning para ofrecer contenidos de refuerzos en cada clase. Para más detalle del sistema de retroalimentación, ver los resultados de la Fase 2 en la sección 3.2 de este documento.

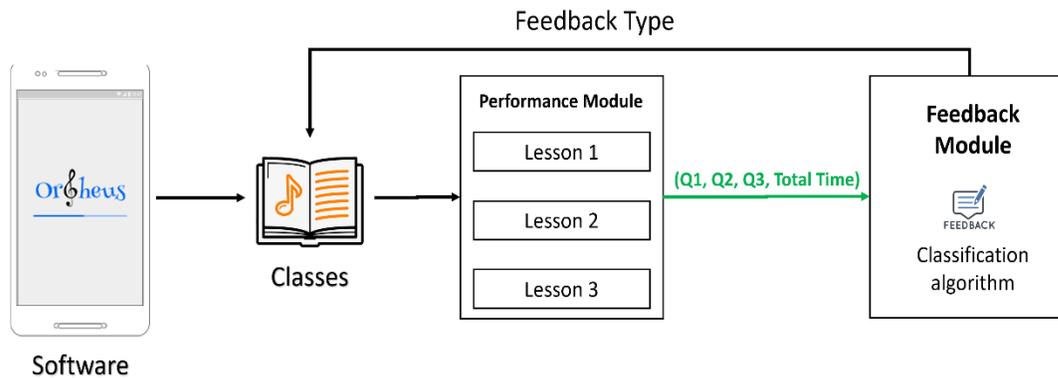
Por último, al final de este trabajo se presenta un material suplementario con todos los contenidos completos resultantes de la Tabla 5 que están en el software musical propuesto para este trabajo, junto con los ejercicios prácticos, preguntas elaboradas e imágenes que hacen parte de todo este material.

3.2 Fase 2: Algoritmo de clasificación seleccionado para el sistema de retroalimentación

Como ya se detalló, la Fase 1 tenía el objetivo de encontrar un libro metodológico apropiado para los propósitos de este trabajo, extraer los contenidos y adaptarlos adecuadamente en lo que se quería dentro del software musical. Adicionalmente, a partir de esos contenidos se crearon preguntas en cada lección para evaluar el desempeño de aprendizaje del estudiante (ver material suplementario). Con la Fase 2 de la metodología establecida, se pretende seleccionar un algoritmo de clasificación adecuado que permita

construir un sistema de retroalimentación dentro del prototipo de software musical planteado para que capture el desempeño de cada clase según el puntaje obtenido por el participante y así, ofrecerle un contenido de refuerzo acorde al rendimiento. Adicionalmente, junto con el puntaje del participante, también se evaluará el tiempo que duró el estudiante en contestar las 2 o 3 preguntas de cada clase. La Figura 4 da un vistazo general de lo anteriormente descrito.

Figura 4. Esquema general del sistema de retroalimentación.



El esquema anterior se puede resumir de la siguiente manera:

1. El prototipo de software musical con nombre **Orpheus** contiene una lista de 6 clases.
2. Cada clase puede contener de dos a tres lecciones (ver Tabla 5). Esta sección la llamaremos **módulo de desempeño**. Allí, el estudiante verá los contenidos musicales y al finalizar cada una de estas lecciones dispondrá de una pregunta que tendrá asociado un puntaje según la respuesta dada. Así mismo, se llevará un registro del tiempo que demora el participante en contestar las preguntas.
3. Los 2 o 3 puntajes de cada lección (Q1, Q2, Q3), junto con el tiempo total de desempeño (Total Time), serán enviados al **módulo de retroalimentación** donde el algoritmo de clasificación seleccionado evaluará los resultados y hará la clasificación sobre el tipo de retroalimentación que necesita el estudiante.
4. Finalmente, el tipo de retroalimentación se verá reflejado en el software musical a través de un nuevo contenido que reforzará lo visto en cada clase.

3.2.1 Tipos de retroalimentación

Una vez el estudiante termina todas las lecciones de una clase, el sistema de retroalimentación, a través del software musical, ofrecerá alguno de los cuatro tipos de retroalimentación que el modelo reconocerá:

- ***Retroalimentación alta.***
Al contestar las preguntas de las lecciones de una clase, el participante no tuvo un buen puntaje de estas y es necesario darle un refuerzo mayor de los contenidos.
- ***Retroalimentación media.***
Al contestar las preguntas de las lecciones de una clase, el participante tuvo un puntaje menor al mínimo esperado y es necesario darle un refuerzo mediano de los contenidos.
- ***Retroalimentación baja.***
Al contestar las preguntas de las lecciones de una clase, el participante tuvo un puntaje y tiempo bueno y simplemente se ofrece un resumen de lo visto en las lecciones.
- ***Retroalimentación de tiempo.***
Aunque el participante tuvo un desempeño bueno en la clase, tardó un tiempo mayor al esperado en contestar las preguntas y necesita un pequeño consejo para poder mejorar este factor.

Cada uno de estos tipos de retroalimentación fueron establecidos a partir de unos criterios definidos y el conjunto de datos que hizo parte del entrenamiento del algoritmo de clasificación. Las siguientes subsecciones describirán con más detalle estos elementos. Por ahora, es importante tener presente que, en el módulo de retroalimentación, el algoritmo clasificador responderá con alguno de estos cuatro tipos con base en la información recibida de los puntajes y tiempo de las lecciones.

3.2.2 Algoritmos de clasificación candidatos

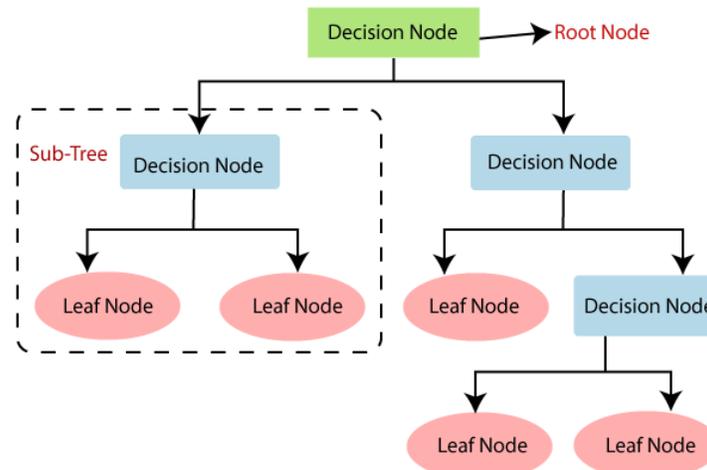
Como ya se ha venido mencionando, para la implementación del sistema de retroalimentación fue necesario encontrar el clasificador de aprendizaje automático más

apropiado para el objetivo de esta fase. Para ello, se realizó una comparación entre los siguientes clasificadores:

- **Clasificador de árboles de decisión (Decision Tree classifier)**

Un árbol de decisión es como un diagrama de flujo, en el que cada nodo interno (no hoja) representa una prueba de un atributo, cada rama representa un resultado de la prueba y cada nodo hoja contiene una etiqueta de clase (Wang, 2022). Además, el árbol de decisión cuenta con la ventaja de que no requiere información de dominio o configuración de parámetros, lo cual facilita la extracción de información.

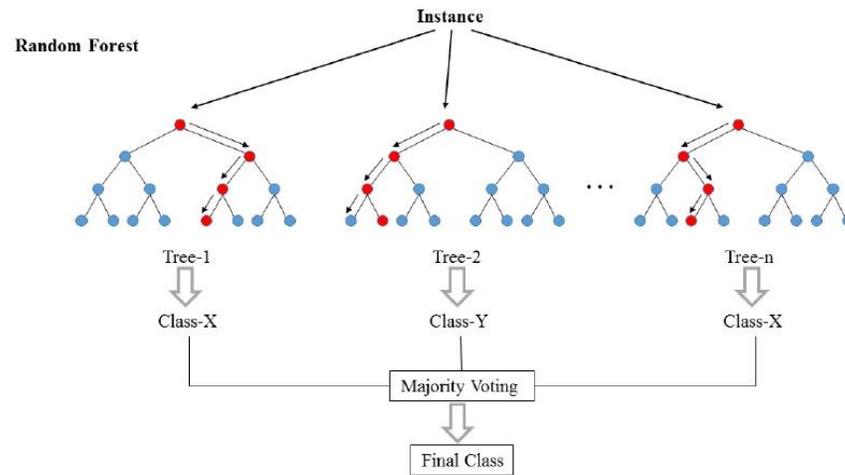
Figura 5. Clasificador Árbol de decisión.



Nota. Adaptado de java T point. Disponible en: <https://www.javatpoint.com/machine-learning-decision-tree-classification-algorithm>

- **Clasificador de bosque aleatorio (Random Forest classifier)**

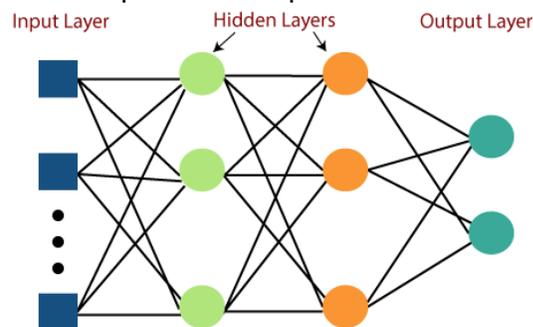
Random Forest es un algoritmo de clasificación que utiliza un conjunto de árboles de clasificación. Cada árbol se construye utilizando una muestra inicial de los datos, y en cada división, el conjunto de variables candidatas es un subconjunto aleatorio de las variables (Xin & Rongfang, 2006). Es importante mencionar que son árboles binarios, conduciendo la ruta de respuesta a través de declaraciones verdaderas o falsas. El uso de árboles binarios permite que este algoritmo sea rápido: $\text{Log}(n)$.

Figura 6. Clasificador Bosque aleatorio.

Nota. Adaptado de IBM Developer. Disponible en: <https://ibm.github.io/watson-studio-workshop/housing-price-predictor/7.html>

- **Clasificador Perceptrón Multicapa (Multi-layer Perceptron classifier)**

MLP es una de las redes neuronales más comunes. Consta de dos etapas computacionales principales: una red feed-forward y una red backpropagation. En el forward pass, los vectores de entrada son aplicados a los nodos de entrada de la red y en cada nodo (neurona) se realiza la suma ponderada de la entrada. En la etapa final del forward pass, el conjunto de salidas se produce como la salida real de la red. Ahora, durante el backpropagation, la salida real de la red es restada de una salida deseada para producir una señal de error, y los pesos de la red se van ajustando para irse moviendo a la respuesta deseada de acuerdo con los errores que se propagan hacia atrás (Kolojali et al., 2012).

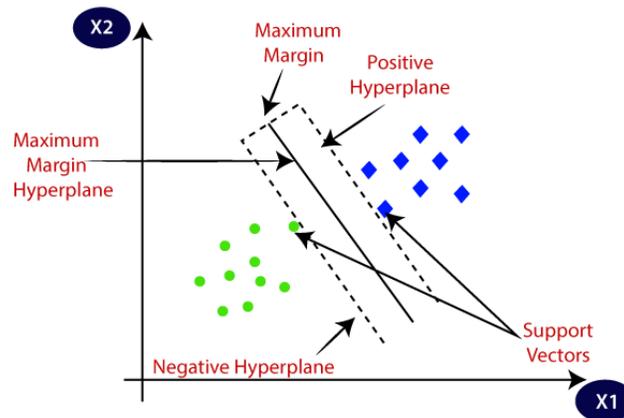
Figura 7. Clasificador Perceptrón multicapa.

Nota. Adaptado de java T point. Disponible en: <https://www.javatpoint.com/multi-layer-perceptron-in-tensorflow>.

- **Clasificador de máquina de vectores de soporte (Support Vector Machine classifier)**

SVM es básicamente un método de clasificación binaria que construye un hiperplano en un espacio de alto orden que separa muestras de dos clases. Su diseño utiliza kernels que normalmente se basan en lineales, polinómicos, de función de base radial (RBF) o sigmoides (Mulyadi et al., 2016). En otras palabras, dados los datos de entrenamiento etiquetados, el modelo crea un hiperplano que categoriza cada clase y divide a estas con el hiperplano más adecuado (en un espacio de dos dimensiones es una línea, en tres un plano y así sucesivamente).

Figura 8. Clasificador Máquina de vectores de soporte.

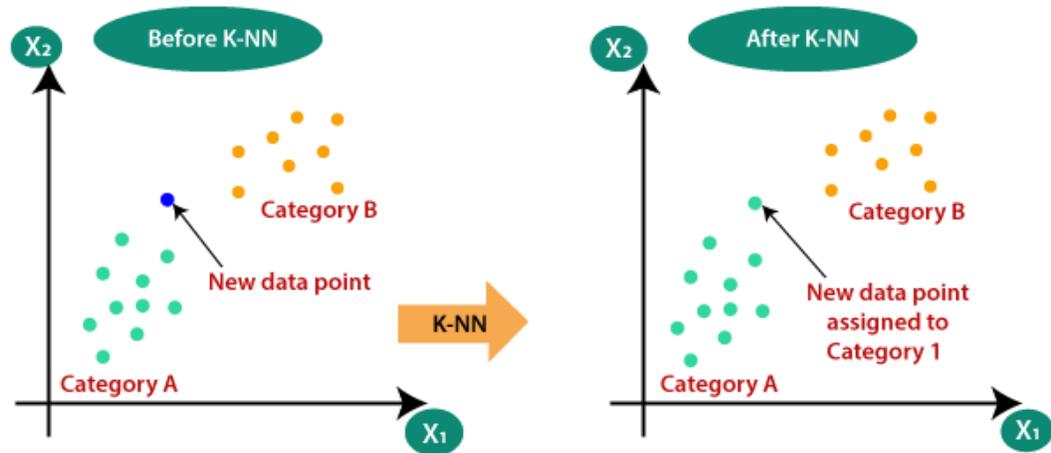


Nota. Adaptado de java T point. Disponible en: <https://www.javatpoint.com/machine-learning-support-vector-machine-algorithm>.

- **Clasificador de k-vecinos más cercanos (K-Nearest Neighbors classifier)**

Es muy famoso por su simplicidad de ejecución. El k-NN tiene un diseño no lineal y puede detectar información de propagación de manera directa o indirecta (Muhammad & Zain, 2017).

Figura 9. Clasificador K-vecinos más cercanos.



Nota. Adaptado de java T point. Disponible en: <https://www.javatpoint.com/k-nearest-neighbor-algorithm-for-machine-learning>.

3.2.3 Selección del algoritmo de clasificación

Una vez establecidos los métodos de clasificación candidatos, se seleccionó el conjunto de datos que será usado en el entrenamiento de cada método para su posterior comparación. Se hace necesario recordar que cada vez que el estudiante finalice una clase (compuesta de dos o tres lecciones), el modelo de clasificación escogido tendrá en cuenta los resultados obtenidos en cada lección y el tiempo que le tomó al estudiante responder las preguntas para la clasificación correspondiente dentro del sistema de retroalimentación (ver Figura 4).

Conjunto de datos.

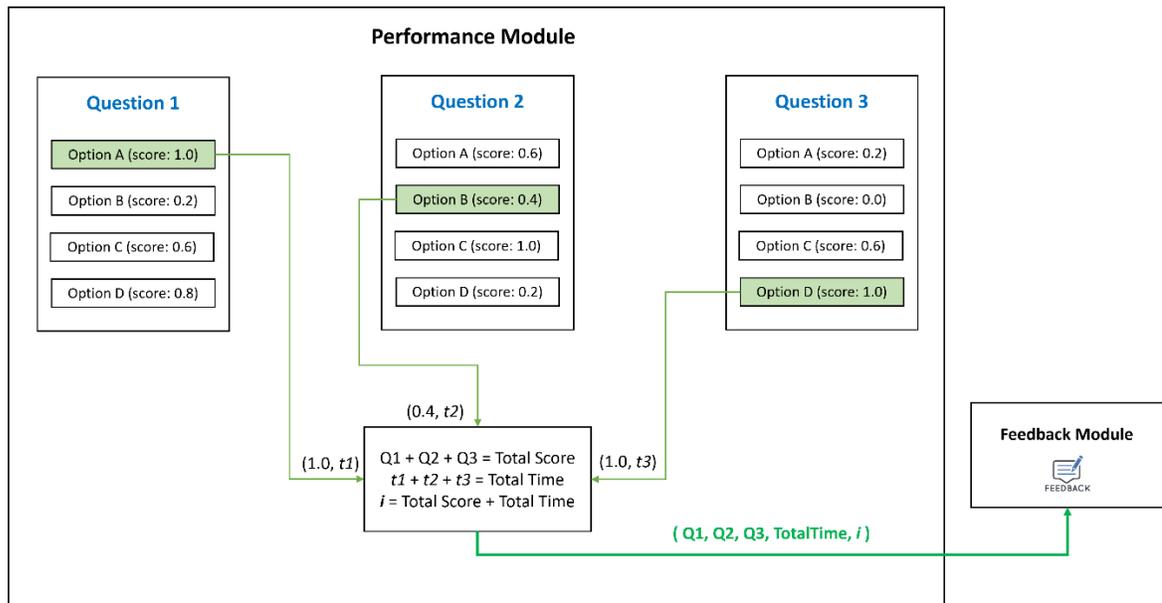
El módulo de retroalimentación expuesto en la Figura 4, trabaja a partir de un modelo de clasificación que predice el tipo de refuerzo que necesita el estudiante. Esta predicción la hace con base en el puntaje y tiempo alcanzado por el participante, es decir, para poder entrenar los modelos candidatos de clasificación se deben usar datos propios de la aplicación. Por tal motivo, y debido a que esta aplicación no ha sido implementada anteriormente en un entorno de recolección de datos, se tuvo que hacer uso de un conjunto de datos ficticio con las características necesarias para el entrenamiento.

En la literatura se encuentran diferentes trabajos que utilizan datos ficticios para distintos fines, incluso en entornos no musicales. En 2018 se emplearon técnicas de minería de datos y Machine Learning (ML) para estudiar los patrones y características de transacciones sospechosas y no sospechosas con tarjetas de crédito y así poder predecir comportamientos basados en datos ficticios (Yee et al., 2018). En el 2021 se realizó un estudio para la predicción del rendimiento académico de estudiantes utilizando un algoritmo eficiente de aprendizaje automático. Aunque para el entrenamiento de la red se hizo uso de un conjunto de datos existente, para la verificación del algoritmo más eficiente se utilizó un conjunto de datos ficticios con información de estudiantes de semestres pasados (Geetha et al., 2021). Por otro lado, la minería de datos también se ha usado para el descubrimiento de estrategias comerciales con la intención de lograr objetivos duraderos para las empresas, esto a través de la generación de datos ficticios de diferentes organizaciones (Mehmood et al., 2015).

Construcción del conjunto de datos.

El puntaje y tiempo obtenido en las lecciones de cada clase a partir de las preguntas son los datos que deben tenerse en cuenta para la construcción del conjunto de datos. A continuación, se detallará el proceso llevado a cabo para esta construcción.

Para la puntuación de cada pregunta en las lecciones, se decidió establecer un peso de 0 a 1 a cada opción de respuesta según lo cercano o lejano que esté de la respuesta correcta. Es decir, si la respuesta es correcta el puntaje será 1, si la respuesta está muy cerca a la correcta se podría asignar 0.8, si la respuesta está lejana a la correcta se podría asignar 0.2. Es importante aclarar que los pesos de cada opción de respuesta fueron asignados a criterio propio de que tan correcta o incorrecta es la opción seleccionada. La siguiente figura representa lo anteriormente descrito.

Figura 10. Esquema de la puntuación de las preguntas.

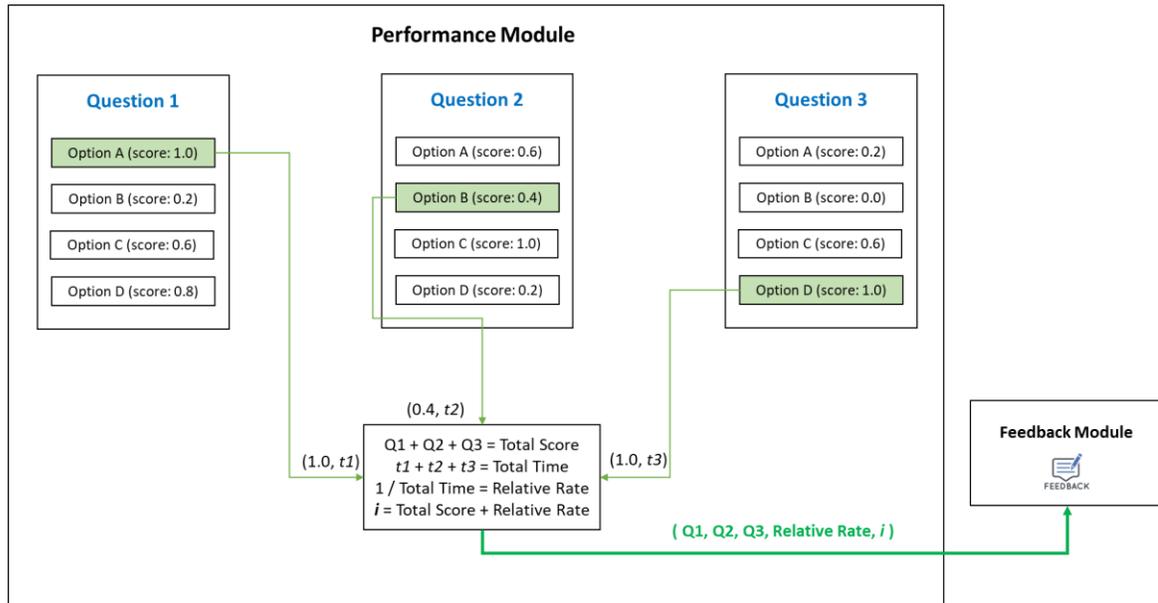
Como se aprecia en la Figura 10, dentro del módulo de desempeño están las 2 o 3 preguntas que contiene una clase (una por cada lección). Cada una de estas preguntas, que evalúan el contenido visto en las lecciones, tienen cuatro opciones a las cuales se les asocia un peso o puntaje decimal en el rango de 0 a 1, según qué tan correcta o incorrecta es. Por ejemplo, a la pregunta de la clase 1.1 (ver material suplementario) *¿Quién es considerado el creador del piano?*, se tienen cuatro opciones de respuesta:

- A. Un italiano en 1698
- B. Bartolomeo Cristófori
- C. En 1710 se construyó el primer piano
- D. Ninguna de las anteriores

La respuesta A es incorrecta en cierto modo, pues, aunque fue un italiano el que creó el piano, no fue en 1698, por tanto, se le podría dar un peso de 0.2. La respuesta B, es totalmente correcta, pues responde bien a la pregunta indicada, por tanto, el puntaje o peso de esta opción de respuesta es 1. La respuesta C, aunque es cierta, no responde la pregunta adecuadamente, por tanto, el peso de esta opción podría ser 0.6. Finalmente, la respuesta D, es totalmente incorrecta y no tiene ninguna proximidad con la respuesta correcta, así que su puntaje o peso será 0.

Con el ejemplo anterior, se puede notar que a cada opción de respuesta de una pregunta se le da un peso o puntaje según la proximidad a la respuesta totalmente correcta. De esta manera, se capturan los tres puntajes (de cada pregunta) para obtener el puntaje total (Total Score) de la Figura 10. Es importante aclarar, que algunas clases podrían tener solo dos lecciones (como la clase 5), es decir, dos preguntas, por esta razón, el tercer peso/puntaje será 1, y el tiempo será 10 segundos (tiempo óptimo de cada pregunta). Lo anterior con el fin de siempre manejar tres valores.

Ahora bien, con los puntajes capturados también se debe tener en cuenta el tiempo que el estudiante demoró respondiendo las tres preguntas. Para ello, el software musical contabilizará el tiempo en segundos, desde que se le muestra la pregunta al estudiante, hasta que la contesta. Esos tres tiempos son sumados para obtener el **Tiempo Total** (Total Time), tal como se ve en la Figura 10. Sin embargo, aunque se ha mencionado que el **Tiempo Total** es uno de los parámetros que se envían al modelo de clasificación, se realizaron algunas pruebas por medio de la **Tasa Relativa** (Relative Rate), la cual es calculada como el recíproco del **Tiempo Total** (ver Ecuación 3.2). Aunque generalmente este valor es usado en varios contextos, principalmente químicos, para medir en un experimento la velocidad de reacción de algún cambio, al ir generando el conjunto de datos se apreciaba una pequeña diferencia entre la exactitud del etiquetado calculado con **Tasa Relativa** y el etiquetado calculado con el **Tiempo Total**, siendo los resultados de etiqueta más exactos con la primera medida. Por tal motivo, se decidió usar el recíproco del **Tiempo Total**, es decir, la **Tasa Relativa**, como parámetro del modelo de clasificación. De este modo, la siguiente imagen actualiza el esquema presentado en la Figura 10.

Figura 11. Esquema de la puntuación de las preguntas (actualizado con la Tasa Relativa).

Finalmente, también se estableció un índice (i) como la suma del **Puntaje Total** y la **Tasa Relativa**. Este índice se va comparando con un umbral óptimo definido para evaluar si un puntaje es alto, medio o bajo.

Por otro lado, se crearon 2000 datos con las características descritas. Para la **Pregunta 1 (Q1)**, **Pregunta 2 (Q2)** y **Pregunta 3 (Q3)** se generaron aleatoriamente números entre 0 y 1 de un decimal, para el **Puntaje Total (Total Score)** se sumaron estos tres valores (ver Ecuación 3.1), para el **Tiempo Total (Total Time)** se generó un número aleatorio entre 1 y 120 segundos (2 minutos), y además, se creó la nueva columna descrita anteriormente: **Tasa Relativa (Relative Rate)**, que fue calculada como el recíproco del **Tiempo Total** (ver Ecuación 3.2). Así mismo y como ya se mencionó, el índice que se irá comparando con el umbral mencionado, es la suma del **Puntaje Total** y la **Tasa Relativa** (ver Ecuación 3.3). Además, el umbral óptimo se estableció en 3.03, ya que el **Puntaje Total** esperado por las preguntas es 3 y la **Tasa Relativa** esperada es 0.03 (ver Ecuación 3.4). La Figura 12 deja ver una pequeña parte del conjunto de datos generado con las columnas ya descritas.

$$\text{PuntajeTotal} = Q1 + Q2 + Q3 \quad (3.1)$$

$$\text{TasaRelativa} = \frac{1}{\text{TiempoTotal}} \quad (3.2)$$

$$\text{Índice} = \text{Puntaje Total} + \text{Tasa Relativa} \quad (3.3)$$

$$\text{Índice Óptimo} = \text{Puntaje Total Óptimo (3)} + \text{Tasa Relativa Óptima (1/30)} \quad (3.4)$$

Figura 12. Parte del conjunto de datos para el entrenamiento de los modelos de clasificación.

N°	Q1	Q2	Q3	Puntaje Total	Tiempo	Tasa Relativa	Índice	Retroalimentación	Índice óptimo
1	0.8	0.0	0.2	1.0	45	0.0222	1.02	Alta	3.03
2	0.0	0.4	0.4	0.8	23	0.0435	0.84	Alta	
3	0.4	0.4	0.2	1.0	62	0.0161	1.02	Alta	
4	0.2	0.8	0.6	1.6	61	0.0164	1.62	Media	
5	0.4	0.2	0.8	1.4	30	0.0333	1.43	Alta	
6	0.2	0.2	1.0	1.4	90	0.0111	1.41	Alta	
7	0.8	0.8	0.6	2.2	77	0.0130	2.21	Media	

Como se aprecia en la imagen anterior, existe otra columna llamada **Retroalimentación**, la cual indica qué tipo de refuerzo es adecuado para los valores de las otras columnas (ver sección 3.2.1.). Esto es necesario, ya que al querer seleccionar un algoritmo de clasificación para la Fase 2 de la metodología, cada dato creado debe estar etiquetado para el entrenamiento de los algoritmos, por ello, se asignó una etiqueta a cada registro teniendo en cuenta las siguientes métricas y el umbral óptimo definido (Índice óptimo).

- El mejor puntaje que se puede obtener en la clase es 3.0 (1 punto por cada pregunta).
- El peor puntaje que se puede obtener en la clase es 0.0 (0 puntos por cada pregunta).
- Al ser preguntas tan cortas, se estableció que el tiempo óptimo para responder cada pregunta es menor o igual a 10 segundos.
- El mejor tiempo que se puede obtener en la clase es menor o igual a 30 segundos (10 segundos por cada pregunta).

Entrenamiento y prueba de los datos para la selección del clasificador.

El proceso de entrenamiento y prueba se realizó mediante un programa construido en Google Colab por medio de un intérprete Python. Antes del proceso, los datos generados y descritos anteriormente (ver Figura 12) fueron almacenados en un archivo CSV. Seguido a esto, se seleccionaron las columnas de entrada (Q1, Q2, Q3, TasaRelativa (RelativeRate) e Índice (i)) y la columna de salida (tipo de retroalimentación). Seguido a esto, se separaron 1200 datos para el entrenamiento y 800 datos para la prueba.

Gracias a la biblioteca de aprendizaje automático **sklearn**¹⁴, se lograron definir e implementar en código cada uno de los métodos de clasificación candidatos (ver sección 3.2.2.). Una vez entrenados los métodos y realizada la prueba, los resultados de exactitud para cada método de clasificación fueron los siguientes:

Tabla 6. Exactitud de los métodos de clasificación candidatos.

Algoritmo	Exactitud (%)
Decision Tree	<u>99.50</u>
Random Forest	99.50
Multi-layer Perceptron	92.25
Support Vector Machine (Linear Kernel)	92.50
Support Vector Machine (Polynomial Kernel)	95.00
Support Vector Machine (Radial Basis Kernel)	92.25
Support Vector Machine (Sigmoid Kernel)	50.50
K-Nearest Neighbors	98.50

Como se aprecia en la anterior tabla, la mayoría de los clasificadores candidatos tienen una buena exactitud, sin embargo, los *Árboles de Decisión* y *Bosque Aleatorio* cuentan con mejores resultados. Por ello, se decidió elegir *Decisión Tree (Árboles de Decisión)* como algoritmo de clasificación en el sistema de retroalimentación dentro de la aplicación.

La librería sklearn, tiene un conjunto de herramientas que permiten realizar una representación gráfica del árbol de decisión final. Para ello, se debe guardar el modelo entrenado en un archivo de extensión DOT y así, pasarlo como parámetro al paquete de sklearn. La siguiente figura es el resultado de esta representación.

¹⁴ *Sklearn* es una biblioteca de aprendizaje automático de software gratuito para el lenguaje de programación Python. Disponible en: <https://scikit-learn.org/stable/>

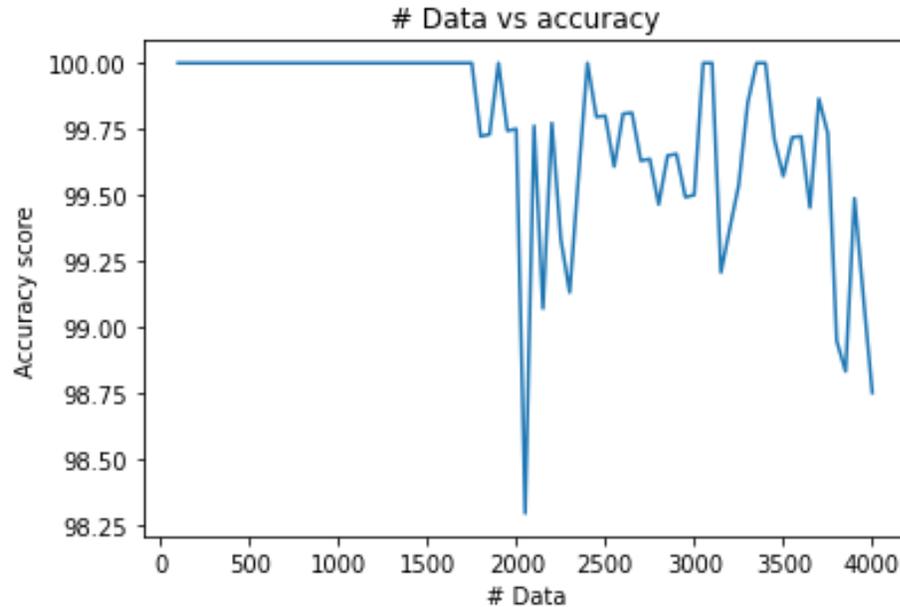
Figura 13. Representación final del árbol de decisión.



La Figura 13 muestra las reglas de clasificación que el modelo seguirá. Una vez establecido esto, se comprobó que la cantidad de datos generados desde el principio (2000 datos) fuera adecuada. De esta manera, se creó un conjunto de datos de 4000 registros para ir iterando en ellos cada 50. La Figura 14, muestra la gráfica donde se compara cada iteración, poniendo en el eje X el número de registros y en el eje Y la exactitud del entrenamiento. De este modo, la gráfica nos deja apreciar que, aproximadamente desde los 100 hasta los 1500 datos, la exactitud es constante en 100%, sin embargo, no deja una sensación de confiabilidad. Por otro lado, antes de los 2000 registros empieza a variar el porcentaje de exactitud levemente y una vez superados los 2000 se observa una fuerte

distorsión con la exactitud. Por esta razón, se decidió mantener en 2000 la cantidad de datos del modelo.

Figura 14. Exactitud vs Cantidad de datos - Árbol de decisión.



Finalmente, el modelo generado a partir del algoritmo seleccionado (*Árbol de Decisión*), fue guardado en archivo de extensión SAV para la posterior implementación del sistema de retroalimentación dentro del software musical. La siguiente subsección detallará este proceso y cómo con este modelo de clasificación se construyó un servidor local que recibe la información de las clases descritas anteriormente, y envía al software el tipo de retroalimentación necesario para esa clase.

3.3 Fase 3: Prototipo de software musical

Una vez definidos los contenidos musicales que fueron adaptados a partir del libro *Piano para Dummies*, y con el algoritmo de clasificación seleccionado, es momento de la construcción del prototipo de software musical que hace parte del objetivo de la Fase 3 en la metodología planteada.

En la Introducción del presente documento, se mencionó que este proyecto surgió en 2019 como una propuesta de emprendimiento tecnológico en el Torneo Universitario de Apps (TuApp), con el fin de solucionar problemas a los que se enfrenta una población en particular, en este caso, en el ámbito de la educación musical. Dicho emprendimiento logró el segundo lugar, participando entre más de 160 equipos de Latinoamérica¹⁵. *Orpheus*, como se le dio nombre a la aplicación móvil, contó con diferentes etapas para el desarrollo de la propuesta: descripción del proyecto, modelo de negocios, video de marketing¹⁶, diseño, prototipo en fase beta y prototipo final. Para los propósitos de la Fase 3 de la metodología planteada, se llevará a cabo una descripción de la etapa de diseño y etapa del prototipo final.

3.3.1 Diseño del prototipo de software

Antes de construir todo el diseño de la aplicación, era indispensable tener muy clara la idea que se quería desarrollar. Si bien se deseaba elaborar una aplicación móvil que permitiera a niños y niñas aprender sobre música a través del teclado musical, era importante tener una propuesta de valor que permitiera ir más allá de simplemente una aplicación con contenidos, colores, música y demás elementos que son abundantes en otros desarrollos ya existentes. Por ello, se definieron 2 módulos fundamentales dentro del software:

Módulo con el piano

Este primer módulo contiene las 6 clases que ya se han definido anteriormente (a partir del libro *Piano para Dummies*), cada clase de 2 o 3 lecciones y con preguntas que van evaluando el desempeño del estudiante, tal como se describió en las secciones 3.2 y 3.3 de este documento. No obstante, el valor diferencial para este módulo es que el usuario puede interactuar no solamente con la pantalla del dispositivo móvil, sino también con un pequeño teclado musical elaborado manualmente con elementos reciclables (cartones, palos de paleta, entre otros) y circuitos básicos (leds, cables, protoboard, entre otros) que permiten conectar la aplicación móvil con este teclado musical. La idea principal es que, por medio de una conexión Bluetooth, el teclado musical se conecta al dispositivo móvil

¹⁵ Finalistas de TuAPP desde 2013. Disponible en: <https://tuapp.org/historia/>

¹⁶ Etapa de marketing. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=N9OdMN6UXrg>

permitiéndole al estudiante tomar las lecciones de las clases de manera más interactiva y visual. Por ejemplo, si se quiere explicar al niño(a) ¿cuál es la nota DO?, a través de la conexión Bluetooth se envía un carácter específico donde se reconoce el mensaje enviado y así, en el teclado musical alumbrará la tecla DO. De igual manera, si se quieren realizar algunos de los ejercicios planteados en la clase 6 (ver material suplementario) se podrían ir alumbrando los leds de las teclas que se desean tocar. De esta manera, el estudiante tiene la posibilidad de aprender de forma más directa en el instrumento y no únicamente con el dispositivo móvil. Más adelante se describirá con más detalle el desarrollo de este sistema de aprendizaje.

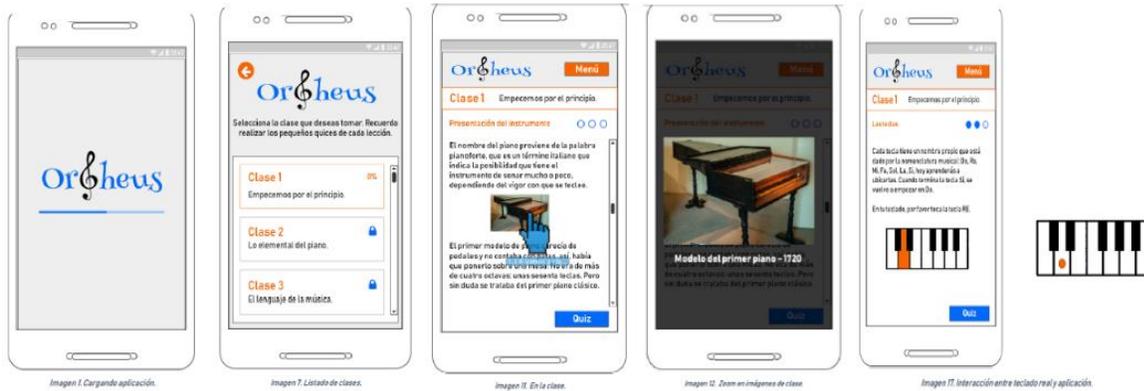
Módulo sin el piano

Como su nombre lo indica, este segundo módulo no contará con la conexión entre la aplicación y el teclado musical descrito en el módulo anterior. Esto, contemplando que en algún momento no se disponga del teclado. Es decir, en este módulo, el estudiante podrá acceder a los mismos contenidos de las 6 clases, las mismas lecciones, los mismos ejercicios, los mismos elementos didácticos, con la principal diferencia que la única interacción que tendrá será por medio del dispositivo móvil o algún teclado musical real que pueda disponer en su espacio de estudio.

Con las ideas claras de los dos módulos esenciales de la aplicación, se prosiguió con la etapa de diseño que permite tener un acercamiento más verdadero de la aplicación final. Este diseño fue elaborado a través de bosquejos de cómo se verá la aplicación en los dispositivos y cómo será la interacción entre las distintas funcionalidades, estos se denominan Mockups. Una vez definidos los colores, los tipos de letra y demás características gráficas, se desarrollaron los Mockups a través de la herramienta Balsamiq Wireframes¹⁷. La siguiente imagen presenta algunos de los diseños elaborados para las funcionalidades y vistas del prototipo de software musical.

¹⁷ Herramienta que permite construir Mockups a través de su software. Disponible en: <https://balsamiq.com/>

Figura 15. Mockups de la etapa de diseño como aproximación de la aplicación final para el aprendizaje del teclado musical.



En total, se construyeron 41 Mockups que describían el comportamiento general del software y que fueron base para el desarrollo de la aplicación móvil.

3.3.2 Desarrollo del prototipo de software

Una vez que se completó la etapa de diseño descrita anteriormente, la aplicación móvil se desarrolló utilizando el software Unity, el cual ofrece diferentes componentes y facilidades para la construcción de aplicaciones y videojuegos para cualquier plataforma: botones, paneles, textos, imágenes, interacciones, funcionalidades, animaciones, entre muchos otros. A continuación, se presenta la aplicación móvil desarrollada con algunas capturas de imagen del producto final.

Figura 16. Aplicación móvil para el aprendizaje del teclado musical con contenidos del libro *Piano para Dummies*.



La Figura 16 muestra el funcionamiento general de la aplicación desarrollada. De izquierda a derecha:

- La primera imagen tiene el menú principal donde se puede seleccionar si se quieren tomar las clases con el piano o sin el piano. Es importante recordar que con la primera opción es necesaria una conexión Bluetooth con el piano elaborado manualmente, mientras que la opción “sin el piano” permitirá al usuario tomar las clases sin ningún requisito.
- La segunda imagen presenta el listado de las seis clases que se ordenan según el grado de dificultad, estas a su vez contienen dos o tres lecciones con diferentes temáticas.
- Por otro lado, la tercera imagen es un ejemplo de los contenidos que pueden ser revisados en cada lección, contando con palabras, términos e imágenes apropiadas.
- Ahora, la cuarta imagen, de izquierda a derecha, es un ejemplo de cómo se representan las preguntas de opción múltiple de cada lección. Cada pregunta cuenta con 4 respuestas las cuales tienen asociadas un peso, tal como se describió en la sección 3.2.3. Al contestar cada pregunta, se le dirá al usuario qué tan cerca o lejos estuvo de la correcta y se almacenará cada valor para su posterior envío al modelo de predicción.
- Finalmente, la última imagen representa algunas de las clases interactivas, donde el usuario podría hacer sonar la nota que se le indica tanto en el dispositivo móvil como en el teclado construido (si lo posee).

3.3.3 Conexión del teclado con el software

Ya se ha mencionado que existe la sección *Con el piano*, la cual permite conectar vía Bluetooth la aplicación móvil con el teclado musical elaborado manualmente. Esto con el fin de que el estudiante tenga un aprendizaje más interactivo y de forma más directa con el instrumento. Este teclado musical, fue construido y ensamblado manualmente con elementos cotidianos reciclables como cartones, palos de paleta, papel, entre otros. Además, para el funcionamiento electrónico se utilizaron elementos básicos como

bombillos leds, cables, protoboard, una bocina, entre otros. La siguiente imagen presenta el diseño final del teclado construido.

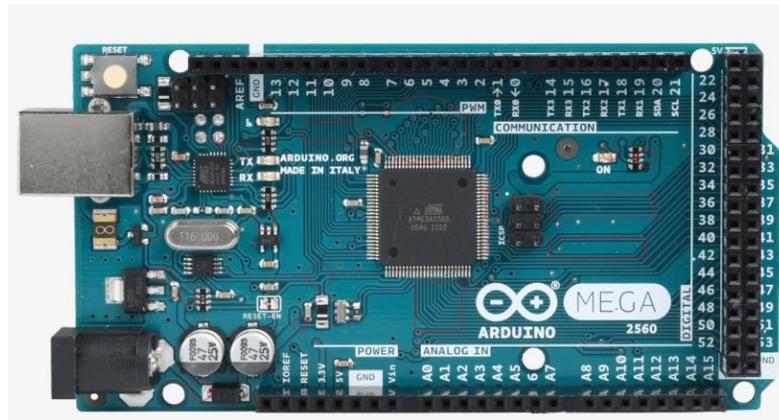
Figura 17. Teclado musical (mini piano) de una octava construido.



Es importante mencionar que, debido a la complejidad de la construcción del instrumento, se elaboró una sola octava con las notas principales y que son suficientes para cubrir las seis clases contenidas en el software musical. Además, la lógica de programación que enciende y apaga leds, hace sonar cada nota por la bocina e interpreta cada tecla que se presiona, se desarrolló a través de Arduino¹⁸ que permite programar una tarjeta o placa Arduino mega 2560, la cual consta de circuitos integrados que reconocen las instrucciones que se les da en el código para establecer conexiones e interactuar con diferentes sensores y actuadores.

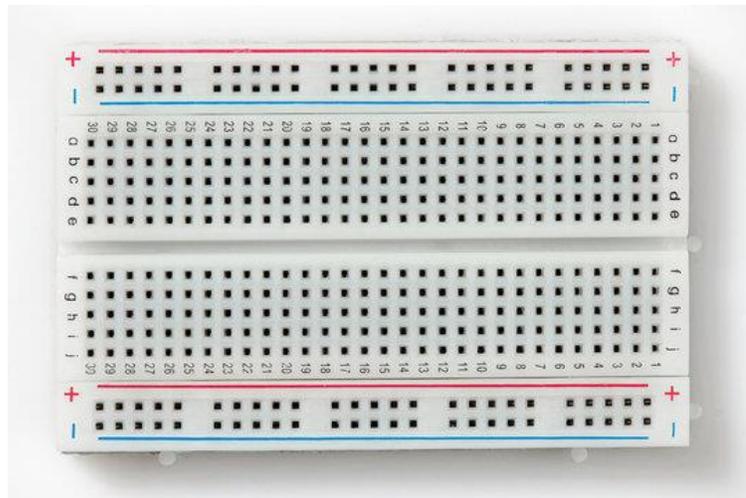
¹⁸ Arduino es una plataforma de creación electrónica de código abierto, fácil de usar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa para diferentes tipos de uso.

Figura 18. Arduino mega 2560 para la lógica del teclado musical.



Si bien, en la tarjeta Arduino está la lógica de las instrucciones ya mencionadas, esta no se conecta directamente con los componentes eléctricos como leds, bocina, entre otros. Es por ello que por medio de cables jumpers se realiza la conexión de la placa Arduino con una protoboard¹⁹, la cual tiene conectados directamente los elementos nombrados.

Figura 19. Protoboard básico.



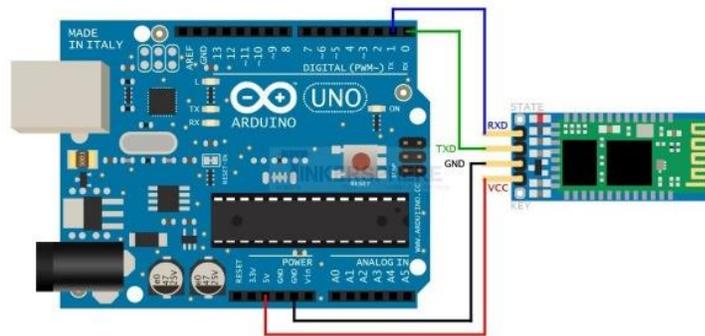
Nota. La protoboard cuenta con varios agujeros que permiten conectar directamente los cables, leds, bocina y los demás elementos requeridos. Además, en la parte superior e inferior de la protoboard, es donde se conecta la tierra del circuito (negativo) y su voltaje de alimentación (positivo).

¹⁹ Protoboard es una placa de pruebas en los que se pueden insertar elementos electrónicos y cables con los que se arman circuitos sin la necesidad de soldar ninguno de los componentes.

Además de lo anterior, ni la placa Arduino, ni la protoboard tienen manera de conectarse vía Bluetooth a un dispositivo. Es por ello, que también fue necesario conectar al Arduino (por medio de los cables jumpers) un módulo Bluetooth HC-06 que es un dispositivo que soporta conexiones inalámbricas a través del protocolo Bluetooth. Así mismo, sirven para escuchar o generar peticiones de conexión. La Figura 20 muestra una conexión general de la placa Arduino con el módulo Bluetooth.

Ahora bien, existen 2 formas de interactuar con la placa Arduino, la cual contiene la lógica de instrucciones y es el eje principal de las conexiones:

Figura 20. Integración del Arduino con módulo Bluetooth

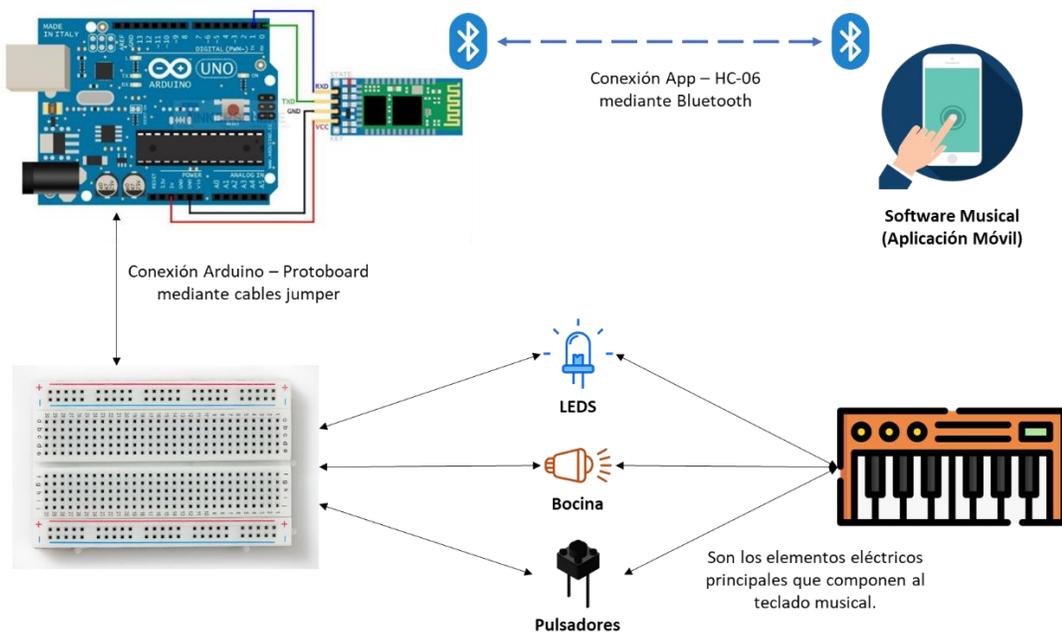


1. El usuario oprime alguna tecla del piano elaborado (ver Figura 17), la cual, a través de pulsadores, envía una señal eléctrica a la protoboard que por medio del cable jumper conectado al correspondiente pulsador, envía esta señal a la placa Arduino para que haga el proceso correspondiente, por ejemplo, detectar cuál frecuencia sonora debe sonar para retornarle a la protoboard una señal eléctrica que está dirigida directamente a la bocina.
2. El usuario realiza una conexión Bluetooth por medio del software musical donde el módulo HC-06 espera algún mensaje. Al interactuar con la aplicación, en algún momento se enviará un nuevo mensaje, por ejemplo, el nombre de una nota musical y este mensaje es enviado al módulo HC-06, el cual se lo transmite a la placa Arduino para que haga su debido procesamiento y le indique a la protoboard qué bombillo encender correspondiente a la nota musical recibida.

Es importante aclarar que dentro del código desarrollado para la placa Arduino, se establecieron unos mensajes correspondientes a cada una de las notas del teclado. Además, se definieron los puntos de entrada o pines a los que corresponde cada elemento eléctrico (leds, bocina, pulsadores, etc.).

La Figura 21 es un esquema general de la conexión entre el software (aplicación móvil) y el teclado musical, a través del protocolo Bluetooth.

Figura 21. Esquema general de la conexión del teclado con el software musical.



Es importante aclarar que para la conexión Bluetooth del software musical, fue necesario instalar en Unity una librería que permitiera estas funcionalidades de manera correcta.

3.3.4 Sistema de retroalimentación del software

En anteriores secciones se describió el proceso de selección del algoritmo de clasificación, la construcción del conjunto de datos para el entrenamiento y prueba, y el funcionamiento del sistema de retroalimentación dentro del software musical.

Es necesario recordar que cada clase contará con 2 o 3 preguntas, correspondientes a cada lección. Estas preguntas tendrán cuatro opciones de respuesta con un peso o valor asignado, dependiendo de qué tan cerca o lejos estén de la opción correcta. Estos valores son números entre 0 y 1 de un decimal, y serán tres de los parámetros que se envían al modelo de clasificación (Q1, Q2, Q3). Por otro lado, se tiene el cuarto parámetro en el modelo de clasificación y es la Tasa Relativa (Relative Rate), la cual se obtiene del recíproco del Tiempo Total (Total Time) que le tomó al estudiante contestar las preguntas de cada clase. Finalmente, el quinto parámetro del modelo es el Índice (i), que se va comparando con el umbral óptimo definido (0.03) y descrito en la sección 3.2.3. Este índice es calculado como la suma del Puntaje Total ($Q1 + Q2 + Q3$) y la Tasa Relativa ($\frac{1}{TiempoTotal}$).

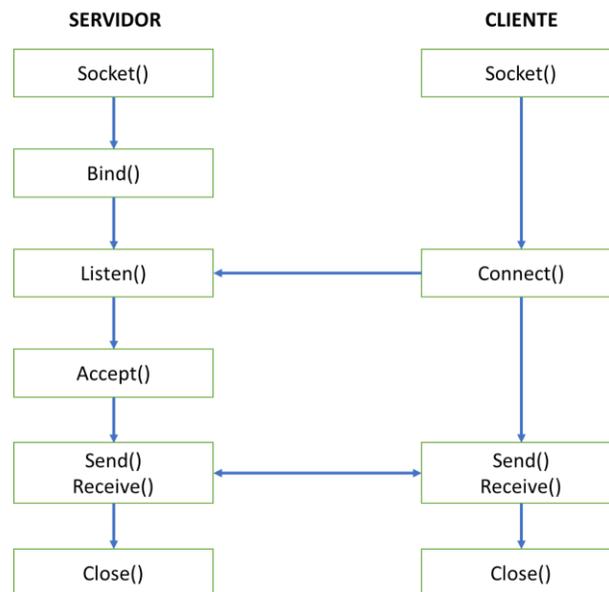
Con los anteriores parámetros, el software musical esperará la respuesta del clasificador, la cual será alguno de los tipos de retroalimentación que necesita el usuario y que se definieron previamente (ver sección 3.2.1.).

La clasificación mediante el modelo seleccionado no se ejecuta en el software musical desarrollado, pues este es un proceso grande que afectaría directamente el rendimiento de la aplicación móvil. Por esta razón, se decidió construir un servidor de pruebas que se conecta con el software musical mediante la IP de una red local. Este servidor fue desarrollado con código Python, creando una conexión vía Socket²⁰ a la espera de algún cliente. Cuando se abre la aplicación móvil, se hace el enlace entre servidor y cliente, por medio de la red local en la que esté conectado el dispositivo móvil y el dispositivo que corre el servidor. Con la conexión establecida, el servidor esperará algún mensaje que el cliente (aplicación móvil) le envíe, ya sea los parámetros de una clase, para devolver el tipo de retroalimentación, o la finalización de la conexión. Aquí es importante aclarar que tanto servidor como cliente pueden enviar y recibir mensajes del otro. La figura 22 es un diagrama de flujo sobre la conexión descrita.

²⁰ Tipo de comunicación entre un servidor y un cliente en una red. Además, permite enviar y recibir información entre procesos, incluso ubicados en diferentes máquinas.

Ahora, en este punto es importante mencionar que antes de la configuración del socket, el servidor carga el archivo SAV que contiene el modelo de Árbol de Decisión guardado previamente, tal como se especifica en la sección 3.2.3. Una vez se establece la conexión y el cliente (software musical) envía los parámetros necesarios para la clasificación (Q1, Q2, Q2, RelativeRate, λ), el servidor, a través del modelo, predecirá el tipo de retroalimentación necesario para esos valores y le enviará el mensaje al cliente. Cuando el cliente recibe este mensaje, mostrará en la aplicación móvil el contenido establecido para dicho tipo de retroalimentación.

Figura 22. Conexión vía Socket entre servidor y cliente.



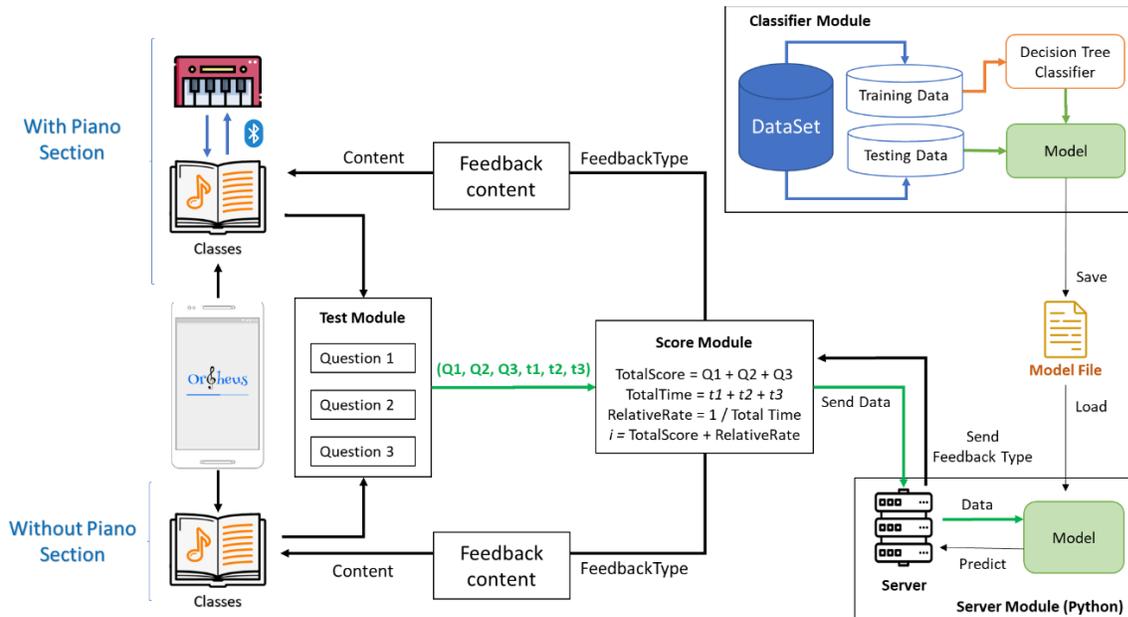
Nota. La función Socket() crea una nueva conexión con protocolo TCP/IP tanto para servidor como para cliente. La función Bind() enlaza el socket creado en la dirección IP y puerto que se le especifique al servidor. Así, el servidor escucha una nueva conexión a través de Listen(). Una vez se conecta el cliente con la función Connect(), el servidor acepta la conexión con Accept() y ambos, tanto servidor como cliente, reciben y envían datos según la lógica de programación dada. Finalmente, en algún punto de la conversación se dará cierre a la conexión mediante la función Close().

En la Figura 23 se observa el comportamiento completo del desarrollo tecnológico. Allí se enmarca todo el funcionamiento de la aplicación móvil, el módulo de evaluación que capturan los puntajes de cada pregunta, los tiempos y demás parámetros que son enviados al servidor. Además, el servidor carga el modelo guardado en el archivo SAV y que proviene de un proceso de entrenamiento y prueba del conjunto de datos generados. Por

último, el servidor devuelve el tipo de retroalimentación y este es reflejado en la aplicación móvil.

Con todo el modelo tecnológico planteado y desarrollado, se realizó el proceso de comparación entre el aprendizaje por medio del software musical y el aprendizaje por medio del libro *Piano para Dummies*. Este proceso se llevó a cabo en un colegio público de la ciudad de Bogotá y será descrito en la sección 3.4.

Figura 23. Esquema completo del prototipo de software con sistema de retroalimentación.



3.4 Fase 4: Análisis comparativo

En este punto del documento, la sección 3 se ha dedicado a describir detalladamente los procesos llevados a cabo para alcanzar exitosamente las tres primeras fases de la metodología (Figura 1), asociados a los tres primeros objetivos específicos definidos:

1. Se seleccionó el libro *Piano para Dummies* como metodología a seguir en los contenidos del prototipo de software musical. De allí, se escogieron una cantidad de temas ordenándolos según el nivel de dificultad, para así, construir seis clases

de dos o tres lecciones cada una, y adaptándoles palabras, jergas, imágenes y demás elementos didácticos para niños y niñas de la etapa operacional concreta. Al final de este documento, se puede encontrar el material suplementario con todos los contenidos, ejercicios y preguntas incluidas en el software.

2. Además, se describió el sistema de retroalimentación que tiene el software junto con los tipos de refuerzo que se definieron. Así mismo, se realizó el proceso de selección del algoritmo de clasificación más adecuado para los propósitos del sistema de retroalimentación. Allí se establecieron los algoritmos candidatos que fueron entrenados y probados con un conjunto de datos establecidos, para comparar su exactitud y elegir el más adecuado para los objetivos que se querían alcanzar. Este modelo de clasificación fue guardado en un archivo SAV para su posterior uso.
3. Finalmente, se elaboró el diseño de la aplicación móvil, se desarrolló a través de Unity, se implementó la conexión vía Bluetooth con un mini teclado de una escala, elaborado manualmente y se construyó un servidor que lee el archivo SAV guardado y realiza la clasificación según los datos enviados por el software musical. Este servidor se conecta por Sockets mediante la IP de una red local con el dispositivo móvil que esté ejecutando la aplicación.

Con lo anterior, este apartado del documento se centra en el análisis comparativo entre el aprendizaje empleando el prototipo de software musical desarrollado y el aprendizaje mediante el libro *Piano para Dummies*. Este proceso comparativo contó con la participación de dos estudiantes de la etapa operacional concreta, y se llevó a cabo con sesiones individuales de 30 minutos, es decir, 1 hora diaria.

Como se mencionó en la sección 2.4, este proceso comparativo consta de varios elementos:

- Enfoque cualitativo, principal método de investigación en los sectores educativos.
- Investigación-Acción, como método de investigación.
- Observación, como instrumento para la recolección de datos dentro de la Investigación-Acción.
- Reflexión, como el proceso de análisis de los datos recolectados.

Con el método de investigación: *Investigación-Acción*, se adoptó el modelo de Kemmis ya definido anteriormente (ver Figura 2). Con este modelo se pretenden mejorar las prácticas educativas mediante 4 fases: planificación, acción, observación y reflexión. La idea de este modelo es llevar a cabo estas fases en ciclos constantes, corrigiendo lo observado y analizado en el ciclo anterior. Sin embargo, debido a los tiempos de este trabajo, solo se llevó a cabo un ciclo con las fases mencionadas. A continuación, se describe el proceso de cada fase.

3.4.1 Planificación

En la planificación se desarrolla un plan de acción claro de lo que se observará y analizará. Por ello, es sugerible construir un formato que permita ir escribiendo los elementos destacados que se van tomando de cada sesión con los participantes. De este modo, el *Anexo C: Plantilla de Investigación-Acción por medio de software musical* y el *Anexo D: Plantilla de Investigación-Acción por medio de libro musical*, son los dos formatos elaborados para las seis sesiones definidas con los dos participantes de la etapa operacional concreta. Cabe aclarar, que para cada formato se crearon seis copias en blanco para cubrir los seis días de sesiones.

Con lo anterior, y como su nombre lo indica, el **Anexo C** está dirigido a las sesiones de aprendizaje por medio del software musical. Allí se diligencian datos básicos de cada sesión como: nombre del participante, edad del participante, fecha de la sesión, número de clase y método de aprendizaje. De igual manera, antes de cada lección, era importante definir el tiempo esperado que tomaría la clase, junto con las calificaciones esperadas de cada lección. Estos valores se definieron con el fin de compararlos con el tiempo y calificaciones reales de cada lección del participante. Adicional a esto, se tuvieron en cuenta aspectos extras del contenido del software, donde se observaba el entusiasmo del estudiante por la clase, su concentración, si mostraba tranquilidad, y si se le facilitaba usar las herramientas de aprendizaje, en este caso, la aplicación móvil. Finalmente, se agregó un cuadro de observaciones para detallar elementos o situaciones que surgieran durante las sesiones.

Por otro lado, el **Anexo D** es la plantilla dirigida a las sesiones de aprendizaje por medio del libro *Piano para Dummies*. Aquí, también se llenaban los datos básicos de las sesiones (nombre del participante, edad del participante, fecha de la sesión, número de clase y método de aprendizaje). Además, al igual que en el otro formato, en esta plantilla se definieron la duración esperada de la clase y el desempeño general de esta, haciendo énfasis en que al ser el método de aprendizaje por el libro, no había una división de lecciones como las establecidas en el prototipo de software musical. Por último, se diligenciaban los mismos aspectos mencionados antes (entusiasmo, concentración, tranquilidad y facilidad de uso) junto con las observaciones que se destacaran de las sesiones.

Con los dos formatos definidos, teniendo claro lo que se quería observar y con el plan de acción para seis sesiones de media hora por participante, era momento de seleccionar la institución educativa en la que se llevaría a cabo la investigación.

La institución seleccionada fue el Colegio Carlo Federici, establecimiento académico que pertenece al sector educativo público, ubicado en la localidad de Fontibón de la ciudad de Bogotá y con un aproximado de 2500 estudiantes en dos jornadas (mañana y tarde). Adicionalmente, debido a que la población objetivo de este proyecto está dirigido a niños y niñas de 7 a 11 años de edad, se tenía que definir el grado académico al cual dirigir la investigación (tercero, cuarto o quinto de primaria). Para ello, se estableció una conversación con el rector de la Institución Educativa y un profesor de grado quinto, expresándoles el objetivo del trabajo a realizar. La aceptación fue positiva y en seguida se prosiguió con las demás actividades.

Se le facilitaron al docente dos consentimientos informados para que fueran entregados a dos estudiantes de quinto grado que él considerara. Dichos anexos fueron entregados a los padres de familia que posteriormente firmarían para la participación de su hijo(a) en el proyecto, estando de acuerdo con los objetivos de este. El Anexo A: Consentimiento informado para participante con software musical y Anexo B: Consentimiento informado para participante con libro musical, describen los propósitos de las sesiones, la duración de estas, el aval del docente encargado y todos los elementos de privacidad de datos necesarios para la protección de sus hijos. Cabe aclarar que para la selección de los 2 estudiantes se le recomendó al docente elegir personas que no tuvieran actividades

pendientes que conllevaran a inconvenientes por faltar 30 minutos a alguna clase y que, preferiblemente, no tuvieran conocimientos previos en música.

Una vez seleccionados los dos estudiantes, los consentimientos informados firmados por los acudientes y el aval del docente, se definió el cronograma a seguir. Se establecieron seis días durante dos semanas en los cuales los participantes pudieran estar. Allí se contemplaron días de evaluaciones, días de eventos institucionales y demás actividades académicas que pudieran cruzarse con las sesiones musicales.

Finalmente, gracias al apoyo del señor Rector de la Institución, se asignó un espacio fijo donde se pudieran realizar las actividades de manera adecuada. Este espacio fue la biblioteca.

Figura 24. Institución Educativa Distrital: Colegio Carlo Federici.



3.4.2 Acción

Con el plan de acción definido, los permisos adquiridos por parte de la Institución Educativa, el docente y los acudientes de los participantes, y con el espacio concedido dentro del colegio; se llevó a cabo todo lo planificado en el punto anterior.

Antes de iniciar la primera sesión de clases, se hizo una pequeña presentación del proyecto a ambos participantes, además de preguntar por sus intereses frente a objetivos

musicales. Ambas personas expresaron gusto por la música, incluso sin tener conocimientos en ella. Así mismo, se les permitió seleccionar con cuál método de enseñanza querían realizar las sesiones (software musical o libro *Piano para Dummies*), pues esto no afectaba ningún punto de la planeación definida.

Con lo anterior, durante los 6 días de sesiones, el profesor encargado realizaba la gestión para facilitar la participación del primer participante. Al terminar la sesión de este estudiante (30 minutos aproximadamente), el otro alumno salía del salón de clases dirigiéndose a la biblioteca.

El estudiante de la primera media hora, realizó las sesiones por medio del método del libro. El objetivo era que pudiera leer a su propio ritmo, sin presión y con la libertad de preguntar algún tema que no fuera claro. Este mismo participante pasaba o devolvía hojas a su gusto y, en algunos casos definidos, le resumía al observador, a manera de diálogo, los elementos que había comprendido de estas lecturas. Además, a medida que el participante realizaba las lecturas y conversaba los resúmenes con el investigador, este último diligenciaba el formato de evaluación (Anexo D) según lo que podía observar. Este proceso se realizó durante las 6 sesiones definidas. Es importante mencionar que al participante se le facilitó un teclado musical para que, cuando lo considerara apropiado, realizara prácticas o explorara el instrumento según los contenidos que iba viendo.

Por otro lado, el segundo participante desarrolló las sesiones por medio del software musical. Antes de empezar estas sesiones, se ejecutaba el servidor vía Socket que realizaba la clasificación sobre el tipo de retroalimentación que necesitaba el usuario. Además, el estudiante también era libre de interactuar con el dispositivo móvil y el teclado musical. En la aplicación tenía la posibilidad de ver las imágenes interactivas, leer los textos cuantas veces quisiera y responder las preguntas asociadas a cada lección. Al finalizar una clase (de 2 o 3 lecciones) se realizaba el proceso de clasificación y la aplicación móvil mostraba el nuevo contenido de refuerzo. Nuevamente, se tuvo un espacio para dialogar con el investigador sobre los temas tratados. Este diálogo y las respuestas a las preguntas hicieron parte de la evaluación en el formato definido (Anexo C). Finalmente, todo este proceso se llevó a cabo durante los 6 días de sesiones.

Es necesario aclarar que cada día los dos participantes tomaban los mismos temas, la única diferencia era que uno lo hacía con el libro en su texto original, mientras que el otro lo hacía por medio del software musical, al cual se le adaptaron imágenes, textos, jergas y otros elementos interactivos y propios de este proyecto.

Figura 25. Participantes en el proceso de comparación.



3.4.3 Observación

En la fase de observación del modelo Kemmis en una Investigación-Acción, mediante la observación se lleva a cabo una recolección de evidencias que permitan su evaluación. Esta recolección se hizo por medio de los formatos ya mencionados (Anexo C y anexo D)

a medida que transcurrían las sesiones. A continuación, se presentarán las siguientes tablas que detallan los resultados obtenidos en el proceso de observación realizado.

Tabla 7. Resultados de observación de la Clase 1.

CLASE 1				
Acción	Piano para Dummies		Software musical	
	Valor esperado	Valor obtenido	Valor esperado	Valor obtenido
Duración de la clase	30 min.	35 min.	30 min.	18 min.
Desempeño en la lección 1	-	-	B	B
Desempeño en la lección 2	-	-	A	A
Desempeño en la lección 3	-	-	A	A
Desempeño general de la clase	C	C	B	A
El niño(a) muestra entusiasmo	-	SI	-	SI
El niño(a) muestra concentración	-	SI	-	SI
El niño(a) se muestra cómodo(a) y tranquilo(a)	-	SI	-	SI
El niño(a) se le facilita el manejo de las herramientas de aprendizaje	-	SI	-	SI
Observaciones	Timidez. Poco a poco soltura e interés. Sin preguntas durante la lectura. Muestra sorpresa de las capacidades del instrumento. Lee rápido y se le facilita entender varios conceptos. Comprendió la mayoría de los temas más relevantes. Por el tiempo, se tuvieron que descartar algunos temas que no eran trascendentales. Dice que le gustó aprender sobre la historia del piano.		Se podría mejorar el tamaño de letra de la app, pues la niña tuvo que acercarse al dispositivo móvil para las lecturas. Además, al principio mostraba timidez y nerviosismo, sin embargo, se fue soltando poco a poco. Dentro de las lecciones lo más complejo son las fechas. Lee rápido y comprende los temas con facilidad. Al finalizar comentó el gusto por aprender algo nuevo.	

Tabla 8. Resultados de observación de la Clase 2.

CLASE 2				
Acción	Piano para Dummies		Software musical	
	Valor esperado	Valor obtenido	Valor esperado	Valor obtenido
Duración de la clase	30 min.	40 min.	30 min.	20 min.
Desempeño en la lección 1	-	-	B	C
Desempeño en la lección 2	-	-	B	B
Desempeño en la lección 3	-	-	B	B
Desempeño general de la clase	C	C	B	B
El niño(a) muestra entusiasmo	-	SI	-	SI
El niño(a) muestra concentración	-	SI	-	SI

El niño(a) se muestra cómodo(a) y tranquilo(a)	-	SI	-	SI
El niño(a) se le facilita el manejo de las herramientas de aprendizaje	-	SI	-	SI
Observaciones	Comprender el término octava no es tan sencillo. Se necesita aclaración de alguien conocedor. Con ejercicios y trucos de aprendizaje comprende mejor los conceptos del libro. No es tan sencillo que lo entienda únicamente con el libro. Le gustó conocer el nombre de las teclas y saber que las teclas negras no son iguales a las blancas.		Se muestra menos tímida que el primer día, pero con la misma ansiedad. Aunque no se le ha complicado mucho, asociar las nomenclaturas con el nombre de las letras no ha sido tan trivial. Además, entender conceptos como sostenido o bemol aún hay que reforzarlo. Se lograron realizar algunos ejercicios dentro del tiempo de la clase que reforzaron enormemente el recordar los nombres de las notas.	

Tabla 9. Resultados de observación de la Clase 3.

CLASE 3				
Acción	Piano para Dummies		Software musical	
	Valor esperado	Valor obtenido	Valor esperado	Valor obtenido
Duración de la clase	30 min.	34 min.	30 min.	15 min.
Desempeño en la lección 1	-	-	A	A
Desempeño en la lección 2	-	-	B	A
Desempeño en la lección 3	-	-	C	A
Desempeño general de la clase	B	B	B	A
El niño(a) muestra entusiasmo	-	SI	-	SI
El niño(a) muestra concentración	-	SI	-	SI
El niño(a) se muestra cómodo(a) y tranquilo(a)	-	SI	-	SI
El niño(a) se le facilita el manejo de las herramientas de aprendizaje	-	SI	-	SI
Observaciones	Recordó muy bien lo visto la anterior clase (nombres de las notas negras y blancas). Es claro para ella el objetivo y finalidad de una partitura, sin embargo, se refuerza con explicación del tutor para un mejor entendimiento. Ha ido tomando confianza y explora un poco más el teclado.		Tiene un poco de nerviosismo al recordar los temas vistos antes, sin embargo, logró acordarse de casi todo lo visto la clase anterior. Comprendió bien la finalidad de la partitura y las figuras musicales.	

Tabla 10. Resultados de observación de la Clase 4.

CLASE 4				
Acción	Piano para Dummies		Software musical	
	Valor esperado	Valor obtenido	Valor esperado	Valor obtenido
Duración de la clase	30 min.	40 min.	30 min.	18 min.
Desempeño en la lección 1	-	-	C	B
Desempeño en la lección 2	-	-	B	A
Desempeño en la lección 3	-	-	B	B
Desempeño general de la clase	C	C	B	B
El niño(a) muestra entusiasmo	-	SI	-	SI
El niño(a) muestra concentración	-	SI	-	SI
El niño(a) se muestra cómodo(a) y tranquilo(a)	-	SI	-	SI
El niño(a) se le facilita el manejo de las herramientas de aprendizaje	-	SI	-	SI
Observaciones	Muestra más entusiasmo y menos timidez. Demuestra gusto por el aprendizaje. Algunos temas como las líneas adicionales no fueron claros y se tuvieron que aclarar. Con la aclaración se entendieron mejor los conceptos.		Recordó la mayoría de los temas que se habían tratado en las clases anteriores. La aplicación es fácil de usar. Comprende medianamente fácil todos los temas y no se le complica mucho el concepto de las líneas adicionales. Respondió correcto todo sin dudar en los temas.	

Tabla 11. Resultados de observación de la Clase 5.

CLASE 5				
Acción	Piano para Dummies		Software musical	
	Valor esperado	Valor obtenido	Valor esperado	Valor obtenido
Duración de la clase	20 min.	10 min.	15 min.	10 min.
Desempeño en la lección 1	-	-	B	A
Desempeño en la lección 2	-	-	B	A
Desempeño en la lección 3	-	-	-	-
Desempeño general de la clase	A	A	A	A
El niño(a) muestra entusiasmo	-	SI	-	SI
El niño(a) muestra concentración	-	SI	-	SI
El niño(a) se muestra cómodo(a) y tranquilo(a)	-	SI	-	SI
El niño(a) se le facilita el manejo de las herramientas de aprendizaje	-	SI	-	SI
Observaciones	La clase fue muy sencilla.		Los temas fueron muy sencillos y se entendieron de manera rápida.	

Tabla 12. Resultados de observación de la Clase 6.

CLASE 6				
Acción	Piano para Dummies		Software musical	
	Valor esperado	Valor obtenido	Valor esperado	Valor obtenido
Duración de la clase	30 min.	25 min.	30 min.	25 min.
Desempeño en la lección 1	-	-	B	A
Desempeño en la lección 2	-	-	B	A
Desempeño en la lección 3	-	-	B	A
Desempeño general de la clase	A	A	A	A
El niño(a) muestra entusiasmo	-	SI	-	SI
El niño(a) muestra concentración	-	SI	-	SI
El niño(a) se muestra cómodo(a) y tranquilo(a)	-	SI	-	SI
El niño(a) se le facilita el manejo de las herramientas de aprendizaje	-	SI	-	SI
Observaciones	La clase no tenía contenido, solo eran ejercicios prácticos recordando los temas vistos en las otras sesiones.		La clase contenía ejercicios prácticos con algunas preguntas. Se le facilitó todo.	

3.4.4 Reflexión

Con los datos registrados, es momento de analizar las acciones observadas y plasmadas en los formatos (Anexo C y Anexo D).

El proceso de observación y digitación de la información se hizo sencillo, ya que nunca fue un factor distractor para el estudiante y el espacio era muy apto para el desarrollo de las actividades de manera tranquila. Además, aunque hubo varias interacciones entre el investigador y el participante para saber qué tan claros estaban los conceptos, esto no implicó que el estudiante tomara autonomía para manejar las herramientas que disponía (libro, dispositivo móvil y teclado musical).

Un primer factor que se destaca en las seis sesiones de ambos participantes es que siempre mostraron entusiasmo, mucha concentración, se les sentía tranquilidad y confianza, y controlaban las herramientas de manera fácil. No obstante, existieron momentos de nerviosismo y timidez en las primeras clases que se podrían catalogar como

“normales”, pues con el transcurso de las sesiones se fue tomando más confianza entre el investigador y el participante.

Ahora, en cuanto a las duraciones de las clases, estas se habían construido para sesiones de 30 minutos, como se ha expresado antes. Con el método de aprendizaje por medio del libro las duraciones rondaron por este tiempo e incluso, algunas sesiones se extendieron hasta los 40 minutos. Una de las razones de este comportamiento se puede asociar al lenguaje poco común para el participante que se maneja en el libro. Hay que recordar que el texto traducido original está en castellano (de España). Además, la cantidad de texto del libro podría ser denso y retrasaría los tiempos. Ahora bien, estos contenidos fueron modificados con palabras, imágenes y otros elementos adecuados para la población objetivo dentro del software musical. Es por ello, que se nota una gran diferencia en los tiempos de las sesiones con aprendizaje mediante la aplicación móvil. Este método mejoró el tiempo en 10 minutos aproximadamente de lo que se esperaba.

Con lo anterior, se está hablando de una mejora en tiempos de aproximadamente 20 minutos por clase con el método de aprendizaje por medio del software musical en comparación al aprendizaje mediante el libro. Pero esta disminución en tiempos ¿también mejora el aprendizaje del estudiante? Para responder esta pregunta cabe recordar que en cada sesión los contenidos cubiertos en ambos métodos de aprendizaje eran los mismos, simplemente cambiaba la forma en la cual se ofrecía la información. Además, el investigador realizaba algunas conversaciones con los estudiantes para evaluar los conocimientos adquiridos en las clases y poderlos consignar en los formatos de evaluación. Con este proceso se puede apreciar que las valoraciones generales de cada clase, en la mayoría de los casos, eran iguales al rendimiento esperado cuando nos referimos al aprendizaje con el libro; mientras que el aprendizaje por software permite ver una mejora respecto a las valoraciones esperadas. Un primer factor asociado a este comportamiento se debe a la gran cantidad de texto que el libro tenía. Esto hacía que el participante se confundiera con tanta información adquirida y en lenguajes no muy comunes para este; mientras que en el software musical los temas del libro eran resumidos y se destacaban los elementos principales que se querían enseñar, además de la facilidad de entenderlos por el lenguaje usado.

Por otro lado, aunque existían temas que eran complejos de entender de primera y que necesitaban alguna explicación extra, otro factor a destacar es que ambos participantes recordaban correctamente los temas tratados en las pasadas sesiones. Esto era muy importante porque muchas lecciones tomaban como referencia aspectos de las pasadas, por ejemplo: para entender parte de la partitura, era necesario recordar los nombres de las notas musicales.

Finalmente, ambos participantes usaban las herramientas ofrecidas de manera intuitiva y fácil y hacían uso del teclado musical cuando consideraban apropiado. En este sentido, ningún método de aprendizaje fue más influyente que el otro.

De esta manera, se puede detallar cierta ventaja del aprendizaje por medio del software desarrollado frente al aprendizaje con el libro *Piano para Dummies*. Esto simplemente es una observación inicial, pues existen diferentes factores que podrían fortalecer o debilitar el aprendizaje de una persona: el gusto por el tema, la capacidad receptiva, el comportamiento socioemocional, las distracciones del momento, factores externos de su entorno, entre muchas otras. Sin embargo, en los análisis realizados se veía un compromiso positivo de ambos estudiantes, un gusto indudable por la música y una capacidad de entender los conceptos de forma rápida. Así, se contempla un aporte significativo de la aplicación móvil desarrollada con el sistema de retroalimentación, dentro del aprendizaje musical en los niños y niñas de la etapa operacional concreta.

4. Conclusiones y Trabajos futuros

Este trabajo se ha centrado en la construcción de una alternativa en la enseñanza musical para niños y niñas que inician en esta área, enfocándose en el teclado musical (piano). Además, esta alternativa estuvo comprendida por cuatro fases definidas, desarrolladas e integradas entre sí para la implementación de un prototipo de software musical que se conecta vía Bluetooth a un teclado construido manualmente, y se conecta vía Socket a un servidor basado en árboles de decisión, el cuál predice el tipo de refuerzo que necesita el estudiante según su rendimiento.

Para tener unos primeros resultados sobre el desarrollo tecnológico implementado, se decidió realizar una comparación de aprendizaje entre libro y software. Esta comparación se llevó a cabo en un colegio público de la ciudad de Bogotá, Colombia, generando muy buenas sensaciones frente a los aspectos positivos que dejó en los participantes.

4.1 Conclusiones

Existe una gran cantidad de metodologías musicales para la enseñanza principiante, y escoger la más adecuada es un proceso bastante complejo. *Piano para Dummies* fue el libro que más se acercó a los propósitos de este proyecto. Sin embargo, es posible que existan otras alternativas que se puedan complementar entre sí para poder realizar una combinación de contenidos que permitan abordar metodologías desde diferentes perspectivas.

Adicionalmente, haber escogido los contenidos más apropiados, haberlos traducido a un lenguaje más común para la población objetivo, haberles incluido elementos gráficos e interactivos, y apoyarlos con preguntas y ejercicios, fue una decisión importante en la

construcción del software musical. Los resultados dejan ver que se obtuvieron mejores rendimientos en tiempo y aprendizaje con el método apoyado en la aplicación móvil. No obstante, es importante realizar más procesos comparativos, con *Piano para Dummies* u otras metodologías, que eviten conclusiones apresuradas.

Aunque se construyeron seis clases de dos o tres lecciones cada una, aún quedaron muchos temas sin cubrir. Esto permite pensar en el gran potencial que tiene la aplicación, pues con ejercicios prácticos, variedad de refuerzos, preguntas de diferentes tipos y la gran cantidad de contenido que se puede incluir, se lograría crear un método musical completo que pueda ser llevado a las aulas educativas.

Con respecto al algoritmo de clasificación seleccionado, los resultados que se observaron en varias pruebas realizadas muestran que el modelo hace su trabajo correctamente y coincide con el desempeño del usuario en las clases. Además, se pudo apreciar que no es necesario que el alumno responda las preguntas de una clase en un período corto de tiempo o de manera consecutiva, es decir, las preguntas pueden ser respondidas en cualquier momento, ya que el progreso se guarda en datos locales de la aplicación móvil.

Asimismo, a través de las pruebas realizadas se pudo apreciar que los árboles de decisión, dentro del sistema de retroalimentación, se integran bien con la aplicación móvil ya que se logran resultados confiables. Aunque el entrenamiento y las pruebas del modelo se desarrollaron con un conjunto de datos ficticios, estos datos no están lejos de la realidad, ya que cada dato aleatorio generado podría convertirse en un dato real válido. Sin embargo, es importante considerar que realizar nuevos entrenamientos y pruebas con datos reales recopilados podría dar una nueva perspectiva. Por otro lado, debido a que los datos generados no tienen un rango muy amplio (para preguntas, de 0 a 1 con un decimal, y para tiempos, de 1 a 120 segundos), aumentar el tamaño del conjunto de datos no cambia significativamente la exactitud de los modelos de clasificación candidatos.

El software musical desarrollado, a través de una aplicación móvil, es una herramienta importante en el aprendizaje musical debido a que fortalece el buen uso de las tecnologías que cada día tienen más auge. Es por esto, que es importante incluir consejos sobre el uso del dispositivo móvil para no exceder su utilización. Además, es necesario aclarar que este software musical se presenta como alternativa y/o complemento de enseñanza en la

música y no como un reemplazo de las academias, enseñanzas particulares, aprendizajes con libro o cartilla y otros métodos que son importantes para la inclusión de la música en la sociedad.

Además, haber incluido interconectividad de la aplicación con otros sistemas le da gran valor al proyecto. Primero, a través de Bluetooth con el teclado musical construido manualmente, pues el usuario puede aprender los conceptos directamente con el teclado de forma casi inmediata, ya que el tiempo de transmisión de datos es bastante corto. Segundo, la conexión por Sockets con el servidor de clasificación le permite al usuario tener un refuerzo inmediato basado en su rendimiento, ofreciéndole un contenido más claro, si es posible con ejemplos, para que el tema pueda ser comprendido.

Por otro lado, lograr un trabajo práctico como el realizado en el colegio público Carlo Federici, permitió adquirir perspectivas que aportan a los objetivos del proyecto y van más allá de lo teórico que se expone en las tres primeras fases de este trabajo. Es por ello, que haber realizado las seis sesiones con los dos participantes fue necesario para analizar si la dirección del proyecto contaba o no con una buena proyección.

4.2 Trabajos futuros

Este trabajo es una fase inicial de una metodología musical que se podría construir para la incursión de la música en Colombia. Sin embargo, aunque esta herramienta puede ser un buen impulso para los propósitos mencionados, este es un proceso que requiere tiempo y recursos, principalmente intelectuales, para el desarrollo de una metodología completamente sólida. Estos recursos intelectuales abarcan la parte psicológica infantil, conocimientos pedagógicos, diseñadores enfocados en la teoría del color, desarrolladores y áreas que aporten positivamente en cada mejora.

Respecto a los contenidos incluidos en el prototipo de software musical, si bien la metodología adoptada da bases importantes de la música a través del teclado musical, es de utilidad adquirir diversas técnicas metodológicas que permitan construir un conjunto de clases con más ejemplos, más elementos didácticos y más contenidos que se enfoquen en mejorar la curva de aprendizaje del estudiante. De igual manera, es necesario

implementar un sistema centralizado que almacene el contenido de las clases y refuerzos que se dan al alumno, pues esto disminuiría el peso de la aplicación móvil y mejoraría los procesos de soporte al software.

Por otro lado, la selección del algoritmo de clasificación fue un proceso necesario para encontrar el modelo que más se ajustaba a los objetivos del proyecto. No obstante, se deben considerar parámetros adicionales que puedan dar valor dentro del sistema de retroalimentación y además, recolectar datos reales a través de actividades como las realizadas en la Fase 4. Así mismo, se pueden explorar otras técnicas de Machine Learning dentro del aprendizaje supervisado, no supervisado y semi-supervisado.

Adicional a lo anterior, se desea automatizar la generación del nuevo contenido que se le entrega al estudiante en la retroalimentación de cada clase. Es decir, se espera que no sea un contenido previamente elaborado, sino que mediante técnicas como por ejemplo Curriculum Learning, se puedan generar los refuerzos de las clases.

Finalmente, mejorar el diseño y la composición del teclado musical construido permitiría una experiencia más real, ya que los materiales utilizados hacen que la interacción sea básica y elemental. Aunque es una versión inicial del prototipo, se puede mejorar con elementos más adecuados o con un mejor ensamblado de estos.

A. Anexo A: Consentimiento informado para participante con software musical

La presente práctica hace parte del trabajo de grado de maestría titulado “Prototipo de software musical con sistema de retroalimentación basado en ML para el aprendizaje inicial del teclado como un método alternativo dirigido a niños/niñas”, del estudiante de maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación Miguel Angel Borja Acevedo de la Universidad Nacional de Colombia, y cuyo objetivo es diseñar una aplicación móvil para el aprendizaje inicial del piano o teclado musical, para poderla comparar con el proceso de enseñanza a través del libro “*Piano para Dummies*”. El estudio va dirigido a niños y niñas de 7 a 11 años.

Actualmente, la aplicación cuenta con 6 clases que abarcan diferentes temas sobre la música enfocados en el piano. Además, el nivel de cada clase va gradualmente según la complejidad de estas. Es por esto, que se desea construir un espacio de aprendizaje musical dentro de las instalaciones del colegio y con la aprobación del docente director(a) de curso, para que su hijo(a), a través de la aplicación móvil y con el acompañamiento respectivo, pueda realizar una clase por día, es decir, 6 días en total. Así mismo, cada clase tomará un tiempo aproximado de 30 minutos.

El fin de esta práctica, es poder observar y tomar nota del desempeño de cada niño(a) con las clases y así, encontrar fortalezas y debilidades para posibles mejoras de la aplicación móvil desarrollada.

Si usted accede a que su hijo(a) participe en este estudio, se le solicita amablemente que, por favor, diligencie los datos que se encuentran al final de este documento. Dicha información será tratada bajo reserva, no se divulgará ningún dato personal que pueda comprometer la privacidad y/o dignidad de las personas. De igual manera, los datos serán de uso exclusivo para esta práctica y con fines netamente académicos. Una vez culminada, se anonimizarán dichos datos.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer llegar sus inquietudes al correo miaborjaac@unal.edu.co y en cualquier momento que decida, puede solicitar la finalización de la

participación de su hijo(a) en este estudio. Agradezco la colaboración que pueda brindar con la presencia de su hijo(a).

Miguel Angel Borja Acevedo

Nombre del practicante



Firma del practicante

Acepto que mi hijo(a) participe voluntariamente en este estudio. He sido informado(a) sobre el propósito de esta práctica. Me han indicado también, que debo diligenciar la siguiente información y que puedo retirar a mi hijo(a) del estudio cuando yo lo considere necesario.

Reconozco que la información que yo provea es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito diferente al de esta práctica. He sido informado(a) que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento, sin que esto acarree perjuicio alguno para mí.

Entiendo que puedo pedir información sobre los resultados de este trabajo cuando este haya concluido.

Nombre del acudiente

Firma del acudiente

Fecha

B. Anexo B: Consentimiento informado para participante con libro musical

La presente práctica hace parte del trabajo de grado de maestría titulado “Prototipo de software musical con sistema de retroalimentación basado en ML para el aprendizaje inicial del teclado como un método alternativo dirigido a niños/niñas”, del estudiante de maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación Miguel Angel Borja Acevedo de la Universidad Nacional de Colombia, y cuyo objetivo es diseñar una aplicación móvil para el aprendizaje inicial del piano o teclado musical, para poderla comparar con el proceso de enseñanza a través del libro “*Piano para Dummies*”. El estudio va dirigido a niños y niñas de 7 a 11 años.

Actualmente, la aplicación cuenta con 6 clases que abarcan diferentes temas sobre la música enfocados en el piano. Además, el nivel de cada clase va gradualmente según la complejidad de estas. Es por esto, que se desea construir un espacio de aprendizaje musical dentro de las instalaciones del colegio y con la aprobación del docente director(a) de curso, para que su hijo(a), a través del libro y con el acompañamiento respectivo, pueda realizar una clase por día, es decir, 6 días en total. Así mismo, cada clase tomará un tiempo aproximado de 30 minutos.

El fin de esta práctica, es poder observar y tomar nota del desempeño de cada niño(a) con las clases y así, encontrar fortalezas y debilidades para posibles mejoras de la aplicación móvil desarrollada.

Si usted accede a que su hijo(a) participe en este estudio, se le solicita amablemente que, por favor, diligencie los datos que se encuentran al final de este documento. Dicha información será tratada bajo reserva, no se divulgará ningún dato personal que pueda comprometer la privacidad y/o dignidad de las personas. De igual manera, los datos serán de uso exclusivo para esta práctica y con fines netamente académicos. Una vez culminada, se anonimizarán dichos datos.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer llegar sus inquietudes al correo miaborjaac@unal.edu.co y en cualquier momento que decida, puede solicitar la finalización de la participación de su hijo(a) en este estudio. Agradezco la colaboración que pueda brindar con la presencia de su hijo(a).

Miguel Angel Borja Acevedo

Nombre del practicante



Firma del practicante

Acepto que mi hijo(a) participe voluntariamente en este estudio. He sido informado(a) sobre el propósito de esta práctica. Me han indicado también, que debo diligenciar la siguiente información y que puedo retirar a mi hijo(a) del estudio cuando yo lo considere necesario.

Reconozco que la información que yo provea es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito diferente al de esta práctica. He sido informado(a) que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento, sin que esto acarree perjuicio alguno para mí.

Entiendo que puedo pedir información sobre los resultados de este trabajo cuando este haya concluido.

Nombre del acudiente

Firma del acudiente

Fecha

C. Anexo C: Plantilla de Investigación- Acción por medio de software musical

Participante	
Edad	
Fecha	
Clase	
Método de aprendizaje	Software musical

Convenciones de las valoraciones:

- A:** El niño(a) comprendió con facilidad los temas tratados.
- B:** El niño(a) comprendió la mayoría los temas tratados.
- C:** El niño(a) comprendió algunos de los temas tratados.
- D:** El niño(a) comprendió muy poco de los temas tratados.
- E:** El niño(a) no comprendió ninguno de los temas tratados.

Acción	Valoración esperada	Valoración obtenida
Duración de la clase		
Desempeño en la lección 1		
Desempeño en la lección 2		
Desempeño en la lección 3		
Desempeño general de la clase		

Otras consideraciones	SI	NO
El niño(a) muestra entusiasmo		
El niño(a) muestra concentración		
El niño(a) se muestra cómodo(a) y tranquilo(a)		
El niño(a) se le facilita el manejo de las herramientas de aprendizaje		

Observaciones	
----------------------	--

D. Anexo D: Plantilla de Investigación- Acción por medio de libro musical

Participante	
Edad	
Fecha	
Clase	
Método de aprendizaje	Libro piano para Dummies

Convenciones de las valoraciones:

- A:** El niño(a) comprendió con facilidad los temas tratados.
- B:** El niño(a) comprendió la mayoría los temas tratados.
- C:** El niño(a) comprendió algunos de los temas tratados.
- D:** El niño(a) comprendió muy poco de los temas tratados.
- E:** El niño(a) no comprendió ninguno de los temas tratados.

Acción	Valoración esperada	Valoración obtenida
Duración de la clase		
Desempeño general de la clase		

Otras consideraciones	SI	NO
El niño(a) muestra entusiasmo		
El niño(a) muestra concentración		
El niño(a) se muestra cómodo(a) y tranquilo(a)		
El niño(a) se le facilita el manejo de las herramientas de aprendizaje		

Observaciones	
----------------------	--

Bibliografía

- [1] Abreu, J. (2012). *Hipótesis, Método & Diseño de Investigación*. Daena: International Journal of Good Conscience, pp. 187-197.
- [2] Andressi, A. y Volpe, G. (2011). *The MIROR project*. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), vol. 6964 LNCS, pp. 15-28.
- [3] Baker, V. (2015). *Teachers' Perceptions on Current Piano Use in the Elementary General Music Classroom*. National Association for Music Education. vol. 35.
- [4] Barrett, M. (2011). *A Cultural Psychology of Music Education*. A Cultural Psychology of Music Education, pp. 1-320.
- [5] Berryman, J., Hargreaves, D., Herbert, M. y Taylor, A. (1991). *Developmental Psychology and You*. The British Psychological Society.
- [6] Bhatti, A.M., Majid, M., Anwar, S.M. y Khan, B. (2016). *Human emotion recognition and analysis in response to audio music using brain signals*. Computers in Human Behavior, vol. 65, pp. 267-275.
- [7] Biasutti, M. y Concina, E. (2013). *Music education and transfer of learning, in Music: Social Impacts, Health Benefits and Perspectives*. eds Simon P., Szabo T. (New York, NY: Nova Science Publishers, Inc Series: Fine Arts, Music and Literature), pp. 149–166.
- [8] Botella, A.M. y Lerma, N. (2016). *Estudio comparativo de dos metodologías aplicadas para la comprensión de la música contemporánea en la educación secundaria obligatoria*. Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical, vol. 13.
- [9] Brown, R.W. (1928). *A comparative study of the "whole," "part," and "combination" methods of learning piano music*. Journal of Experimental Psychology, vol. 11, pp. 235–247.
- [10] Catania, F., De Luca, G., Bombaci, N., Colombo, E., Crovari, P., Beccaluva, E. y Garzotto, F. (2020). *Musical and conversational artificial intelligence*. International

- Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI (pp. 51–52). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3379336.3381479>.
- [11] Choi, K., Fazekas, G., & Sandler, M. (2016). *Automatic tagging using deep convolutional neural networks*. Proceedings of the 17th International Society for Music Information Retrieval Conference, ISMIR 2016 (pp. 805–811).
- [12] Colmenares, A. y Piñero, M. (2008). *LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas, Venezuela.
- [13] Correa, A.G.D., Lemos, B.H.V., Nascimento, M. y Lopes, R.D. (2016). *AR musical app for children's musical education*. Proceedings of the International Symposium on Consumer Electronics, ISCE, pp. 125-126.
- [14] Cruz, D.A., Lopez, S.S. y Camargo, J.E. (2019). *Automatic Identification of Traditional Colombian Music Genres based on Audio Content Analysis and Machine Learning Technique*.
- [15] Dávila, D. (2014). *Piano y currículo: La importancia de un aprendizaje musical consciente*. Docencia, Investigación, Innovación, vol. 3, pp. 52-64.
- [16] Farinazzo Martins, V., Gomez, L. y Dionísio Correa, A.G. (2015). *Teaching Children Musical Perception with MUSIC-AR*. EAI Endorsed Transactions on E-Learning, 2(5), e3. <https://doi.org/10.4108/el.2.5.e3>.
- [17] Gamboa, A.A. (2017). *Educación Musical: Escenario para la Formación del Sujeto o un Pariente Pobre de los Currículos Escolares*. Saber, ciencia y libertad, vol. 12, pp. 215-224.
- [18] Geetha, R., Padmavathy, T. and Anitha, R. (2021). Prediction of the academic performance of slow learners using efficient machine learning algorithm. Advances in Computational Intelligence 1:5. <https://doi.org/10.1007/s43674-021-00005-9>.
- [19] Hurwitz, J. y Kirsch, D. (2018). *Machine Learning for Dummies*. IBM.
- [20] Kolozali, S., Barthet, M. and Sandler, M. (2012). Knowledge Management On The Semantic Web: A Comparison of Neuro-Fuzzy and Multi-Layer Perceptron Methods For Automatic Music Tagging. 9th International Symposium on Computer Music Modelling and Retrieval. 19-22, Queen Mary University of London.
- [21] Kong, D. (2020). *The Role of Computer Music Technology in Improving the Quality of Music Teaching in Preschool Majors*. Journal of Physics: Conference Series, vol. 1533.

- [22] Korzeniowski, F. y Widmer, G. (2016). *A fully convolutional deep auditory model for musical chord recognition*. IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing, MLSP, vol. 2016-Novem.
- [23] Larrañaga, A. (2011). *Importancia del teclado como recurso para el maestro de Música: estudio cualitativocuantitativo en la Comunidad Andaluza y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla*. Revista de Investigación en Educación. pp. 33-47.
- [24] Latorre, A. (2005). *La investigación-acción*. Editorial Graó.
- [25] Macián-González, R. y Tejada, J. (2018). *Problemas técnicos en iniciación al violín: un estudio exploratorio en el aula con alumnos de 4 y 5 años*. Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical.
- [26] Mehmood, K., Yasin, H. and Mohammad, M. (2015). Unearthing Top 3 Business Strategies using Data Mining Techniques. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Vol. 118 – No.22.
- [27] Mehr A., Singh M., Knox D., Ketter D. M., Pickens-Jones D., Atwood S., et al. (2019). *Universality and diversity in human song*. Science 366:eaax0868. 10.1126/science.aax0868.
- [28] Muhammad, A. and Zain, A. (2017). Automatic Music Genres Classification using Machine Learning. (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications. Vol. 8, No. 8.
- [29] Mulyadi, A., Machbub, C., Prihatmanto, A. and Sin, BK. (2016). Design of Music Learning Assistant Based on Audio Music and Music Score Recognition. Journal of Korea Multimedia Society. Vol. 19, Issue 5, Pages.826-836. <https://doi.org/10.9717/kmms.2016.19.5.826>.
- [30] *Pautado y Método para Teclado 1*. Instituto Nacional de Desarrollo Social.
- [31] *¿Qué es la Inteligencia Artificial?* Recuperado el 11 de mayo de 2021, de Iberdrola. Disponible en: www.iberdrola.com.
- [32] Reyes, MB. (2017). *Propuesta didáctica para la formación musical de las estudiantes de IX semestre del Programa de Pedagogía Infantil de la Universidad Libre de Bogotá*. Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad libre.
- [33] Rodríguez, B. (2017). *Estudio comparativo de dos métodos para la enseñanza musical (Kodály y Gordon)*. Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.
- [34] Rodríguez, M. (2016). *Educación musical en Colombia*. Universidad de Los Andes. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4444.2009>.

- [35] Roig-Vila, R., Blas Arenes, F.S. y Lloret, A.B. (2020). *Development of the absolut pitch through mobile applications*. Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación, vol. 57, pp. 191-209.
- [36] Rose, D., Jones Bartoli, A. y Heaton, P. (2019). *Measuring the impact of musical learning on cognitive, behavioural and socio-emotional wellbeing development in children*. Psychology of Music, vol. 47, pp. 284-303.
- [37] Said, P.M. y Abramides, D.V.M. (2020). *Effect of music education on the promotion of school performance in children*. CODAS, Vol. 32.
- [38] Saleh, Z. (2019). *Artificial Intelligence Definition, Ethics and Standards*. The British University in Egypt.
- [39] Samper, A. (2016). *La educación musical en Colombia: desafíos y realidades*. Viajeros del Pentagrama. <http://www.viajerosdelpentagrama.gov.co/Joomla/index.php/14-comunidad/contenido-valioso/120-la-educacion-musical-en-colombia-desafios-y-realidades-vp>.
- [40] Samper, A. *Perspectivas y desafíos para la educación musical en Colombia en el Siglo XXI*. Departamento de Música, Pontificia Universidad Javeriana.
- [41] Wang, J. (2022). Application of C4.5 Decision Tree Algorithm for Evaluating the College Music Education. Mobile Information Systems. Vol. 2022. Article ID 7442352. 9 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/7442352>
- [42] Wang, S. (2020). *Empirical Study of Computer Application and Piano Teaching*. Journal of Physics: Conference Series, vol. 1533.
- [43] Weigand, J. (1962). *A comparison of the effectiveness of two methods of teaching general music in the Junior High School*. The Emporia State Research Studies, vol. 10.
- [44] Welch, G., Biasutti, M., MacRitchie, J., McPherson, G. y Himonides, E. (2020). *Editorial: The Impact of Music on Human Development and Well-Being*. Front Psychol. Doi: 10.3389/fpsyg.2020.01246.
- [45] Wenting, K. (2020). *Analysis of the Influence of Digital Media Technology on Music Communication*. Journal of Physics: Conference Series, vol. 1453.
- [46] Wood, K.C., Smith, H. y Grossniklaus, D. (2001). *Piaget's Stages of Cognitive Development*. Department of Educational Psychology and Instructional Technology, University of Georgia.
- [47] Wood, N., Duffy M. y Smith, S. (2007). *The art of doing (geographies of) music*. Environment and Planning D: Society and Space, vol. 25, pp. 867-889.

- [48] Xin, J., Rongfang Bie. (2006). Random Forest and PCA for Self-Organizing Maps based Automatic Music Genre Discrimination. Proceedings of the 2006 International Conference on Data Mining. Las Vegas, Nevada, USA.
- [49] *Ya va en 296 el número de IES en Colombia.* (Sep 9, 2019). El Observatorio de la Universidad Colombia. Recuperado el 11 de mayo de 2021, de Universidad. Disponible en: www.universidad.edu.co.
- [50] Ye, F. (2020). *A study on music education based on artificial intelligence.* IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 750.
- [51] Yee, O., Sagadevan, S. and Malim, N. (2018). Credit Card Fraud Detection Using Machine Learning As Data Mining Technique. Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering. e-ISSN: 2289-8131 Vol. 10 No. 1-4.
- [52] Yu, L. y Ding, J. (2020). *Application of music artificial intelligence in preschool music education.* vol. 750.
- [53] Yuan, S. (2020). *Application and Study of Musical Artificial Intelligence in Music Education Field.* vol. 1533, 2020.

Material suplementario

Contenidos

1. Empecemos por el principio

Antes de empezar a tocar el teclado es bueno saber qué es, cómo funciona, dónde se ponen las manos y los pies y para qué sirven las teclas. No te asustes, no debes tener superpoderes, cualquiera puede aprender esto.

En la primera lección podrás encontrar una breve introducción sobre la historia del piano. Es importante que conozcas los orígenes de este hermoso instrumento.

La siguiente lección mostrará lo importante de tener una buena postura al tocar el piano. Por esto, te daremos consejos muy útiles sobre la adecuada colocación del cuerpo y las manos al tocar.

Por último, aprenderemos la distribución de las teclas y el significado de una palabra importante: **Octava**.

¡Ánimo, te acompañaremos!

1.1. Presentación del instrumento

El primer paso para aprender a tocar el piano es familiarizarse con el instrumento, el cual ha estado envuelto en cientos de años de evolución y mejoras de diseño y sonido.

Se considera que el inventor del piano es el italiano Bartolomeo Cristofori. No olvides este gran personaje.



Cristofori en 1698 creó el cembalo a martilletes. No te asustes, es también un instrumento musical de teclado. Además, este mismo personaje construyó en 1710 el primer pianoforte o piano. Mucho tiempo ha pasado ¿verdad? :O.

Te contamos que el nombre del piano proviene de la palabra “pianoforte”, que es un término italiano que indica que el instrumento puede sonar mucho o poco, dependiendo de la fuerza con que se teclee.



Como se ve en la imagen, el primer modelo de piano no tenía pedales y tampoco patas, por esto, había que ponerlo sobre una mesa. Además, no tenía más de sesenta teclas, pero sin duda se trataba del primer piano clásico.

Pregunta

¿Quién es considerado el creador del piano?

- a. Un italiano en 1698
- b. Bartolomeo Cristófori**
- c. En 1710 se construyó el primer piano
- d. Ninguna de las anteriores

1.2. La postura, un punto importante

Una buena postura del cuerpo y de las manos te permitirá pasarte muchas horas sentado tocando el teclado. Además, adquiriendo una correcta postura evitarás problemas de salud, como dolores de espalda, calambres, hernias, entre otras. No queremos eso ¿verdad?

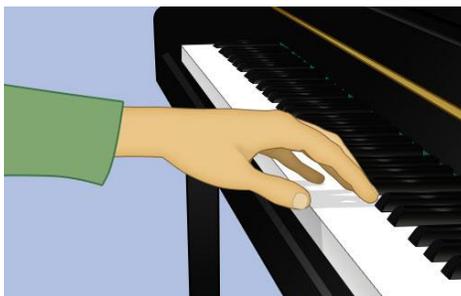


Para empezar, hay que definir entre tocar de pie o sentado. Ambas posturas son correctas, de hecho, muchos artistas (dependiendo del género musical) varían con alguna de estas posiciones. Sin embargo, te recomendamos que para empezar y siendo este un curso inicial, toques el teclado sentado o sentada.



Como vemos en la imagen anterior, el cuerpo debería ir con la espalda recta, con el fin de evitar dolores y problemas que ya te dijimos anteriormente. Además, los codos deben ir preferiblemente alineados con el borde de tu silla o banca y así, desde tus codos hasta tus manos, mantén tu antebrazo horizontalmente recto.

Ahora, los dedos de las manos deben ir relajados, con su curva natural, no los tensiones. Mira la siguiente imagen:



Pregunta

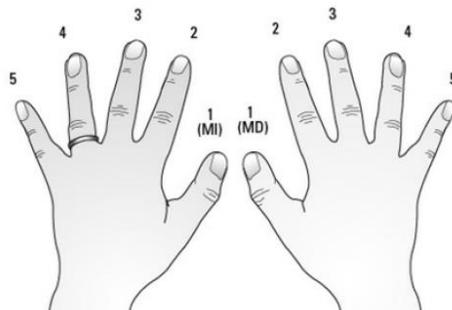
¿Qué posición del cuerpo es la más adecuada para un pianista principiante?

- a. De pie, da más seguridad
- b. Acostado, el cuerpo se relaja
- c. Sentado, con espalda recta**
- d. Los dedos deben ir relajados

1.3. Digitación

Para decirte de manera sencilla ¿qué es la digitación?, te diremos que es usar el dedo adecuado para cada nota de una canción. Una digitación correcta es imprescindible para tocar bien el piano. Muchas partituras, incluso las más fáciles, llevan escrita la digitación para ayudar al pianista a saber qué dedos usar para ejecutar la melodía de manera más cómoda y eficiente.

La digitación escrita en las partituras se basa en la distribución de los dedos mostrada que te mostramos en la siguiente imagen. Debes numerar los dedos de 1 a 5, empezando por el pulgar (1) y acabando por el meñique (5), mira:



Para terminar, te daremos 2 consejos útiles:

Mientras te acostumbras a pensar en el sistema numérico, podrías escribirte en cada dedo el número correspondiente, como en la imagen anterior. Eso sí, no olvides hacerlo con un esfero o marcador que se pueda lavar fácilmente, no queremos tener problemas con tus papás, ¿verdad?

El otro consejo es: córtate las uñas. Debes tener las uñas cortas o al menos no tal largas. La razón de esto es que el público quiere oír la hermosa melodía de tu piano, no el golpe de las uñas con las teclas.

Pregunta

Según la digitación de los dedos ¿cuál número le corresponde al dedo medio de las manos?

- a. 2
- b. 5
- c. 6
- d. 3**

2. Las teclas

Te damos la bienvenida a la CLASE 2.

Como vimos en la primera clase, es importante tener una muy buena postura para evitar problemas en tu cuerpo. Además, recuerda el número que le corresponde a cada dedo de tus manos.

En esta clase nos acercaremos más al instrumento. Aprenderás cómo se distribuyen las teclas sobre el piano, sea pequeño o grande, siempre funciona igual.

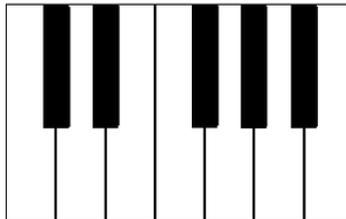
La segunda lección podrás conocer sobre las teclas blancas, ellas también tienen un nombre y te las presentaremos.

Finalmente, en la última lección no podemos dejar atrás las teclas negras, también te las presentaremos, se la llevarán muy bien jejeje.

¡Ahora sí, acompáñanos!

2.1. ¿Octava? ¿Qué es?

En la siguiente imagen verás un pequeño teclado (no tan pequeño como el de Orpheus, claro está)



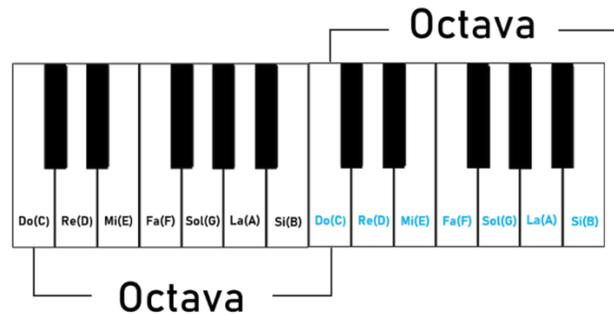
Como pudiste observar en la anterior imagen, una de las primeras cosas que llama la atención es la diferencia entre la cantidad de teclas blancas que es mayor a la cantidad de las teclas negras.

Cada una de las teclas tiene un nombre dado por la nomenclatura musical: Do(C), Re(D), Mi(E), Fa(F), Sol(G), La(A) y Si(B). Es decir, la tecla Do tocará la nota Do, la tecla Re tocará nota Re, etc.

Sin embargo, un piano completo generalmente tiene 88 teclas y nos podemos preguntar: si aquí solo hay 7 teclas ¿Qué nombre reciben las otras 81 teclas? Pues no te preocupes,

las notas anteriormente mencionadas, se repetirán sucesivamente. Estas repeticiones la llamaremos **Octava**.

Mira la siguiente imagen y todo quedará un poco más claro:



¿Y las teclas negras? No te preocupes, ya habrá tiempo más adelante.

Es importante que comprendas lo que significa **Octava**, pues es una palabra que se usará en distintas clases. Además, debes tener claro que el Do, Re, Mi, Fa, Sol, La y Si de cada **Octava** son más agudas o más graves dependiendo de la ubicación de la nota, es decir, las notas son de sonido más grave si se ubican hacia la parte izquierda y más agudas hacia la parte derecha.

Pregunta

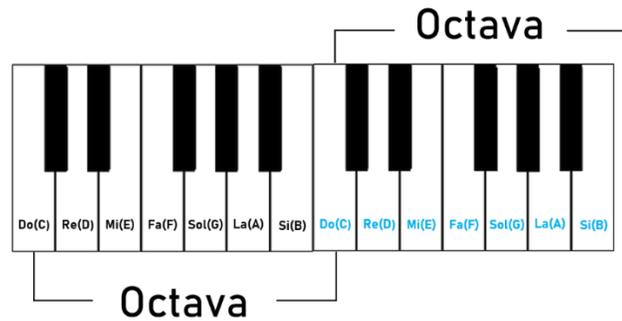
En orden ascendente ¿cuáles notas hacen parte de una octava musical?

- a. A, B, C, D, E, F, G
- b. B, A, G, F, E, D, C
- c. C, D, E, F, G, A
- d. C, D, E, F, G, A, B

2.2. Teclas blancas en el teclado

La cantidad de teclas blancas es superior al de las teclas negras, además cada Octava cuenta con 8 teclas blancas y 5 teclas negras. Lo puedes observar en el piano.

Recuerda lo que es una octava, pero si no lo recuerdas, la siguiente imagen te ayudará:



Pero mejor si te presentamos a cada tecla blanca. A continuación, sabrás su nombre y su sonido, es importante que te las aprendas.

Ejercicio Práctico

El estudiante tocará cada una de las teclas blancas, observando en la aplicación el nombre de ellas a medida que las toca.

DO(C) - RE(D) - MI(E) - FA(F) - SOL(G) - LA(A) - SI(B)

Pregunta

En las notas blancas que acabas de conocer, ¿cuál va después de Mi(E)?

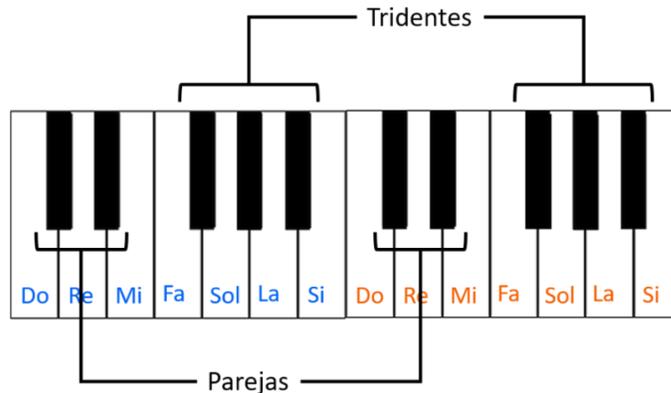
- a. FA (F)
- b. RE (D)
- c. LA (A)
- d. DO (C)

2.3. Teclas negras en el teclado

Ya que te familiarizaste con las teclas blancas, te recomendamos tocar cada una de ellas mientras dices su nombre en voz alta. Si es de noche, habla más suave, no queremos despertar a nadie jejeje.

Ahora bien, te presentaremos las teclas negras. Estas teclas negras se ubican en grupos de 2 (parejas) y grupos de 3 (tridentes). Así mismo, cada Octava (acuérdate de esta

palabra) cuenta con una sola pareja y tridente de teclas negras. Míralo en la siguiente imagen.



Si tocas la tecla FA y luego tocas la tecla negra que está al lado derecho de FA, notarás que tienen sonidos muy distintos. Esto es porque cada tecla negra representa una nota distinta a las teclas blancas.

A las teclas negras se les asigna el nombre de una de las teclas blancas que tienen al lado y se les añade el adjetivo según alguna de las siguientes reglas:

- **Sostenido.** Si la tecla negra está a la derecha (o por encima) de la tecla blanca de la cual toma el nombre.
- **Bemol.** Si la tecla negra está a la izquierda (o por debajo) de la tecla blanca de la cual toma el nombre.

Es decir, cada tecla negra puede recibir dos nombres distintos. Por ejemplo, la tecla negra a la derecha de DO, se llama DO sostenido (C#), pero también se puede llamar RE bemol (Db).

Por favor, no te arranques los pelos del cabello, esto lo entenderás poco a poco y en su debido momento. Por ahora, es importante que sepas que existen tanto teclas blancas como negras.

Seguramente te preguntarás ¿y por qué MI(E) y SI(B) no tienen teclas negras al lado derecho? Tranqui, no es ningún fallo. En la música, MI sostenido (E#) es igual que FA(F) y SI sostenido (SI#) es igual que DO(C).



Respira, no queremos que quedes como Homero. En clases más avanzadas hablaremos mejor de estos temas. Por ahora, relájate tocando las notas, te las presentamos a continuación:

Ejercicio Práctico

El estudiante tocará cada una de las teclas negras, observando en la aplicación el nombre de ellas a medida que las toca.

DO sostenido (C#) - RE sostenido (D#) - FA sostenido (F#) – SOL sostenido (G#) - LA sostenido (A#)

Pregunta

¿Cuáles son las teclas negras?

- a. C#, D#, E#, F#, G#, A#, B#
- b. C#, D#, F#, G#, A#
- c. C, D, F, G, A
- d. Ninguna respuesta es correcta

3. Lectura de líneas y espacios

Cuando una persona viaja a otro país se debe aprender algunas palabras del idioma local para no parecer los más perdidos allí. Así mismo, si viajamos con nuestro piano debemos

poder, leer, escribir, tocar y entender el lenguaje musical. Esto te ayudará a saber qué nota tocar y cuándo tocarla.

En esta parte aprenderás unos primeros conceptos para traducir los puntos, líneas y demás símbolos que se encuentran en una **partitura**. No te asustes, te explicaremos qué es **partitura**.

Esperamos que al final domines las bases del verdadero lenguaje internacional, la música, y serás capaz de tocar algunas canciones.

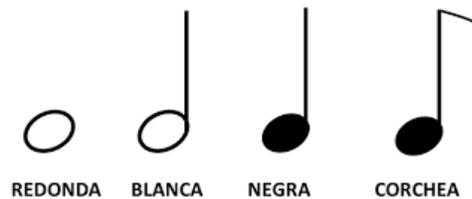
Si esto te emociona, ¡pues vamos!

3.1. Partitura

Te presentamos una partitura:

Si te fijas, la partitura tiene muchos símbolos y elementos desconocidos para ti, pero relájate, poco a poco no será tan extraño.

Lo primero que vemos es una serie de pequeños círculos o puntos negros y blancos como estos:



Esos círculos representan notas, que puedes tocar con el piano. Cada nota escrita en la partitura nos da tres informaciones esenciales:

- Cuál tecla pulsar.
- En qué momento pulsarla.
- Durante cuánto tiempo pulsarla.

Recuerda que eres libre de ver las clases anteriores para repasar conocimientos.

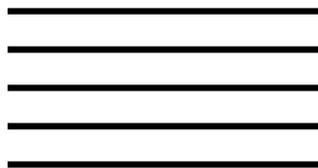
Pregunta

¿Cuál de estas opciones NO es una figura musical en un pentagrama?

- a. Corchea
- b. Pica
- c. Redonda
- d. Negra

3.2. Pentagrama

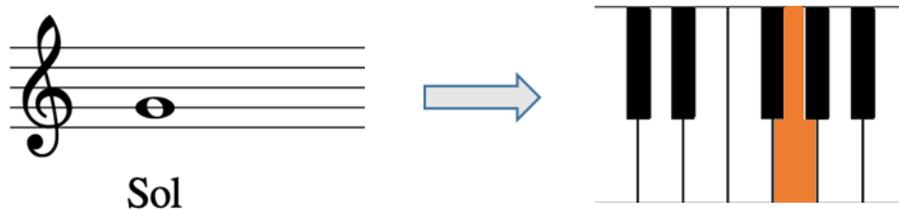
Una partitura está conformada por una serie de líneas paralelas como las que verás a continuación. Puedes contarlas y notarás que son cinco (5). Cuenta también los espacios entre las líneas, deberían sumar cuatro.



Las anteriores líneas forman lo que se conoce como el *Pentagrama musical*.

Cada línea y espacio en el pentagrama representa una de las siete notas musicales (Do-Re-Mi-Fa-Sol-La-Si), las mismas que encontramos en las teclas blancas del teclado, ¿recuerdas?

Para ser más claros, una nota en la línea de Sol(G) en el pentagrama nos indica que tenemos que pulsar la tecla Sol en el teclado. ¿Ves como todo va cogiendo forma?



Obviamente, cinco líneas y cuatro espacios no nos bastan para acomodar las ochenta y ocho teclas que tiene un piano. Pero no te asustes, no estás ante un problema matemático sin solución: tenemos distintas opciones, que veremos luego.

Pregunta

¿Cuántas líneas y espacios tiene un pentagrama?

- a. 4 líneas y 3 espacios
- b. 5 líneas y 4 espacios**
- c. 5 líneas y 5 espacios
- d. Infinitas líneas e infinitos espacios

3.3. Las claves

¿Recuerdas el dibujito serpenteante al principio de la partitura? Por si no lo recuerdas míralo nuevamente:



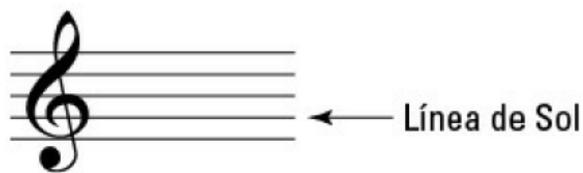
Esa bonita figura se llama clave (para ser más exactos: la clave de Sol).

El único objetivo en la vida de una clave es indicarte el nombre de las líneas y espacios del pentagrama en el que está escrita. Si la clave pudiera hablar, diría algo como: “A estas líneas y estos espacios corresponden estas notas, y por lo tanto estas teclas”.

En la música hay distintas claves, pero para el teclado solo vamos a necesitar dos de ellas. Una clave para cada mano.

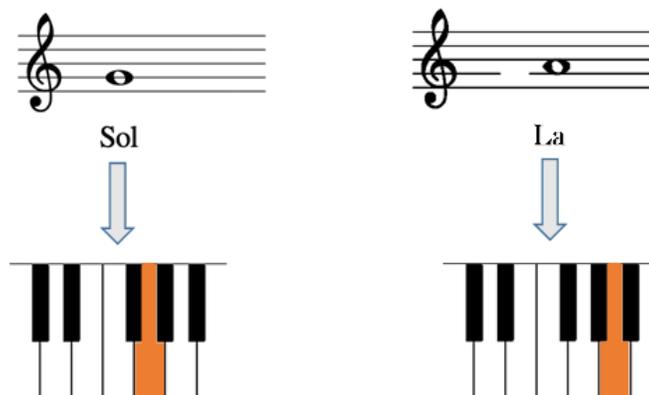
La clave de Sol (G)

- Las notas de la clave de Sol (G) se tocan con la mano derecha.
- Se empieza a escribir en la segunda línea de la partitura empezando desde abajo.

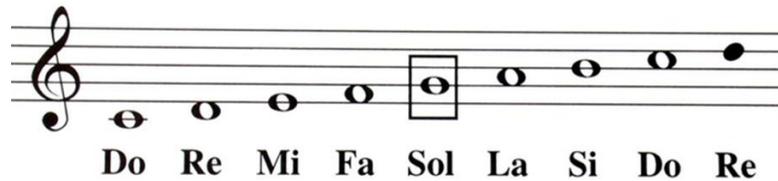


Teniendo ubicado a Sol(G) en el pentagrama y en el teclado, la lectura de las demás líneas y espacios del pentagrama resulta mucho más fácil.

Por ejemplo, la tecla situada inmediatamente a la derecha de la tecla de Sol(G) corresponde en el pentagrama con el espacio situado inmediatamente por encima de la línea de Sol. Ese espacio representa la nota La(A).



Si subes o bajas por el pentagrama, verás que las notas siguen el mismo orden que se muestra a continuación:



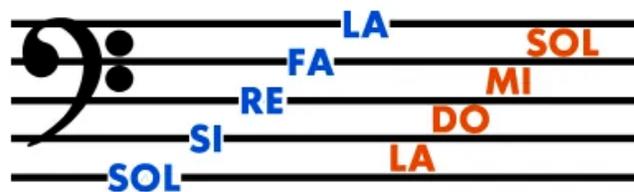
La clave de Fa (F)

- Las notas de la clave de Fa (F) se tocan con la mano izquierda.
- Se empieza a escribir en la cuarta línea de la partitura empezando desde abajo.



La ubicación de las notas es igual de fácil que con la clave de sol. Una vez ubicada a Fa(F) en el pentagrama y en el teclado, las demás notas siguen en el mismo orden de arriba y abajo. Por ejemplo, Sol (G) es el espacio que está arriba de la línea de Fa (F) y Mi (E) es el espacio que está debajo de la línea de Fa (F).

Todo queda más claro con imágenes, los sabemos:



Pregunta

Ya conocimos la clave de SOL y la clave de FA ¿Cuál de estas opciones es correcta?

- a. Las notas de la clave de Sol y clave de Fa se tocan con mano izquierda
- b. Las notas de la clave de Sol y clave de Fa se tocan con mano derecha
- c. Notas en clave de Sol se tocan con la mano derecha y en clave de Fa con la izquierda
- d. Las claves nos sirven para indicar el nombre de cada línea y espacio del pentagrama

4. Más allá de las líneas y espacios

Ya dimos un vistazo por la partitura y los elementos que la componen: notas, pentagrama y claves. ¿Los recuerdas? porque son elementos muy importantes para entender la música. Si lo crees necesario, repasa las clases anteriores.

En esta clase responderemos una pregunta que algunos se harán: si solo tenemos 5 líneas y 4 espacios en el pentagrama, ¿cómo podemos tocar todas las 88 notas del teclado? No te preocupes, acá intentaremos responderla.

También retomaremos el término **Octava**. Allí te mostraremos cómo se representa en el pentagrama, porque no tiene sentido poner un poco de líneas y espacios para todas las notas. Esto sería difícil de leer, ¿no lo crees?

En la tercera lección de esta clase volveremos a hablar brevemente de **sostenidos** y **bemoles**, palabras que ya habíamos mencionado en la clase 2.

Saber sobre todos estos conceptos es muy necesario para escribir y leer música. Así podrás ser el o la mejor en el teclado. Puedes ir tocando el teclado a medida que te damos las clases, todos tenemos ganas de tocarlo.

4.1. El gran pentagrama y las líneas adicionales

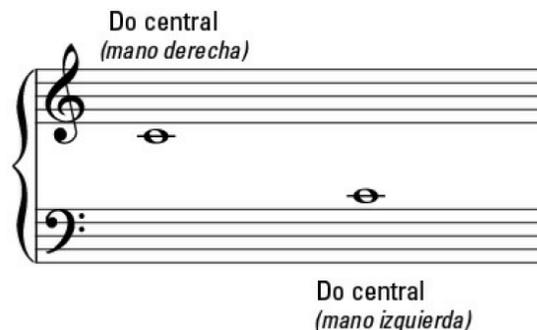
Recuerda que para la mano izquierda tenemos la clave de... FA y para la mano derecha la clave de... SOL. Esto lo vimos la clase pasada.

Con estas dos claves podemos tocar todo lo que queramos y por supuesto, leerlas en el pentagrama. Primero, vamos a unir los dos pentagramas con una llave así:



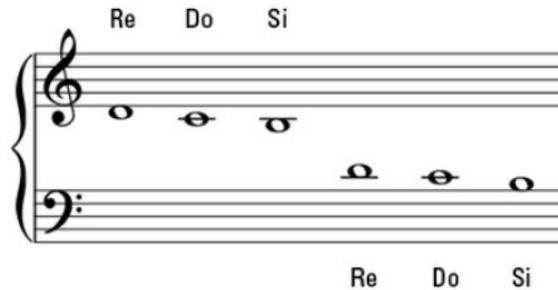
¿Por qué hay tanto espacio entre los dos pentagramas? Es una buena pregunta. Fíjate bien en la última línea de abajo en clave de Sol. Es un Mi(E) ¿verdad? Ahora mira la última línea de arriba de la clave de Fa. Es un La(A) ¿cierto? Entonces, ¿qué pasa con el Si, el Do, el Do sostenido, el Re y el Re sostenido que hay entre el La superior de la clave de Fa y el Mi inferior de la clave de Sol?

La solución son las *líneas adicionales*, que permiten poner notas por encima y por debajo del pentagrama. Mira la siguiente imagen:

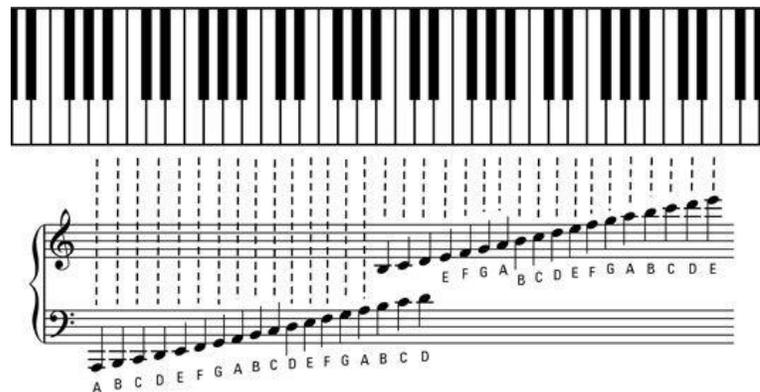


Las notas Si(B) y Re(D), se pueden escribir usando líneas adicionales, tanto por debajo del pentagrama en clave de Sol como por encima del pentagrama en clave de Fa. En la

siguiente imagen puedes ver las posiciones variables de esas tres notas en el gran pentagrama.



Tan solo vimos las notas que con frecuencia usaremos, pero existen muchas más notas que pueden ser representadas por encima del pentagrama de la clave de Sol y por debajo del pentagrama de la clave de Fa. Un avista general de todas estas notas podríamos verla en esta imagen:



Con ese pocotón de notas, puedes tocar miles de melodías y canciones. Pero todo toma su tiempo. Por ahora, te recomendamos que vayas tocando las notas para que te las aprendas, cada una tiene un sonido único y espectacular.

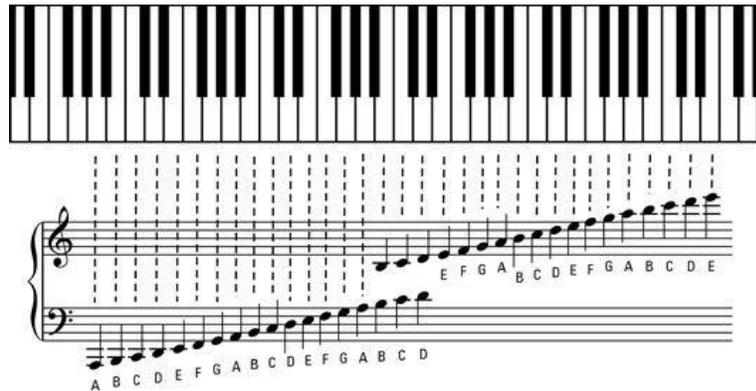
Pregunta

En el gran pentagrama, ¿principalmente para qué nos sirven las líneas adicionales?

- Hacen que se vean más bonitos los pentagramas
- Nos ayudan a tocar muchas melodías
- Nos permiten tener la clave de Sol y Fa en el mismo sitio
- Permiten poner notas por encima y por debajo de los pentagramas

4.2. Una octava arriba, una octava abajo

En la anterior lección vimos todas las notas que podemos escribir en el gran pentagrama:



Sin embargo, agregar muchas líneas adicionales requiere demasiado espacio y dificulta la lectura de las notas. Cualquiera se puede asustar con tantos puntos y líneas ¿no lo crees?

Es por esto que los compositores inventaron el signo de octava (*ottava en italiano*), que nos indica que debemos tocar todas las notas afectadas por el signo una octava por encima o por debajo. La abreviatura 8va (ottava alta) significa una octava por encima y 8vb (ottava bassa) una octava por debajo.

Mira como se vería en el pentagrama:



8va y 8vb lo podemos resumir así:

- Si una nota tiene la abreviatura 8va, deberás tocar esa misma nota, pero 8 notas más arriba (hacia la derecha).
- Si una nota tiene la abreviatura 8vb, deberás tocar esa misma nota, pero 8 notas más abajo (hacia la izquierda).

Pregunta

Según lo visto en la lección, ¿cuál de estas sentencias es verdadera?

- Una nota con 8va se toca ocho notas más arriba y con 8vb se toca ocho notas más abajo
- Una nota con 8va se toca ocho notas más abajo y con 8vb se toca ocho notas más arriba
- 8va indica que se debe tocar la tecla número 8 del teclado
- En italiano, 8vb significa ottava alta y 8va significa ottava bassa

4.3. Alteraciones

Ya vimos cómo representamos las notas en el pentagrama. ¿Pero te diste cuenta que solo hemos hablado de las teclas blancas? No podemos dejar a un lado las teclas negras, ellas también merecen su lugar en el pentagrama.

En la clase 2 habíamos visto que las teclas negras son sostenidos y bemoles. Por ejemplo, el Si bemol (Bb) es la tecla negra que hay justo debajo (o a la izquierda) de una tecla de Si(B), mientras que el Fa sostenido (F#) es la tecla negra que hay justo por encima (o a la derecha) de una tecla de Fa(F).

¡Respira! pues para escribir estas notas en el pentagrama, no hay que poner líneas ni espacios adicionales. Simplemente, colocamos en las mismas líneas o espacios sus notas naturales, pero con un pequeño símbolo a la izquierda, así:



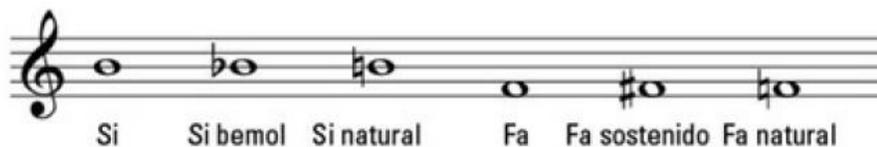
sostenido



bemol

De esta manera:

- Si bemol (Bb) se colocará en la misma línea que un Si (B), pero llevará el símbolo de bemol (b) a la izquierda.
- Fa sostenido (F#) irá en el mismo espacio que el Fa (F), pero acompañado del símbolo de sostenido.



El símbolo *becuadro* anula el efecto de la alteración y devuelve la nota a su estado natural, tal como viste en la anterior figura. Pero por si las moscas, este es el símbolo:



becuadro

Pregunta

Los sostenidos y bemoles son alteraciones a las notas ¿Cómo podríamos regresarlas a su estado natural?

- Las alteraciones van al lado izquierdo de la nota
- Con el becuadro
- Tocando dos veces la nota
- Ninguna de las anteriores

5. Lleva el compás en la lectura

Sabemos que aún no hemos tocado mucho el piano y que han sido clases teóricas. Pero no te desespere, en la clase 6 tendremos algunos ejercicios para que te animes y veas la importancia de los temas que hemos visto en todas estas lecciones.

Además, recuerda que puedes ir tocando el piano a medida que aprendes las lecciones. Eres libre de hacerlo.

Esta quinta clase estará enfocada en enseñarte un símbolo más que debemos aprender y un pequeño pero importante consejo a la hora de leer partituras.

¡Que los ánimos no se vayan! Cada vez se pone mejor, ya verás.

5.1. La barra de compás

Ya vimos las líneas horizontales del pentagrama. Pero también empleamos líneas verticales, que nos ayudan a orientarnos a lo largo de una pieza musical. Algo así como los signos de puntuación en un texto escrito. Estas barras verticales las llamamos: *barras de compás*.

Las barras de compás dividen la pieza musical en compases, que unidades más pequeñas compuestas por notas y pausas. Esto resulta muy útil para el compositor a la hora de escribir música y para el intérprete a la hora de leerla.

En la siguiente imagen vemos cómo se representan las barras de compás y los compases:



Existen varios tipos de barras de compás que nos dan indicaciones sobre la estructura de la música y sobre cuándo y dónde hacer repeticiones, además de señalar el final de la canción o melodía.

A continuación, encontrarás una breve explicación de cada tipo de barra.

- **Barra de compás simple.** Pasa al siguiente compás.
- **Doble barra.** Indica un cambio importante o de sección.
- **Barra de principio de repetición.** Señala el primer compás de la sección a repetir.
- **Barra de fin de repetición.** Indica que hay que volver al compás señalado con la barra de principio de repetición (o al principio de la partitura, si no hay barra de principio de repetición).
- **Barra de fin de música.** ¡Has llegado al final! ¡Deja de tocar!



Pregunta

¿Cuáles son los tipos de barras en un pentagrama?

- Primarias, secundarias y terciarias
- Simples, dobles, de inicio y de fin
- Simples, dobles, principio de repetición, fin de repetición y fin de música**
- Ninguna de las anteriores

5.2. No dejes de leer

Cuando estás con un libro o un cuento, los ojos leen de izquierda a derecha y cuando acaban una línea, pasan automáticamente al principio de la siguiente. De este modo, lees y lees hasta que te has acabado el capítulo o el libro (o hasta que te llaman para cenar).

Las notas de una partitura también se leen de izquierda a derecha, y del mismo modo, cuando se llega al final de una línea o de una página, se pasa al principio de la siguiente. Así hasta llegar a la barra de final (fin de la música).

La siguiente imagen nos muestra cómo debemos leer una partitura.



Muy fácil, ¿verdad? Solo debemos leer como si fuera un libro. Muy pronto serás capaz de leer todas las notas que aparecen en la anterior imagen.

Pregunta

Al igual que los libros, las partituras se leen de izquierda a derecha hasta...

- a. Encontrar un punto final
- b. Encontrar la barra de fin**
- c. Encontrar una barra de compás
- d. Encontrar una doble barra

6. En el piano entendemos mejor

¡Llegó un pequeño momento de práctica!

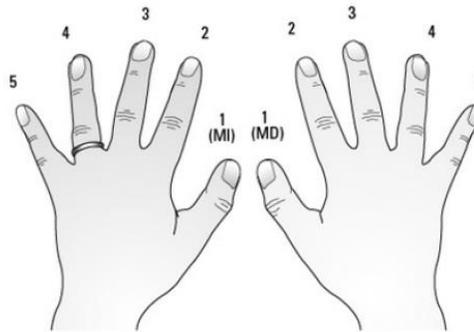
Sabemos que te hemos dado muchos conceptos nuevos, pero de nada sirve si no los ponemos en práctica ¿verdad? Es por esto, que en esta clase vamos a tocar con el piano algunos de los temas vistos anteriormente para que te animes mucho más.

Si lo prefieres, puedes repasar las anteriores clases para que tengas la mente más clara que el agua.

¡Vamos, disfruta!

6.1. Una buena digitación

En la primera clase habíamos hablado de la buena postura del cuerpo y de las manos. Además, te enseñamos cómo enumerar los dedos de ambas manos. Por si no lo recuerdas, aquí te dejamos la imagen:



No olvides esta imagen, porque el ejercicio que practicaremos lo haremos siguiendo esta numeración.

También no debes olvidar que las manos deben estar relajadas, no las pongas tensas porque podríamos lastimarnos. Recuerda que estamos haciendo algo que nos gusta jeje.



Y obviamente, no olvides sentarte correctamente. Todo esto es por tu bien y por la salud de nuestro cuerpo.



Ejercicio Práctico

Tocaremos 8 notas, empezando Do(C) y terminando en el siguiente DO(C). Pero para ello, digitaremos cada tecla de la forma adecuada y únicamente usaremos la mano derecha porque estaremos tocando en la clave de Sol.

No olvides mirar las notas en el pentagrama, así irás aprendiendo a leer allí.

Debajo de cada tecla te indicaremos con cuál dedo debes tocarla. Por ejemplo: D2 significa mano Derecha y Dedo 2.

A continuación, toca en la pantalla la tecla con el dedo correcto. Cuando ya te sientas bien, puedes practicararlo en un teclado real.

El estudiante hará un ejercicio que se indicará en la aplicación con las indicaciones anteriores.

Pregunta

Por favor toca en la pantalla la nota: Sol(G)

Trata de hacerlo con el dedo correcto de la mano derecha.

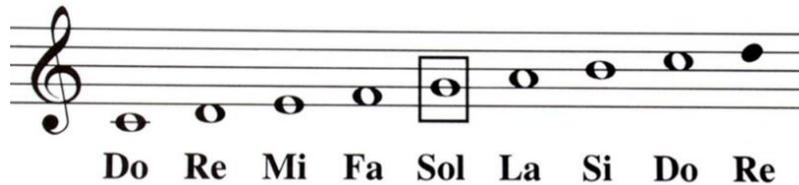
El estudiante tocará en el teclado la tecla que considera correcta.

6.2. Del pentagrama al piano

Hace algunas clases vimos algo que se llama pentagrama. Allí dibujamos y escribimos las notas que después tocaremos en el piano. ¿Lo recuerdas?

Pues te contamos que en este ejercicio aprenderás a leer notas en el pentagrama y tocarlas con el piano.

Solo para dejarte un recordis, estas son las notas del pentagrama en la clave de Sol. Cada línea y espacio tiene un nombre.



La nota resaltada es Sol(G), precisamente porque así se llama la clave en la que estamos tocando.

Intenta no olvidarlas, a continuación, las tocarás con el piano.

Ejercicio Práctico

En este ejercicio te mostraremos en el pentagrama la nota que debes tocar en el piano. Además, te indicaremos con cuál dedo es mejor tocarla. ¡Vamos que tú puedes!

No olvides aprenderte las notas tanto en el pentagrama como en el teclado.

El estudiante hará un ejercicio donde tocará diferentes notas en el teclado, mostrándole el nombre, el dedo con el que debe tocar y la representación en el pentagrama.

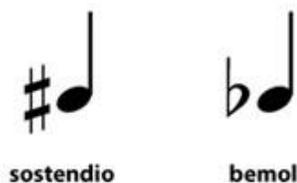
Pregunta

Por favor toca en el teclado que se presenta, la siguiente nota:

El estudiante verá una nota en el pentagrama y tratará de tocarla en el teclado de manera correcta.

6.3. Las alteraciones también suenan

En clases anteriores, vimos un tema llamado alteraciones. Si no recuerdas las alteraciones, la siguiente imagen te las refrescará:



Las alteraciones nos permiten modificar un poco las notas que ya conocemos y que vimos en los 2 ejercicios anteriores. También, las alteraciones las tocamos principalmente con las teclas negras.

Probemos con un ejemplo: toca la nota Do(C) en el teclado y luego toca la nota Do sostenido (C#).

Ejercicio Práctico

El estudiante tocará la tecla que corresponde a Do (C) y seguido a esto tocará Do sostenido (C#). Cada nota lo podrá ver representado en el pentagrama.

¿Si escuchaste que cambió un poco el sonido?

Ahora, toca la nota Re(D) y después toca Re bemol (Db):

Ejercicio Práctico

El estudiante tocará la tecla que corresponde a Re (D) y seguido a esto tocará Re bemol (Db). Cada nota lo podrá ver representado en el pentagrama.

Son dos notas que suenan distinto pero que permiten tener más sonidos a la hora de tocar una melodía. Además, te recordamos que Do sostenido (C#) y Re bemol (Db) suenan igual y se tocan igualito.

La última alteración que vimos fue el becuadro. Por si no lo recuerdas, esta es su figura:



becuadro

El becuadro nos permite tocar una nota en su estado natural, sin bemol ni sostenido. Veamos acá un ejemplo. Por favor toca Do sostenido (C#) y luego Do becuadro (C):

Ejercicio Práctico

El estudiante tocará la tecla que corresponde a Do sostenido (C#) y seguido a esto tocará Do becuadro (C). Cada nota lo podrá ver representado en el pentagrama.

Recuerda que cuando puedas, trata de practicar y escuchar estos sonidos en un piano real.

Lo importante es que sepas que cuando veas una alteración en el pentagrama y en una partitura ya sabes cuál tecla tocar.

Ahora, vamos con el ejercicio. ¡Ánimos!

Ejercicio Práctico

El estudiante tocará diferentes teclas naturales como con alteraciones (sostenidos o bemoles). Además, cada nota lo podrá ver representado en el pentagrama.

Pregunta

Por favor toca en el teclado la siguiente nota:

El estudiante tocará en el teclado que se presenta en la aplicación, la tecla que considera correcta.