DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL APRENDIZAJE DE LA INTERPRETACIÓN DE NOTAS Y ACORDES DE GUITARRA ACÚSTICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE REALIDAD AUMENTADA Y RECONOCIMIENTO DE PATRONES

ALEJANDRO DAVID PEREZ PINEDA

SEBASTIAN ENRIQUE MUÑOZ TOVAR

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

BOGOTÁ D.C

2020

Contenido

INTRODUCCIÓN 9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 10
1.1 FORMULACIÓN 10
1.2 JUSTIFICACIÓN 12
1.2.1 Porque la guitarra y su importancia 12
1.2.2 Porque una aplicación móvil con realidad aumentada 13
1.3 OBJETIVOS 15
1.3.1 Objetivo general 15
1.3.2 Objetivos específicos 15
1.4 ALCANCE 16
1.5 MARCO DE REFERENCIA 16
1.5.1 Marco conceptual 17
1.5.2 Marco teórico 19
1.6 DISEÑO METODOLÓGICO 24
2. ESTADO DEL ARTE 26
2.1 ANTECEDENTES EN EL AMBITO INTERNACIONAL 26
2.2 ANTECEDENTES EN EL AMBITO LATINOAMERICANO 32
2.3 ANTECEDENTES EN EL AMBITO NACIONAL 34
3. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS Y TECNOLOGÍAS 36
3.1 ENTREVISTAS 36
3.2 ESTUDIO COMPARATIVO 37
3.3 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES 39
3.4 REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES 40
3.5 TECNOLOGIAS QUE SE UTILIZARAN 41
4. DISEÑO DE LA APLICACIÓN 44
4.1 DIAGRAMA DE ARQUITECTURA 44
4.2 DIAGRAMA DE CASOS DE USO 44
4.3 DIAGRAMA DE SECUENCIA 46
4.4 DIAGRAMA DE CLASES 46
4.5 DIAGRAMA ENTIDAD RELACIÓN 48
4.6 DIAGRAMA DE DESPLIEGUE 48

4.7 DISEÑO DE VENTANAS 49
5. IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN 51
5.1 CLASIFICACIÓN DE NOTAS Y ACORDES 51
5.2 MODELADO NOTAS Y ACORDES 53
5.3 ENTRENAMIENTO DEL ALGORITMO 54
5.4 CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR 56
5.4.1 Servidor de reconocimiento de notas 56
5.4.2 Servidor de base de datos 58
5.5 CREACIÓN REALIDAD AUMENTADA 60
5.6 CREACIÓN DE LA APLICACIÓN 63
6. PRUEBAS 66
6.1 PRUEBAS DE DESARROLLO 66
6.2 CASOS DE PRUEBA 68
6.3 PRUEBAS A USUARIOS 70
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 77
ANEXOS 85

Índice de tablas

Tabla 1. Academias de guitarra de Bogotá 10
Tabla 2. Academias de guitarra en línea 11
Tabla 3 Sprint semanales 25
Tabla 4. Estudio Comparativo parte 1 38
Tabla 5. Estudio Comparativo parte 2 39
Tabla 6. Requerimientos Funcionales 39
Tabla 7. Requerimientos no funcionales 40
Tabla 8. Tecnologías Realidad Aumentada 41
Tabla 9. Tecnologías Modelado 3D 42
Tabla 10. Tecnologías para reconocimiento de patrones 42
Tabla 11. Tiempo respuesta del servidor 68
Tabla 12. Casos de prueba 69
Tabla 13. Evaluación de aspectos de la aplicación 76

Índice de imágenes

Imagen 1. Pruebas con realidad aumentada 71
Imagen 2. Pruebas de navegación 71

Índice de gráficos

Gráfico 1. Comparativo de Yolov4 contra otras redes de detección de objetos 43
Gráfico 2. Encuesta pregunta uno 72
Gráfico 3. Encuesta pregunta dos 73
Gráfico 4. Encuesta pregunta tres 73
Gráfico 5. Encuesta pregunta cuatro 74
Gráfico 6. Encuesta pregunta cinco 74
Gráfico 7. Encuesta pregunta seis 75

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de arquitectura 44
Figura 2. Diagrama de casos de uso 45
Figura 3. Diagrama de secuencia 46
Figura 4. Diagrama de clases 47
Figura 5. Diagrama entidad relación 48
Figura 6. Diagrama de despliegue 49
Figura 7. Mapa de navegación 50
Figura 8. Labellmg 51
Figura 9. Lista de notas 52
Figura 10. Ejemplo archivo Yolov4 53
Figura 11. Do mayor en Blender 54
Figura 12. Flujo de una red neuronal convolucional. 55
Figura 13. Método de ordenamiento 56
Figura 14. Resultado de la configuración 57
Figura 15. ejemplo del método post. 58
Figura 16. Ejemplo conexión mediante Unity. 59
Figura 17. Ejemplo conexión php 60
Figura 18. Configuración target 61
Figura 19. Modelos silueta unity 62
Figura 20. Proceso realidad aumentada 63
Figura 21. Ventana Login Unity 64
Figura 22. Ventana de animación 64
Figura 23. Comunicación del servidor 65
Figura 24. Ambiente simulado de código 67

Índice de Anexos

Anexo 1. Especificación requerimientos funcionales 85
Anexo 2. Especificación requerimientos no funcionales 91
Anexo 3. Especificación casos de uso 92
Anexo 4. Entrevistas 99
Anexo 5. Casos de prueba 103

INTRODUCCIÓN

En el siguiente documento se expondrá las razones por la cual se genera el proceso de creación de una aplicación móvil para el aprendizaje de notas y acordes en la guitarra acústica con el uso de realidad aumentada y reconocimiento de patrones demostrando como es su proceso de elaboración y funcionamiento corroborado por medio de diferentes pruebas. Se abordan diferentes investigaciones para sustentar la necesidad de ofrecer una alternativa de aprendizaje para las personas que deseen interpretar el instrumento sin tener que acercarse a una academia de música o buscar de manera individual información que pueda generar dificultades en el aprendizaje o en el peor de los casos la deserción.

El documento está estructurado en 7 capítulos los que componen el desarrollo de los objetivos propuestos para el proyecto, el primer capítulo se centró en el planteamiento y justificación de la problemática central del proyecto argumentando y dando soporte al alcance propuesto, el segundo capítulo presenta una contextualización a nivel mundial, Latinoamérica y nacional sobre diferentes aspectos relacionados al proyecto, el tercer capitulo muestra el proceso investigativo para determinar los requerimientos funcionales y no funcionales del proyecto, el cuarto capitulo presenta la arquitectura y diseño de la aplicación, el quinto capitulo presenta como fue la creación e integración de los diferentes módulos que componen el proyecto, el sexto capitulo muestra los resultados obtenidos con las pruebas realizadas a la aplicación, de manera interna y con una muestra de usuarios finales, por ultimo se muestran las conclusiones del proyecto.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el siguiente capítulo se presenta las bases que fundamentan el desarrollo de la aplicación móvil, donde se realiza una investigación del porque se debe de desarrollar este proyecto para ayudar a solucionar diferentes problemáticas con las que se encuentran las personas al intentar realizar su proceso de aprendizaje de cómo interpretar la guitarra.

1.1 FORMULACIÓN

Las personas cuando desean aprender a tocar la guitarra se enfrentan con diferentes dificultades, por ejemplo, no saber cómo empezar su proceso de aprendizaje, no poseer los recursos monetarios para acudir a una academia ya que los precios pueden oscilar entre $150.000 hasta más de $2.000.000 dependiendo de la calidad de la academia o si el estudiante tiene ya conocimientos acerca del instrumento para escalar más rápido en los ciclos, o simplemente no tener el tiempo necesario para acudir a una jornada establecida y estudiar con una intensidad tan alta que ofrecen estas academias, En la siguiente tabla presentamos una recolección de datos que muestra los precios y duración de diferentes academias en Bogotá que da veracidad que estos cursos demandan un alto compromiso y tienen un alto precio para su inscripción.

Tabla 1. Academias de guitarra de Bogotá

Nombre de la academia	Duración	Precio	Intensidad	Jornada
Fernando Sor	6 semestres	$1’600.000	18-20 horas semanales	Diurna Nocturna
Rodrigo Leal	Ciclos de 3 meses	$1’200.000	170 horas académicas	Diurna
Artes Guerrero	4 ciclos	$1’340.000	16 semanas por ciclo	Diurna Nocturna
Unimusica	Ciclos de 5 semanas	$675.000	5 horas semanales	Diurna

Fuente: Autores.

En la siguiente tabla se encuentra la información de diferentes academias y cursos que ofrecen clases virtuales:

Tabla 2. Academias de guitarra en línea

Nombre de la academia	Precio	Clases en vivo	Clases en Video-Cursos	Supervisión
TuTempo	$1.400.000	32	32	12 meses
Masterclass	$705.690	0	16	4h
Udemy	$192.104	0	23	6.5h
Pentagrama	$1.940.647	0	52	-

Fuente: Autores.

Hay casos más específicos donde inclusive la persona puede sentirse intimidada, avergonzada de tener un tutor, sentir la presión de otros estudiantes debido a los distintos ritmos de aprendizaje o que tengan alguna dificultad de aprendizaje bien sea motriz o cognitiva, esto puede llegar a causar malos comentarios que se generen en el aula que pueden afectar por parte de otros estudiantes, entrando al llamado Bullying que "es una conducta que afecta adversamente el ámbito escolar, donde la motivación se ve afectada ya que repercute en la autoestima de los estudiantes y en su desempeño académico."[1] Además de que "en muchas ocasiones los estudiantes se ven afectados tanto por sus pares como por sus maestros, que no entienden la magnitud del problema"[2] causando que se vea afectado su proceso formativo o en el peor de los casos la deserción. Casos como estos son a lo que se enfrentan los estudiantes para cumplir su aprendizaje.

A partir de estos problemas muchas personas acuden a aprender de manera individual buscando por diferentes medios, encontrándose con información que pueda ser difícil de procesar; como son las notas musicales o el cifrado americano,

[1] Janice, Dávila. Dolores, María. Perez, Álvaro. Influencia del "Bullying" y el "Cyberbullying" en la motivación de los estudiantes de secundaria y su efecto en el rendimiento académico. España: Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento, 2017. p. 222.

[2] Janice, Dávila. Dolores, María. Perez, Álvaro. Influencia del "Bullying" y el "Cyberbullying" en la motivación de los estudiantes de secundaria y su efecto en el rendimiento académico. España: Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento, 2017. p. 223.

las partes de la guitarra (la caja, el mástil, los trastes, la enumeración de las cuerdas), la posición de las manos y como se lee correctamente una partitura. Haciendo que la persona pueda sentirse desmotivada producto de toda la información y perder el deseo de aprender a tocar el instrumento.

Por ende, ¿Una aplicación móvil con realidad aumentada sería una alternativa viable para las personas que deseen empezar su proceso de aprendizaje para la interpretación de la guitarra? Ayudaría a resolver las problemáticas planteadas con las que se enfrentan de una manera didáctica, interactiva y sencilla como se lo ofrecería una academia de música, asegurando así que no solo haya un aprendizaje en como tocar el instrumento, sino también en la correcta interpretación y apropiación de los conocimientos sin perder su intención, motivación u objetivo con la guitarra.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En este numeral explicamos el porqué de la construcción de esta aplicación y que aportaría a las personas, solucionando las problemáticas establecidas en la formulación. Separándolo en dos aspectos que componen el desarrollo del proyecto, porque enfocarse en la guitarra y el uso de la realidad aumentada como herramienta de aprendizaje.

1.2.1 Porque la guitarra y su importancia

“Interpretar la guitarra puede ser una experiencia profundamente satisfactoria, así como también una frustrante experiencia. El proceso entero nos puede enseñar muchas cosas, no sólo acerca de la música, sino también acerca de la vida. Por ejemplo, interpretar la guitarra nos ha enseñado los valores de la paciencia, de la persistencia y del equilibrio, que efectivamente se traduce en la búsqueda de nuestra vida. Aprender a interpretar la guitarra ha enriquecido también nuestra vida social.”[3]

---

[3] Risteski, Ice. Una filosofía nueva de guitarra. Canadá: SciELO, 2006. p.216.

Decidimos enfocarnos en este instrumento debido a su popularidad e importancia en la música, además de ser una de las primeras herramientas en los colegios donde se imparte la asignatura de música para generar un gusto hacia esta actividad, debido a que "se ha encontrado la cercana relación de la música con otras competencias intelectuales lo que permite concluir que entre más temprano se establezca un contacto serio con la música, mayor oportunidad se tiene que a través de su práctica se fortalezcan otras dimensiones del ser humano" [4] estas dimensiones mencionadas hacen referencia al desarrollo del sentido del equilibrio, la capacidad artística y la motriz, que es de vital importancia, generar el progreso de estas en las mentes jóvenes, proporcionándoles competencias que le servirán a lo largo de su vida.

Cuando al estudiante se le está enseñando el instrumento pueden presentarse dos situaciones diferentes, donde se despierta un gusto por la música y el instrumento y otro que al contrario se aleja de la música por la complejidad que puede presentar la interpretación del instrumento, esto comúnmente en edades tempranas es debido a como colocar los dedos correctamente sobre la guitarra, si no está presente el profesor o instructor para corregir, generara así inconvenientes en el aprendizaje.

En edades más adultas cuando una persona desea aprender a tocar el instrumento puede que no disponga del tiempo necesario o los recursos que le permitan adquirir una buena enseñanza, y las alternativas para un aprendizaje autónomo no siempre se adecúan a las necesidades que este requiere o no se sienta cómodo con esta forma de enseñanza.

1.2.2 Porque una aplicación móvil con realidad aumentada

El uso de los dispositivos móviles ha tenido un crecimiento exponencial a lo largo de los últimos años, posicionándose así, como una de las

[4] Casas, María. ¿Por qué los niños deben aprender música? Colombia: Colombia médica, vol. 32, núm. 4, 2001

herramientas comúnmente más utilizadas en la vida diaria de las personas, “tienen la característica de mantenerte conectado al mundo virtual, impulsar la creatividad, aligerar el trabajo, estar comunicado, aportan entretenimiento y simplifican sobre todo el acceso a la información.” [5] En la actualidad existe una amplia gama de aplicaciones que puede suplir casi cualquier necesidad que requiera una persona, esto debido a las diferentes características y funciones que ofrecen, empleando distintas tecnologías para un mejor alcance. Por ende, se ha decidido desarrollar el aplicativo en estos dispositivos, permitiendo facilitar el uso a las personas y abarcar un público más amplio.

La educación mediante medios lúdicos ayuda y fomenta un mayor aprendizaje, ahora con la revolución TIC esta forma de impartir conocimiento se ha venido potenciando, donde se pueden encontrar diferentes medios lúdicos para facilitar la enseñanza “las TIC solo son los medios o recursos que facilitarán y mediarán el acceso al conocimiento.” [6] Creado diferentes tecnologías o transformando y aplicando las que ya existen; la realidad aumentada es una de estas tecnologías que al momento de su implementación para impartir algún conocimiento trae diferentes beneficios, “su versatilidad, transversalidad y fácil manejo, hacen que el usuario se sienta cómodo durante el proceso de aprendizaje” [7] además, que la apropiación de los conocimientos por medios lúdicos e interactivos motivan más a los estudiantes, garantizan una mejor apropiación de los conocimientos a la vez que se desarrollan otras competencias como la imaginación, la creatividad, las habilidades motrices y mejor percepción de espacios y figuras.

---

[5] Cárdenas, Irma. Cáceres, Maritza. Las generaciones digitales y las aplicaciones móviles como refuerzo educativo. REMCA. p. 27

[6] Cueva, Jorge. García, Arelys. Martínez, Oscar. El conectivismo y las TIC: Un paradigma que impacta el proceso enseñanza aprendizaje. INDTEC, C.A 2019. p. 211

[7] De la hora, Iban. Realidad Aumentada, una revolución educativa. Edmetic, 2017. p.22

De acuerdo con todo lo anterior, el proyecto desarrollará una herramienta que permita brindar una alternativa a las personas que desean empezar a aprender los conocimientos básicos de la guitarra acústica y como interpretar el instrumento de manera individual sin tener que dirigirse a una academia o buscar información por su parte. Se plantea construir una aplicación móvil que lea una partitura y proyecte un avatar (mano animada) en tiempo real por medio de tecnología de realidad aumentada sobre el brazo de la guitarra del usuario, mostrando la forma adecuada en que la persona debe ubicar los dedos para mejorar o aprender la técnica a la hora de tocar la determinada nota. De esta manera poder adquirir el conocimiento básico de la interpretación del instrumento.

1.3 OBJETIVOS

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos del presente proyecto.

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar una aplicación móvil para el aprendizaje de la interpretación de notas y acordes de guitarra acústica utilizando tecnología de realidad aumentada y reconocimiento de patrones.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer las características y requerimientos funcionales de la aplicación por medio de entrevistas y de un estudio comparativo de aplicaciones en el mercado identificando las tecnologías y herramientas necesarias en la construcción de la aplicación.
- Diseñar la aplicación móvil incluyendo su arquitectura, vistas, interfaces y módulos de interacción con el usuario.
- Realizar el aplicativo móvil con realidad aumentada y reconocimiento de patrones usando las tecnologías y herramientas identificadas.
- Diseñar y ejecutar un protocolo de pruebas para validar el correcto funcionamiento de la aplicación.

1.4 ALCANCE

El proyecto se centra en el desarrollo de una aplicación móvil para dispositivos con sistema operativo Android, para el aprendizaje de la interpretación y posición de las diferentes notas y acordes musicales en la guitarra acústica enfocado a un nivel básico.

El proyecto contara con la opción de cargar una partitura de guitarra en formato de imagen digital “JPEG”, la cual debe ser melódica, es decir que cuente con notas simples y acordes principales, a partir de la cual se extraen las notas presentes por medio de análisis de patrones. Una vez identificadas las notas de la partitura se proyectará en la pantalla del dispositivo un modelo 3D de la mano o avatar sobre la guitarra mediante el uso de tecnología de realidad aumentada permitiéndole visualizar las notas extraídas y como interpretarlas en la guitarra, beneficiando así a los usuarios que deseen aprender de una forma alternativa e interactiva.

LIMITACIONES

- El servidor de notas esta planeado para funcionar en una maquina virtual en la nube, pero por motivos de precio de este servicio, se construye el servidor en una maquina local. Permitiendo visualizar su uso y función desde una red local.
- Por políticas de privacidad la función de cámara delantera quedo deshabilitada, para usar correctamente la aplicación se debe transmitir la pantalla con algún dispositivo, y de esta forma usar la cámara posterior.

1.5 MARCO DE REFERENCIA

Para contextualizar de diferentes aspectos al lector se desarrolla un marco de referencia que está compuesto de un marco conceptual que presenta diferentes metodologías de investigación, desarrollo de proyectos móviles y cuál es la óptima para la aplicación, por otra parte, se elabora un marco teórico con diferentes conceptos para dar a entender términos referentes al proyecto.

1.5.1 Marco conceptual

El marco conceptual está construido para exponer las diferentes metodologías existentes acerca de la investigación y el desarrollo de aplicaciones móviles para explicar de cómo estas están compuestas.

Metodología de la investigación

- Metodología cualitativa

Según un artículo publicado en la universidad de Jaén, España. La metodología cualitativa se puede describir cómo "investigaciones centradas en los sujetos, que adoptan la perspectiva emic o del interior del fenómeno a estudiar de manera integral o completa. El proceso de indagación es inductivo y el investigador interactúa con los participantes y con los datos, busca respuestas a preguntas que se centran en la experiencia social, cómo se crea y cómo da significado a la vida humana." [8] entonces podemos resumir el significado como "identificar la naturaleza profunda de las realidades, su sistema de relaciones, su estructura dinámica." [9] Esta metodología se desarrolla por investigadores cualitativos que "hacen registros narrativos de los fenómenos que son estudiados mediante técnicas como la observación participante y las entrevistas no estructuradas" [10]

- Metodología cuantitativa

El autor Fernández Pita de la unidad de clínica y bioestadística en España que realiza una comparación entre la metodología cualitativa y cuantitativa provee la siguiente definición de la metodología cuantitativa decidiendo que esta "trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados a través de una muestra para hacer inferencia a una población de la cual toda muestra procede" [11] esta metodología se apoya en "el uso

---

[8] metodología Cualitativa. Universidad de Jaén, España. p. 1.

[9] Fernández, Pita. Pertegas, S. investigación cuantitativa y cualitativa. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complexo Hospitalario-Universitario Juan Canalejo. España 2002. p. 1

[10] Abdellah, Faye. Levine, Eugene. Preparing Nursing Research for the 21 st Century. Evolution. Methodologies. Springer Publishing Company. 1994.

[11] Fernández, Pita. Pertegas, S. investigación cuantitativa y cualitativa. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complexo Hospitalario-Universitario Juan Canalejo. España 2002. p. 1

de técnicas estadísticas para conocer ciertos aspectos de interés sobre la población que se está estudiando." [12]

Metodologías para el desarrollo móvil

Hay diferentes metodologías que sirven para el desarrollo o formar la estructura de trabajo para la creación de una aplicación móvil. A continuación, se presentan las diferentes metodologías.

- Metodología de cascada

"Se caracteriza por que todas las fases se realizan de forma secuencial, es decir, que las etapas se llevan a cabo una después de la otra, pero eso sí, cada etapa tiene que estar finalizada antes de comenzar la siguiente." [13] Aunque sea una metodología muy utilizada, presenta dificultades cuando no se cuenta con demasiado tiempo para el proyecto a realizar, por su metodología basada en fases secuenciales, si se quisiera adelantar trabaja de una fase futura o devolverse a una fase anterior esto iría en contra de esta metodología.

- Metodología scrum

"Scrum al ser una metodología de desarrollo ágil tiene como base la idea de creación de ciclos breves para el desarrollo, que comúnmente se llaman iteraciones y que en Scrum se llamaran 'Sprints'." [14] Una metodología que se ha venido popularizando en los últimos años para el desarrollo de proyectos, debido a que se acopla a las necesidades tanto de clientes como de desarrolladores y mantiene una relación constante entre ambas partes, evitando así en gran medida malentendidos al momento de entregar el producto final.

---

[12] Gonzales, Hueso. Cascant, Andrés. Josep, María. metodología y técnicas cuantitativas de investigación. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. España 2012. p.1

[13] Trigas, Manuel. metodología Scrum. gestión de proyectos informáticos. Cataluña 2012. p. 15.

[14] Trigas, Manuel. metodología Scrum. gestión de proyectos informáticos. Cataluña 2012. p. 33.

- Metodología Mobile D

"Los autores de Mobile-D apuntan a la necesidad de disponer de un ciclo de desarrollo muy rápido para equipos muy pequeños. De acuerdo con sus suposiciones, Mobile-D está pensado para grupos de no más de 10 desarrolladores colaborando en un mismo espacio físico." [15] Una metodología que presenta grandes resultados cuando se dispone de poco recurso de tiempo, pero en el proceso se pueden presentar diferentes problemas por ser un trabajo tan agobiante para sus desarrolladores.

1.5.2 Marco teórico

Se presenta la definición de diferentes términos que están relacionados con el proyecto para fundamentar sus bases y aspectos claves.

Guitarra

"Instrumento musical de cuerda compuesto por una caja de resonancia en forma d e ocho, un mástil largo con trastes, y cuerdas, generalmente seis, que se hacen sonar con los dedos."[16] Aunque la guitarra es un instrumento mundialmente conocido no se tiene presente una fecha clara de creación, ya que ha estado presente a lo largo de la historia en diferentes culturas, evolucionando desde la lira hasta la guitarra que hoy mismo conocemos. De esta misma forma el instrumento se ha distribuido en diferentes tipos.

---

[15] Blanco, Paco. Camarero, Julio. Fumero, Antonio. Werterski, Adam. Rodríguez, Pedro. Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles Introducción al desarrollo con Android y el iPhone. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid 2009. p. 13

[16] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la lengua española*, 23.ª ed., [versión 23.3 en línea].

Tipos de guitarra

- Guitarra acústica

Esta guitarra se puede encontrar con cuerdas de acero o nylon, dependiendo del sonido que se quiera transmitir. Se denomina acústica para diferenciarla de la guitarra eléctrica y que no necesita un amplificador para transmitir el sonido.

- Guitarra clásica

Esta guitarra también llamada como la guitarra española, no tiene los trastes marcados en su mástil, tiene cuerdas de nylon y se elabora con maderas finas para su caja de resonancia.

- Guitarra electroacústica

Esta guitarra está más elaborada ya que posee en su caja dispositivos como micrófonos y una entrada para conectarla a un amplificador y así simular el sonido de una guitarra eléctrica, esta guitarra también se llama guitarra electrificada.

- Guitarra eléctrica

Estas guitarras tienen transductores que permiten a través de las vibraciones de las cuerdas (mayormente de acero) convertirlas en señales eléctricas que posteriormente se adecuan y amplifican para convertirlas en sonido, estas guitarras tienen tres tipos de cuerpo: solido, hueco y semisólido.

- Guitarra flamenca

Es muy parecida a la guitarra clásica, pero distinguiéndose de que esta es más pequeña. Debido a su tamaño en la caja y diferente tipo de madera la guitarra flamenca proyecta un sonido más percusivo, pero mucho más brillante.

- Guitarra rusa

Esta guitarra también llamada balalaica es un instrumento que nace en Rusia en el siglo XVII, creado para acompañar la música folclórica del país, la balaica mayormente posee una forma triangular en la caja, existen diferentes versiones de esta guitarra variando el número de cuerdas.

- Guitarra renacentista

Popularmente conocida como la vihuela. Esta guitara fue la antecesora a la actual, se puede diferenciar claramente ya que es mucho más pequeña, con menos trastes, produce un sonido más bajo y la caja es más delgada y plana.

Aplicación móvil

"Las aplicaciones móviles son aquellas que fueron desarrolladas para ejecutarse en dispositivos móviles. El término móvil se refiere a poder acceder a los datos, las aplicaciones y los dispositivos desde cualquier lugar." [17] Hoy en día las aplicaciones móviles han venido creciendo a tal punto que son consideradas herramientas de vital importancia.

Tipos de aplicaciones

Aunque no existe una fecha de creación exacta en las aplicaciones móviles, a partir de su desarrollo se han separado en tres categorías.

- Aplicaciones web

"Las aplicaciones web para móviles son diseñadas para ser ejecutadas en el navegador del dispositivo móvil. Estas aplicaciones son desarrolladas utilizando HTML, CSS y JavaScript, es decir, la misma tecnología que la utilizada para crear sitios web." [18]

- Aplicaciones nativas

"Las aplicaciones nativas son aquellas que se conciben para ejecutarse en una plataforma específica, es decir, se debe considerar el tipo de dispositivo, el sistema operativo a utilizar y su versión." [19]

---

[17] Enríquez, Juan. Casas, Sandra. Usabilidad en aplicaciones móviles. ICT-UNPA. Patagonia Astral 2013. p.26.
[18] Delia, L. Galdámez, Nicolás. Thomas, P. Pesado, Patricia. Un Análisis Experimental de Tipo de Aplicaciones para Dispositivos Móviles. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. p. 767.
[19] Delia, L. Galdámez, Nicolás. Thomas, P. Pesado, Patricia. Un Análisis Experimental de Tipo de Aplicaciones para Dispositivos Móviles. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. p. 768.

- Aplicaciones hibridas

"Las aplicaciones híbridas combinan lo mejor de los dos tipos de aplicaciones anteriores. Se utilizan tecnologías multiplataforma como HTML, JavaScript y CSS, pero se puede acceder a buena parte de las capacidades específicas de los dispositivos." [20]

Realidad aumentada

Los autores Schmalstieg y Höllerer en su libro "Augmented Reality" definen que "tiene como objetivo presentar información que está directamente registrada en el entorno físico. RA va más allá de la informática móvil, ya que cierra la brecha entre mundo virtual y mundo real, tanto espacial como cognitivamente. Con RA, la información digital parece formar parte del mundo real, al menos en la percepción del usuario."[21] Esta tecnología principalmente se basa en que "superpone a una imagen real obtenida a través de una pantalla imágenes, modelos 3D u otro tipo de informaciones generados por ordenador."[22] Por medio de esta podemos combinar las dos realidades o sobreponerlas permitiendo así ampliar la concepción de la vista humana.

Ventajas de la realidad aumentada

"La tecnología de RA ayudará al proceso de aprendizaje de los alumnos debido entre otras razones al alto grado de interacción que proporciona. Esta forma de enseñanza es el conocido como enfoque «aprender haciendo» (learning through activity o learning by doing) también conocido como aprendizaje activo (basado en actividades, proyectos, etc.) y «aprender jugando»

[20] Delia, L. Galdámez, Nicolás. Thomas, P. Pesado, Patricia. Un Análisis Experimental de Tipo de Aplicaciones para Dispositivos Móviles. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. p. 768.
[21] Schmalstieg, D. Höllerer, T. Augmented Reality: principles and practice. Addison-Wesley 2016. p.3
[22] Espinosa, C. REALIDAD AUMENTADA Y EDUCACIÓN: ANÁLISIS DEEXPERIENCIAS PRÁCTICAS. Revista de Medios y Educación. España 2015. p. 188.

(learning through play)”[23] Esta puede ser fácilmente adaptada a cualquier campo de investigación, por las posibilidades que nos ofrece. Además, esta tecnología ayuda con el aprendizaje, de la percepción de formas y figuras.

Redes neuronales artificiales

“Se trata de reproducir el esquema neuronal, tanto en sus unidades de proceso (neuronas), como en sus conexiones y modo de establecerlas”[24] tratándose mayormente en la construcción de un conjunto de nodos conectados entre sí transmitiéndose unos datos de entrada que posteriormente se someten a un proceso de transformación y dan como resultado unos valores de salida.

Algoritmo

“Los algoritmos son una herramienta que permite describir claramente un conjunto finito de instrucciones, ordenadas secuencialmente y libres de ambigüedad, que debe llevar a cabo un computador para lograr un resultado previsible.”[25] Los algoritmos son creados para realizar alguna tarea o proceso que soluciona alguna actividad.

Red neuronal convolucional

> “Las redes neuronales convolucionales (CNN, por sus siglas en inglés) son una de las redes neuronales profundas más populares y conocidas. Son consideradas un caso particular de las redes neuronales de aprendizaje profundo y surgieron en los años 90 (Peña, Bonet, Manzur, Góngora, & Caraffini,

[23] Espinosa, C. REALIDAD AUMENTADA Y EDUCACIÓN: ANÁLISIS DEEXPERIENCIAS PRÁCTICAS. Revista de Medios y Educación. España 2015. p. 192.

[24] Pino, R. Introducción a la inteligencia artificial: sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva. Universidad de Oviedo. P. 26.

[25] Lopez, J. Algoritmos y programación (guía para docentes). Fundación Gabriel Piedrahita Uribe. Colombia. 2009. P. 21

2019) … se emplean principalmente para la identificación y clasificación de características en imágenes, sonidos, videos y texto.” [26]

Las redes convolucionales son una red multicapa que sirve para reconocer diferentes patrones, estas capas realizan operaciones de convolución en una matriz de pixeles de la imagen de entrada para aprender las características principales que se desee reconocer.

1.6 DISEÑO METODOLÓGICO

El planteamiento metodológico para el desarrollo de este proyecto se basa en el enfoque investigativo de corte cualitativo, como se describe en el marco conceptual, esta herramienta es óptima y viable para el levantamiento de la información necesaria, ya que hace referencia a elementos fundamentales de la investigación que sirven como soporte en el ejercicio de estudio.

Mediante esta metodología de investigación se hará un estudio acerca de las aplicaciones y tecnologías que se encuentran en el mercado actualmente, que sean pertinentes, en cuanto a su observación, estudio y a su vez determinen los atributos, funciones y requerimientos funcionales para el aplicativo buscando que el proyecto tenga un enfoque y objetivo más claro obteniendo valor en el desarrollo de la aplicación.

Este estudio permitirá cumplir el primer objetivo propuesto en el proyecto, según la información obtenida dará la estructura para construir de forma óptima el segundo y tercer objetivo.

El método investigativo por emplear que permita comparar y determinar que atributos son los importantes, es el estudio de Benchmarking competitivo ya que es una herramienta altamente utilizada para comparar en el mercado entre

[26] Rios, C. Comparación y uso de modelos de redes neuronales convolucionales aplicado al desarrollo de tecnología asistiva para identificación de productos. Universidad de especialidades espíritu santo. Samborondón, 2020. P. 17

los competidores, y determinar mejoras en la calidad del proyecto gracias a sus cuatro fases de desarrollo: planear, hacer, verificar y actuar.

Debido a los cambios estimados para desarrollo del proyecto relacionados con la pandemia del Covid-19 con relación a visitas entidades o instituciones educativas, se hace necesario buscar un método que permita entregar un producto de calidad y que además garantice el desarrollo del proyecto y de sus actividades aprovechando el 100% de los recursos disponibles.

Por su parte la metodología ágil (SCRUM) enfocada en el desarrollo de aplicaciones móviles revisada en el marco conceptual será el soporte para la organización de las actividades propuestas. Esta al consistir en entregas de tareas semanales y diarias llamadas Sprint, permiten un trabajo organizado y fluido permitiendo terminar a cabalidad los objetivos específicos dos y tres. En la siguiente tabla se presenta los Sprint con las entregas o actividades que se deberán realizar durante el proceso de creación de la aplicación.

Tabla 3 Sprint semanales

		Septiembre					Octubre			
OBJETIVOS		1sem 30-05	2sem 6-12	3 sem 13-19	4 sem 20-26	5 sem 27-03	6 sem 04-10	7 sem 11-17	8 sem 18-24	9 sem 25-30
• Establecer las características y requerimientos funcionales de la aplicación por medio de entrevistas y de un estudio comparativo de aplicaciones en el mercado identificando las tecnologías y herramientas necesarias en la construcción de la aplicación.	Identificar los requerimientos funcionales y atributos (tanto del cliente como técnicos)									
	Esquematizar los diagramas (UML, componentes, etc.)									
	Definir lenguajes de programación, framework, librerías, tecnologías que se utilizaran									
• Diseñar la aplicación móvil incluyendo su arquitectura, vistas, interfaces y módulos de interacción con el usuario.	Clasificar notas y acordes									
	Diseñar la arquitectura de la aplicación									
	Entrenamiento del algoritmo de reconocimiento									
• Realizar el aplicativo móvil con realidad aumentada y reconocimiento de patrones usando las tecnologías y herramientas identificadas.	Codificar la aplicación									
	Implementar la arquitectura de la aplicación									
	Integración módulos de la aplicación									
• Diseñar y ejecutar un protocolo de pruebas para validar el correcto funcionamiento de la aplicación.	Poner a prueba la aplicación (Componentes, funciones, métodos)									
	Poner a prueba el servidor (Latencia, Capacidad, Velocidad de respuesta)									
	Resolver errores encontrados en las pruebas									
	Encuestar al usuario para ver su nivel de satisfacción									

Fuente: Los Autores

2. ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se presentan antecedentes como investigaciones científicas y aplicaciones que tratan el tema de enseñanza musical, enseñanza de la guitarra o que cuenten con funciones de realidad aumentada, en el ámbito mundial, latinoamericano y nacional, para conocer y dar contexto a la investigación desarrollada.

2.1 ANTECEDENTES EN EL AMBITO INTERNACIONAL

En primera instancia esta investigación busca contextualizar sobre diferentes elementos referentes a realidad aumentada encontrando que ha sido una tecnología que en los últimos años cada vez toma más importancia a nivel internacional y se ha venido utilizando en diferentes campos, para la enseñanza, el entretenimiento o solo para facilitar la visualización de algún modelo 3D.

Como se observa en el trabajo "Visualizing 3D Molecular Structures Using an Augmented Reality App" desarrollado en abril del 2020, cuyo objetivo es "presentar un sencillo procedimiento para realizar una aplicación de realidad aumentada para visualizar cualquier modelo químico 3D"[27] con esto se pretende que los químicos que deseen utilizar esta herramienta puedan crear sus propias aplicaciones móviles para "visualizar problemas estereoquímicas simples, al presentar una estructura 3D compleja en una presentación de póster o incluso en presentaciones audiovisuales"[28] alternativa bastante útil para los químicos, profesores o estudiantes, ya que los modelos químicos pueden presentar cierta complejidad de entendimiento al ser presentados en 2D.

Por otra parte, el trabajo "Human Anatomy Learning Systems Using Augmented Reality on Mobile Application" desarrollada en 2018 nos muestra otra alternativa de

[27] ERIKSEN, k. NIELSEN, b. PITTELKOW, m. Visualizing 3D Molecular Structures Using an Augmented Reality App. En: Journal of Chemical Education 2020. Vol. 97, No (abr, 2020); Pág. 1487

[28] ERIKSEN, k. NIELSEN, b. PITTELKOW, m. Visualizing 3D Molecular Structures Using an Augmented Reality App. En: Journal of Chemical Education 2020. Vol. 97, No (abr, 2020); Pág. 1488

las posibilidades que nos ofrece la realidad aumentada. En este caso se implementó un método alternativo para la enseñanza de la anatomía humana en estudiantes de secundaria y universidad, utilizando modelos 3D de órganos y partes del cuerpo para posteriormente ser visualizados con realidad aumentada, encontrando que "el sistema de aprendizaje de anatomía humana con visualización interactiva de realidad aumentada ayuda a los estudiantes a aprender anatomía humana más fácilmente."[29] Además de "proporcionar visualización de materiales de aprendizaje a los estudiantes y crear un mayor interés en el aprendizaje de temas de anatomía."[30]

Otros trabajos como "Augmented Reality for Learning Mathematics" de la Universidad de Malaysia Sarawak (UNIMAS) publicado este año, donde se utiliza la realidad aumentada para la enseñanza de matemáticas o el trabajo "Uso de la Realidad Aumentada como Recurso Didáctico en la Enseñanza Universitaria" de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla (España) publicado en el año 2017, donde se utilizó un grupo de 117 estudiantes repartidos en dos asignaturas a los cuales se le impartieron clases con actividades utilizando realidad aumentada mostrando que "la utilización de objetos con base en la tecnología aumentada en la educación superior, despierta verdadero interés entre los estudiantes"[31] y también "posibilita una mayor reflexión e incrementa la actitud positiva y los procesos cognitivos aplicados a los contenidos"[32], reafirman la idea de que esta tecnología tiene un sin número de aplicaciones y solo está limitada por la creatividad de la persona cuyo objetivo sea utilizar esta herramienta para impartir algún conocimiento.

---

[29] KURNISWAN, m. SUHARJITO. DIANA. WITJAKSONO, g. Human Anatomy Learning Systems Using Augmented Reality on Mobile Application. En: Procedia Computer Science. Vol. 135 No. (Aug, 2018); Pág. 80

[30] KURNISWAN, m. SUHARJITO. DIANA. WITJAKSONO, g. Human Anatomy Learning Systems Using Augmented Reality on Mobile Application. En: Procedia Computer Science. Vol. 135 No. (Aug, 2018); Pág. 87

[31] CABERO, j. Vázquez, e. López, e. Uso de la Realidad Aumentada como Recurso Didáctico en la Enseñanza Universitaria. En: Form. Univ. Vol.11 No.1 (Feb, 2018); Pág. 32

[32] CABERO, j. Vázquez, e. López, e. Uso de la Realidad Aumentada como Recurso Didáctico en la Enseñanza Universitaria. En: Form. Univ. Vol.11 No.1 (Feb, 2018); Pág. 32

Enfocando esta investigación al tema central del proyecto se encuentra el trabajo "Augmented Reality to Facilitate Learning of the Acoustic Guitar" publicado en abril del 2020. Este se centra en una aplicación móvil con realidad aumentada la cual muestra un modelo de una guitarra y una mano 3D que a partir de un código de colores para cada cuerda se indica la posición correcta y los movimientos necesarios para que el estudiante pase de un acorde a otro, además utilizando el micrófono del dispositivo se revisa si el estudiante está tocando el acorde correcto y el tiempo que tarda en pasar de un acorde a otro. Esta aplicación fue utilizada en 36 estudiantes universitarios en clases de 1 hora los cuales opinaron que "encontraron las técnicas de interacción muy útiles y fáciles de usar en contraste con las herramientas de aprendizaje de software comercial"[33] los autores también afirmaron que "la aplicación proporcionó un enfoque de aprendizaje útil para todos los participantes involucrados en el estudio, independientemente de su experiencia."[34] Este proyecto muestra el impacto que puede llegar a tener el proyecto que se ha venido desarrollando gracias a la similitud que presenta, este al centrarse en canciones melódicas y con acordes simples, se espera que arroje otros resultados y que atraiga un público más amplio gracias a la posibilidad de tocar sus canciones melódicas favoritas y aprender de manera interactiva alrededor de ellas.

Con todos los estudios revisados anteriormente nos damos cuenta de que la realidad aumentada como herramienta de enseñanza ha tenido gran aceptación tanto para los estudiantes como para los docentes a lo largo del mundo, ya que motiva y fomenta la creatividad, además de su gran facilidad para ser implementada.

En la investigación también se enfocó en trabajos acerca de la enseñanza musical y se encuentra el trabajo "Music learning in preschool with mobile devices" desarrollado en España en el año 2017, el cual consiste en la implementación de una aplicación móvil para la enseñanza de la composición musical y el

[33] GUTIERREZ, j. DEL RIO, m. LOPEZ, v. SOTO, r. VALENZUELA, j. Augmented Reality to Facilitate Learning of the Acoustic Guitar. En: Appl. Sci. Vol. 10 No. (Abr, 2020); Pág. 11

[34] GUTIERREZ, j. DEL RIO, m. LOPEZ, v. SOTO, r. VALENZUELA, j. Augmented Reality to Facilitate Learning of the Acoustic Guitar. En: Appl. Sci. Vol. 10 No. (Abr, 2020); Pág. 1

entrenamiento auditivo en niños de preescolar; los autores también compararon los resultados de esta aplicación con los métodos de enseñanza tradicionales y los beneficios de cada uno de ellos. La aplicación consta de 4 diferentes actividades cuyo objetivo son el entrenamiento auditivo, la discriminación sonora y la composición musical, además cuenta con una mascota denominada “SAMI” que acompaña al niño durante cada una de las actividades lo que la hace más amigable y entretenida.

Los autores muestran que implementar estos métodos de enseñanza en edades tempranas “fomenta y habilita la creatividad, lo que permite a los niños crear y compartir sus composiciones musicales”[35] en comparación con los métodos tradicionales que reflejan diferencias significativas y recalcan que “la tecnología puede proporcionar condiciones para el aprendizaje musical que, de lo contrario, sería muy difícil de crear”[36].

Siguiendo con la investigación acerca de métodos de enseñanza sobre conocimientos musicales en el ámbito mundial, se revisaron un total de 12 aplicaciones que se encuentran en el mercado actualmente, se tomaran como referente las 5 más relevantes y con mayor acogida del público las cuales son:

- Guitar 3D Basic Chords – Polygonium

Guitar 3D es una aplicación para el aprendizaje de acordes de guitarra lanzada en el año 2017 por la compañía Polygonium situada en estados unidos, esta aplicación es una alternativa para hacer música y aprender a tocar guitarra con la ayuda de modelos 3D los cuales consisten en una guitarra y una mano animada, haciendo las distintas poses para una biblioteca de acordes y notas, contando con la opción de rotar en todas las direcciones alrededor del modelo para así visualizarlo desde

[35] PAULE-RUIZ, m. ALVAREZ, v. PEREZ, j. ALVAREZ, m. TRESPALACION, f. Music learning in preschool with mobile devices. En: Behaviour & Information Technology. Vol. 36 No. (en, 2017); Pág. 105
[36] PAULE-RUIZ, m. ALVAREZ, v. PEREZ, j. ALVAREZ, m. TRESPALACION, f. Music learning in preschool with mobile devices. En: Behaviour & Information Technology. Vol. 36 No. (en, 2017); Pág. 107

distintas perspectivas de manera que sea más fácil aprender cómo es la correcta posición de las manos en cada nota o acorde.

Esta aplicación está disponible para dispositivos Android y IOS, además que actualmente todavía cuenta con soporte y periódicamente se lanzan actualizaciones para mejorar su rendimiento además de agregar más acordes a su biblioteca. Esta aplicación cuenta con una versión mejorada llamada “Guitar 3D - Final Guitar”, la cual cuenta con una biblioteca mucho más grande y sonido de alta calidad para que el usuario sienta una simulación de lo que sería encontrarse en un entorno profesional, pero esta aplicación solo está disponible para dispositivos IOS.

- Yousician

Yousician es una de las aplicaciones más grandes del mundo para aprender música, desarrollada por la empresa con el mismo nombre; Yousician Ltda. lanzada en el año 2015. Esta aplicación es un profesor de música personal para distintos instrumentos como guitarra, piano o bajo, creada con la ayuda de expertos en la música y en cada uno de los instrumentos disponibles en la aplicación. Cuenta con clases en video que guían al usuario paso a paso a lo largo de todos los conceptos acerca del instrumento que deseen aprender, además de contar con misiones y retos que ayudan en el aprendizaje del usuario, utilizando el micrófono del dispositivo para medir el desempeño del usuario devolviendo una retroalimentación y consejos para mejorar continuamente.

Esta aplicación está disponible en Android, IOS y PC, al ser una de las aplicaciones más grande del mundo cuenta con una versión premium de pago la cual elimina los anuncios, permite al usuario practicar de manera ininterrumpida y una biblioteca con las últimas canciones del mercado para mejorar la experiencia.

- MobiDic Guitar Chord

MobiDic Chords es un diccionario de acordes ilustrado para guitarra desarrollado por BrainSides empresa situada en Brasil y lanzada en el 2015, contando aun con actualizaciones periódicas y que está disponible en Android y IOS. Esta presenta más de 5,000 acordes con sonido incluido, que le permite ver al usuario la postura correcta de la mano izquierda sobre la guitarra, para distintas notas y acordes, las ilustraciones se muestran en fotos de profesores reales, permitiendo tener una visión más realista, también muestra de manera ilustrada la cuerda y el traste a tocar para la correspondiente nota o acorde. Aunque es una aplicación bastante sencilla, suministra los conocimientos de manera intuitiva y confiable, aprobada por distintos profesionales en la música.

- Fretello - Guitar Lessons

Fretello es una aplicación que enseña técnicas de guitarra, desarrollada por la empresa con el mismo nombre Fretello situada en Austria y lanzada al mercado en el año 2016. Esta cuenta con cursos en video que otorgan los conocimientos básicos sobre la guitarra, enseñando conceptos como la correcta postura, hasta como interpretar las notas y acordes, con ejercicios diarios que la misma aplicación genera a partir del progreso del usuario ayudando a mejorar las habilidades y técnicas enseñadas durante los cursos. También cuenta con una biblioteca de canciones con los últimos lanzamientos en el mercado, para que así el usuario encuentre sus canciones favoritas y pueda aprender a tocarlas con la ayuda de la misma aplicación.

Esta aplicación está disponible para Android y IOS, además de contar con una versión premium de pago, que habilita una gran cantidad de opciones extra para facilitar aún más el proceso de aprendizaje de los usuarios que deseen aprender a tocar la guitarra.

- Simple piano

Simple piano es una aplicación que enseña de forma rápida e interactiva como tocar el piano, desarrollada por la empresa “JOYTUNES” situada en Israel y lanzada al mercado en el año de 2017. Esta aplicación funciona como un videojuego interactivo que enseña habilidades de piano y cuenta con más de 20 cursos para diferentes niveles musicales llevando al usuario desde un nivel básico, hasta el profesional, todo dependiendo de los conocimientos previos con que cuenta el usuario sobre piano. Esta es una de las aplicaciones para la enseñanza musical más galardonadas del mundo desde su lanzamiento, siendo esta premiada como la aplicación #1 para la educación en más de 20 países y contando con más de 1 millón de descargas alrededor del mundo.

Esta cuenta con una suscripción premium la cual elimina los anuncios y da acceso a todos los cursos de manera ilimitada, además de tener acceso anticipado a todos los cursos que vayan saliendo en la aplicación.

2.2 ANTECEDENTES EN EL AMBITO LATINOAMERICANO

A nivel de Latinoamérica se encuentra el proyecto de grado “Desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada para facilitar el uso de la guitarra acústica” de la Universidad Nacional José María Arguedas en Perú, que trata sobre un aplicativo móvil que utiliza tecnología de realidad aumentada para la enseñanza de las partes de la guitarra acústica, diferentes acordes musicales y canciones ya establecidas, donde el usuario observa en la pantalla del móvil, diferentes puntos que le permiten saber dónde colocar los dedos en él mástil de la guitarra y como tocar las cuerdas, resaltamos esta tesis ya que es similar al objetivo del proyecto propuesto, donde se enfatiza en el aprendizaje de la guitarra acústica utilizando la realidad aumentada como método didáctico.

Se han desarrollado gran cantidad de proyectos de grado que tratan sobre la enseñanza o interpretación musical, donde se desarrollan diferentes comparativos o explicaciones de modelos de aprendizaje, para la música, la mejor forma de

didáctica es el desarrollo auditivo y la practica posterior, importante recalcar que este se debe ir formando desde niño para que haya una mejor evolución, técnicas como los ejemplos prácticos, juegos y movimientos con melodías son la mejor forma para desarrollarlo.

El proyecto de grado “Diseño de un juego aplicando tecnología móvil para aprendizaje musical en niños y adolescentes” de la universidad técnica de Ambato, Bolivia, desarrollada en el 2019, explica que “El uso del juego móvil que se ha desarrollado genera aprendizaje musical y ayuda a desarrollarlos sentidos auditivos, visuales y motrices así despertando más habilidades en el usuario e incentivando la creatividad musical. Con el uso de la tecnología móvil a través del juego obtenemos como resultado que los usuarios pueden auto educarse.”[37] Desarrollan una aplicación móvil de piano que permite al usuario visualizar que teclas tocar en el piano para la interpretación de notas o acordes, al final demostrando excelentes resultados en las pruebas donde los estudiantes estuvieron en su mayoría de acuerdo con este aplicativo y su funcionalidad, permitiéndoles un aprendizaje visual y didáctico sin la necesidad de estar completamente a la dirección del profesor.

Otras investigaciones más específicas usan la realidad aumentada como la base para aprendizaje o enseñanza, como puede ser “Augmented Reality app for Calculus: A Proposal for the Development of Spatial Visualization” realizada en Monterrey, México. Que gracias a las facilidades de la tecnología permite la fácil percepción y explicación de la visualización espacial en los cursos de cálculo para estudiantes de ingeniería, donde explica que la realidad aumentada es una herramienta que cambiara los métodos de enseñanza, pero se debe utilizar una didáctica favorable y que este acorde a lo que se quiera enseñar, un ejemplo sería el proyecto “Realidad Aumentada aplicada a la enseñanza de Ciencias Naturales” de Argentina, que por medio de la coordinación de diferentes profesores de niveles

[37] Álvarez, E. Carrera, E. Diseño de un juego aplicando tecnología móvil para aprendizaje musical en niños y adolescentes. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

de primaria organizaron que contenidos se deben trabajar y que escenarios son los más pertinentes a aumentar. “En el ámbito educativo puede utilizarse para complementar los materiales didácticos con modelos virtuales que estimulen la percepción y ayuden a la comprensión de los conceptos.”[38] Finalizando el documento con la esperanza que diferentes escuelas empiecen a utilizar este modelo de enseñanza.

2.3 ANTECEDENTES EN EL AMBITO NACIONAL

Acotando más la investigación y llevando el estudio a niveles nacionales, no hay aplicaciones relacionadas al uso de la realidad aumentada para el aprendizaje o enseñanza de la guitarra. Sin embargo, se encuentran diferentes proyectos que practican el uso de esta tecnología para la enseñanza musical, damos como ejemplo “Evaluación del uso de la realidad aumentada en la educación musical” desarrollada en Bucaramanga, Colombia del 2017. Donde se centró en “el desarrollo de una metodología para usar la técnica de realidad aumentada, con el fin de crear material didáctico musical que permita la promoción de la autonomía en el aprendizaje del estudiante.”[39] Comparando el uso de esta metodología con la tradicional donde probó con una muestra de estudiantes de grado Octavo, que si es una herramienta de apoyo y un aspecto de motivación para el aprendizaje.

El uso de la realidad aumentada en Colombia está tomando auge, cada vez más la tecnología se está utilizando como método de aprendizaje para diferentes temas como el inglés, artes, matemáticas e incluso para actividades físicas, se trae a colación dos proyectos de grado realizados en la Universidad Piloto de Colombia,

---

[38] Fracchia, C. Alonso de Armiño, A. Martins, A. Realidad Aumentada aplicada a la enseñanza de Ciencias Naturales. Universidad Nacional del Comahue. Argentina. p. 14.

[39] Amaya, L. Santoyo, J. Evaluación del uso de la realidad aumentada en la educación musical. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia.

que dan como ejemplo que la realidad aumentada se puede emplear como método enseñanza.

- Aplicación móvil que utiliza realidad aumentada para apoyar el aprendizaje del acondicionamiento físico en el gimnasio Bodytech sede diverplaza ubicado en Bogotá: “El proyecto se centra en el desarrollo de una aplicación móvil multiplataforma que utilice realidad aumentada, la cual apoye el aprendizaje, enseñanza y conocimiento de los ejercicios de manera correcta sin la necesidad de acudir a un instructor en el gimnasio Bodytech sede Diverplaza.” [40]
- Aplicación móvil con realidad aumentada para la educación básica primaria en el área de inglés para el grado quinto: “La aplicación que se propone en este trabajo con la herramienta de Realidad Aumentada surge como apoyo para el aprendizaje del vocabulario requerido en el área de inglés para los estudiantes de grado 5° del Colegio Gimnasio Bilingüe Campestre Marie Curie en la ciudad de Bogotá.” [41]

Aunque las ultimas aplicaciones mencionadas no tienen relación con la música, sirve para dar a entender que la realidad aumentada es una herramienta versátil para enseñar distintos temas, fomentando la utilización de una alternativa lúdica e interactiva para enseñar y aprender.

[40] Ortiz, J. Sepulveda, A. Aplicación móvil que utiliza realidad aumentada para apoyar el aprendizaje del acondicionamiento físico en el gimnasio Bodytech sede diverplaza ubicado en Bogotá. Universidad Piloto de Colombia.

[41] Galeaon, S. Peña, D. Aplicación móvil con realidad aumentada para la educación básica primaria en el área de inglés para el grado quinto. Colombia.

3. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS Y TECNOLOGÍAS

El objetivo fundamental de este capítulo es la identificación de los requerimientos funcionales y no funcionales, además de las tecnologías para el desarrollo de estos, para lo cual se realizó un estudio comparativo entre diferentes aplicaciones en el mercado y también un conjunto de entrevistas realizadas a estudiantes y profesores de música para obtener diferentes puntos de vista y atributos para tenerlos en cuenta para el desarrollo del aplicativo.

3.1 ENTREVISTAS

En este numeral se encuentran las conclusiones de cinco entrevistas. Las preguntas que se realizaron a diferentes guitarristas, músicos y estudiantes trataron de aclarar características que sería importante abordar en la aplicación que sean de interés, y cuáles son los aspectos para tener en cuenta en el desarrollo de este proyecto, tres entrevistas dieron como resultado; que se debe tener presente el tiempo en el que está escrita la partitura, los tiempos y silencios mismos de las notas. Existen diferentes modelos de aprendizaje para tocar debidamente el instrumento, pero todos recalcan que la mejor forma es saber claramente todo lo que conlleva una nota musical. "…Lo mejor para un aprendizaje desde lo más básico es empezar con las figuras musicales ya que estas son la base para aprender bien…" El profesor Carlos Diaz hizo hincapié en esto. Tomando un aporte significativo en las entrevistas realizadas, soportando el enfoque que se le está dando al aplicativo al demostrarle al usuario que nota está tocando y como es su correcta interpretación.

Se realizó una entrevista en particular que fue de gran aporte para responder diferentes incógnitas que se tenían frente a la lectura de diversas partituras que existen y su correcta interpretación, inclusive a mejorar y aclarar el alcance, donde se presentó la idea de centrarse únicamente a partituras melódicas ya que se facilitaría el desarrollo del proyecto, pero aumentando el enfoque de aprendizaje básico que se quería aclarar. La entrevista se centró en su mayoría en tener

presente cuáles son las representaciones de las notas musicales (blanca, negra, corchea, semicorchea, fusa), tener claramente cuál es la duración de cada una, tomar en cuenta que tiempos y duraciones está escrita la partitura para poder realizar una animación correcta.

El proyecto genero interés en cada entrevistado como una alternativa para el aprendizaje tradicional. “es una forma, que no solo es más sencilla, sino que también es más dinámica, más llamativa.” Una de las opiniones que dio un musico y guitarrista entrevistado brindando inclusive diferentes ideas o componentes que se le podría agregar al aplicativo para llegar a un público más grande tales como incluir un metrónomo o afinador, e inclusive recibiendo el aporte de “… esta aplicación es una ayuda a las personas que deseen aprender, así como un reto para los que ya saben…” de parte de un musico profesional. Gracias a estas entrevistas se logra recolectar diferentes puntos de vistas que son importantes a tratar, así como el levantamiento de diferentes requerimientos funcionales y aspectos al usar la aplicación. De acuerdo con la entrevista realizada a un ingeniero especializado en realidad aumentada, brindo la solución de inconvenientes a la hora de desarrollar el proyecto; estos problemas eran la multi carga de diferentes modelos en un mismo objetivo o target y él envió de peticiones desde el software al servidor.

3.2 ESTUDIO COMPARATIVO

Se realizo un estudio de Benchmarking para analizar y comparar diferentes aplicaciones en el mercado que permita visualizar que atributos y componentes son viables para implementar, el estudio se basó en aplicaciones que permitan el aprendizaje de la guitarra, que ayuden en la interpretación musical, aprender notas musicales y tesis de grado que estén relacionadas con el enfoque del proyecto.

Tabla 4. Estudio Comparativo parte 1

Nombre	Descripcion	Tipo	Caracteristicas	Link	Permisos
Acordes Básicos de Guitarra en 3D -Basic Chords 3D (v1.2.4)	Aprendiendo acordes básicos de guitarra con interactividad 3D en tiempo real. Observe los movimientos correctos de los dedos entre los cambios de acordes. Todas las animaciones y muestras de audio guitarras reales son hechas con músicos académicos.	Aplicación que ofrezcan servicios o alternativas para como aprender a tocar la guitarra acústica.	• Cuenta con Acordes básicos demostrados en la guitarra. • Muestras de audio de guitarra reales para cada acorde. • Cámara 3D para observar las posiciones de los dedos desde diferentes vistas.	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.polygonium.basicchords	Ubicacion, Almacenamiento, Otros(Red, Bluetooth)
Aprende a tocar guitarra - Letras, acordes y más ! (v2.4.5)	Aplicación para aprender a tocar guitarra mediante videos tutoriales de forma más rápida y sencilla, cuenta con distintos niveles de dificultad para mejor aprendizaje.	Aplicación que ofrezcan servicios o alternativas para como aprender a tocar la guitarra acústica.	• Cursos para todos los niveles de guitarra. • Cursos para guitarra acústica, eléctrica, flamenca, etc. • Opciones para compartir videos y cursos con amigos.	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.videochannel.aprender.tocar.guitarra	Microfono, Telefono, Almacenamiento, Otros(vibracion, red, audio, configuracion de internet)
Real Guitar - Guitarra Nunca Había Sido Tan Fácil. (v6.17.2)	REAL GUITAR es una app que transforma tu teléfono/tableta en una simulación realista de una guitarra acústica o eléctrica. Ideal para cualquier persona que quiera aprender a tocar la guitarra sin molestar a otras personas u ocupar demasiado espacio.	Aplicación que ofrezcan servicios o alternativas para como aprender a tocar la guitarra acústica.	• Cuenta con una biblioteca con mas de 1500 acordes diferentes. • Sonidos de guitarra de alta fidelidad. • Acompañamiento musical en tiempo real.	https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.rodrigokolb.realguitar	Microfono, Almacenamiento, Otros(vibracion, facturacion, red)
LEER MUSICA (v1.0.51)	La práctica de la lectura musical te ayudará a tocar mejor la guitarra o cualquiera que sea tu instrumento musical. No todos los músicos saben leer música, pero los que sí saben pueden leer partituras para piano y entender mejor la teoría musical.	Aplicaciones que ayuden al momento de aprender la interpretación musical.	• Lecciones y tareas de lectura musical. • Orientado aprender a leer cualquier tipo de partitura.	https://play.google.com/store/apps/details?id=air.LecturaMusicalPractica	Otros(red)
MobiDic Guitar Chord (v2.6)	MobiDic Chords es un diccionario de acordes ilustrado (con foto) para guitarra que presenta más de 5,000 acordes con sonido realista. Lo que le permite ver la postura correcta de la mano izquierda, así como el sonido realista del acorde en cada forma, incluso diferenciando las cuerdas sueltas.	Aplicación que ofrezcan servicios o alternativas para como aprender a tocar la guitarra acústica.	• Cuenta con una amplia biblioteca de acordes (+5000 acordes) • Cada acorde esta ilustrado por medio de una foto de como colocar los dedos y la posición en la guitarra • Rápida interfaz • Sonido integrado por cada acorde	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.actual.mobidic	Otros(Red, facturacion datos de internet)
Yokee - Guitar Free - Play & Learn (v1.0.75)	Yokee es una app para aprender a tocar guitarra mediante un juego interactivo que cuenta con mucho contenido, información y métodos de aprendizaje además de un cancionero con grandes éxitos musicales para todas las edades.	Aplicación que ofrezcan servicios o alternativas para como aprender a tocar la guitarra acústica.	• Aplicación interactiva para conocer los sonidos de las notas • Nuevas canciones añadidas diariamente • 3 niveles de dificultad • Fácil navegación	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.famousbluemedia.guitar	Contactos, identidad, historial de aplicaciones,almacenamiento, galeria, ubicacion, telefono, ID dispositivo
Solfeo: aprende las notas (v1.0.6)	Solfeo es una aplicación que ayuda aprender las notas de guitarra, piano o hasta cantar, mediante un juego de preguntas para niños y principiantes, con una interfaz dinámica y amigable para una correcta apropiación de los principios básicos de la teoría musical.	Aplicación para aprender notas musicales e interpretación musical	• Diferentes instrumentos • Representación visual en el pentagrama de cada nota • Sonidos integrados por cada nota • Diferentes representaciones de escalas musicales	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mnemogenic.musicalnotes	Almacenamiento, Otros(red, datos de internet)
Noten lernen (v1.5.2)	Con esta aplicación gratuita, cualquiera puede aprender notas musicales de forma rápida y fácil	Aplicación para aprender notas musicales e interpretación	• La aplicación es de código abierto. • Cuenta con tres niveles de dificultad para el aprendizaje.	https://play.google.com/store/apps/details?id=de.melvil.noten	Otros(red, vibracion)

Fuente: Los Autores

Tabla 5. Estudio Comparativo parte 2

Nombre	Descripcion	Tipo	Caracteristicas	Link	Permisos
Yousician Aprende guitarra, piano, ukelele y canto (v4.7.0)	Yousician es una aplicación que se enfoca en ser un profesor virtual, con tutoriales, videos y juegos para guiar al al estudiante atreves de cada lección donde se enseña teoría musical, como escuchar e interpretar la música y lo básico de algunos instrumentos.	Aplicación para aprender notas musicales e interpretación musical y lo básico de la guitarra	• Guias en video paso a paso para cada clase. • Juegos y retos que acompañan el progreso y motivan al usuario. • Diseñado por profesores expertos para novatos. • Clases adicionales sobre teoría musical.	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.yousician.yousician	Microfono, Otros (red, vibracion, facturacion, Bluetooth, ejecutarse al inicio, recibir datos de internet)
Cornelius Composer (v1.21.0)	Aplicación que da opciones para aprender los principios básicos de la teoría musical con opciones para que profesores y estudiantes puedan componer su propia música todo para desarrollar la creatividad musical e introducirlos cuidadosamente al mundo de la música.	Aplicación para aprender notas musicales e interpretación musical	• Fácil composición musical sin tener conocimientos • Customizar las notas • Exportación de partituras a PDF o formato Music XML	https://apps.apple.com/co/app/cornelius-composer/id1391591995	Galeria, almacenamiento
Fretello - Guitar Lessons (v2.1.23)	Aprender todos los conceptos básicos de la guitarra con cursos de video para principiantes, aprendiendo a tocar las canciones que quiera.	Aplicación para aprender notas musicales e interpretación musical y lo básico de la guitarra	• Se crean sesiones y actividades entorno a los gustos del usuario. • Tecnología de inteligencia artificial para evaluación detallada del progreso. • Retos entorno a las canciones favoritas del usuario.	https://apps.apple.com/co/app/fretello-guitar-lessons/id1479389312?mt=12	Microfono, telefono, Almacenamiento, Otros(facturacion, red, datos de internet)
GUITAR AR (Tesis)	Una tesis que ofrece contenidos de aprendizaje para aprender a tocar la guitarra acústica por medio de tecnologías en realidad aumentada donde muestra en tiempo real unos puntos que siguen un patrón de colores indicando como debe colocar el usuario la mano sobre la guitarra para tocar la nota correspondiente. Cuenta con un repertorio de canciones limitado y cabe recalcar que funciona sin el acceso a internet.	Aplicación que ofrezcan servicios o alternativas para como aprender a tocar la guitarra acústica.	• Representación de las notas en realidad aumentada • Canciones previamente cargadas y definidas • Funcionamiento sin acceso a internet	http://repositorio.unajma.edu.pe/handle/123456789/319	-

Fuente: Los Autores

A partir del estudio realizado se encontró que no existe una aplicación que permita una lectura, interpretación y visualización de notas encontradas en una partitura y que muestre al usuario como tocar dichas notas, ya sea por medio de imágenes, modelos establecidos o realidad aumentada. Ya que todas estas aplicaciones cuentan con clases e información predefinida y no le permite al usuario una interacción directa con los conocimientos que desea aprender.

3.3 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

De acuerdo con las conclusiones obtenidas a partir del estudio comparativo y las entrevistas realizadas los requerimientos funcionales de la aplicación son:

Tabla 6. Requerimientos Funcionales

Requerimientos Funcionales		
ID	Nombre	Descripción
RF-001	Registro de Usuario	El usuario entra a un formulario de registro para crear su cuenta personal en la aplicación y acceder a la totalidad de opciones de la aplicación.

RF-002	Iniciar Sesión	El usuario entra al inicio de sesión y otorga las credenciales para ingresar a todas las opciones para usuarios registrados.
RF-003	Modificar Perfil	El usuario puede modificar los datos que desee de su perfil.
RF-004	Utilizar partituras predefinidas	La aplicación contará con partituras listas para usar por el usuario.
RF-005	Ver manual de funcionamiento	La aplicación contará con un manual con información del uso de la aplicación, como activar la realidad aumentada y envío de partitura.
RF-006	Identificar notas	La aplicación escaneará o tendrá la opción de carga una imagen de la partitura, esta reconocerá las notas/acordes que estén presentes en ella.
RF-007	Recibir información de notas	La aplicación tiene que mostrarle al usuario cuales son las notas/acordes encontradas en la partitura que escaneo con un modelo 3D.
RF-008	Mostrar modelos mediante realidad aumentada	La aplicación mostrará los modelos en la pantalla del móvil por medio de realidad aumentada.

Fuente: Los Autores

3.4 REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

De acuerdo con las conclusiones obtenidas a partir del estudio comparativo y las entrevistas realizadas los requerimientos funcionales de la aplicación son:

Tabla 7. Requerimientos no funcionales

Requerimientos no funcionales		
ID	Nombre	Descripción
RNF-001	Seguridad	El sistema debe tener protección de los datos, aplicación y servidor, prevención de pérdidas de información y actividades no permitidas.
RNF-002	Mantenibilidad	El sistema debe permitir arreglos, modificaciones o corregir los errores en el software.
RNF-003	Usabilidad	La aplicación debe ser sencilla, satisfactoria e intuitiva para el aprendizaje del usuario.
RNF-004	Disponibilidad	La aplicación y todos sus servicios deben estar disponibles la mayoría del tiempo.
RNF-005	Desempeño	Los servicios proporcionados por la aplicación deben tener tiempos de espera cortos, además que el aplicativo debe ser veloz en cuanto a su

		funcionamiento y navegación a través de las ventanas.
RNF-006	Escalabilidad	La aplicación debe ser capaz de crecer y mantenerse, a medida que aumentan las peticiones y solicitudes de servicios por parte de los usuarios.

Fuente: Los Autores.

3.5 TECNOLOGIAS QUE SE UTILIZARAN

De acuerdo con los requerimientos funcionales y no funcionales identificados se muestra a continuación un cuadro comparativo de las posibles tecnologías aplicables para el cumplimiento y desarrollo de estos.

Tabla 8. Tecnologías Realidad Aumentada

Tecnologías en Realidad Aumentada				
Nombre	Descripcion	Caracteristicas	Ventajas	Desventajas
Vuforia	Vuforia es un kit de desarrollo de software (SDK) para dispositivos móviles orientado para el motor de desarrollo Unity, que a través del lente puede capturar imágenes planas u objetos 3D, y luego de un posterior análisis y procesamiento, permite visualizar a través del dispositivo móvil un diseño creado bien sea modelos 3D u orientar objetos virtuales.	• Reconocimiento de texto e imágenes. • Detección de diferentes marcadores y su objetivo fijado. • Detección rápida de los targets. • Rápido compila miento.	Permite crear codigo mas rapido, gran conocimiento de figuras hasta el reconocimiento de estas.	Mal funcionamiento con desarrollos en GPS, depende de Unity, gran uso de capacidad del computador.
MetaVerse	Plataforma que permite crear procesos de realidad aumentada a través de su página web con una variedad de modelos 3D, sonidos predefinidos, y una comunidad colaborativa.	• Estudio desde página web. • Añadir sonidos a la visualización. • Comunidad amplia para compartir aplicaciones.	Interfaz amigable con el usuario, plataforma util para el aprendizaje.	Poco desarrollo y manejo de codigo y diseños propios.
ActionBound	Es una herramienta que permite crear aplicaciones que están basadas en la educación y la didáctica, mayormente para tours o juegos de mapa del tesoro, permitiendo implementar realidad aumentada en el recorrido, aplicación paga y versión gratis con menos características.	• Creaciones de Quiz. • Localizaciones GPS. • Misiones didácticas. • Torneos. • Encuestas.	Un software que esta enfocado en un tipo de desarrollo de aplicaciones, que permite facilitar su implementacion, y crear grandes aplicaciones gamificadas.	Software que se queda corto cuando tratan de otro tipo de desarrollo ya que esta mas evolucionado para cierto tipo de aplicaciones.
Roar	Un programa que permite la edición de videos, audios, botones, textos o modelos 3D que posteriormente se escanea una imagen para que el modelo editado quede anclado a la imagen y posterior visualización.	• No se necesita grandes conocimientos para el uso. • Plataforma web. • Imágenes y diseños predefinidos en la página. • Importar diseños ya hechos.	Gran aplicacion para iniciar en el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, facilitando su uso, y enfocada en el ambito de publicidad.	Plataforma debil en codificacion y creacion de diseños.
Aumentaty Author	Plataforma sencilla para Windows, que permite la importación de modelos 3D creados gracias a otras plataformas (blender, Autodesk, etc.) y luego enlazarlos hasta el indicador que tenga establecido .	• Familia de software que complementan el desarrollo de aplicaciones de RA. • Fácil importación de diseños. • Comunidad para consultar usuarios, compartir y utilizar proyectos.	Curva de aprendizaje rápida sin conocimientos previos.	Plataforma que aun esta en desarrollo.

Fuente: Los Autores

Tabla 9. Tecnologías Modelado 3D

Tecnologías para modelado 3D				
Unity 3D	Es un motor grafico 3D que permite el desarrollo de videojuegos, aplicaciones interactivas, visualizaciones de entornos y animaciones 3D, Donde permite el uso de estas en ambientes de tiempo real.	•Es enfocado en los assets y no en el Código. •Soporta la exportación a una cantidad enorme de plataformas.	•Fácil de usar. •Utiliza dos lenguajes para sus scripts. •Arrastrar y soltar en la mayoría de las opciones. •Asset Store. • Multiplataforma.	•Espacio ocupado por los proyectos. •Rendimiento en algunas ocasiones. •Gestión de versiones. •Política de precios y costes.
Blender	Es un programa de modelado 3D orientado a artistas y profesionales del diseño multimedia, permite crear visualizaciones 3D o animaciones de alta calidad, compatible con todos los sistemas operativos actuales.	•Multiplataforma, libre, gratuito. •Edición de Audio y sincronización de video. •Capacidad para una gran variedad de primitivas geométricas. •Características interactivas para juegos. •Motor de juegos 3D integrado.	•Gratuito. •Tutoriales y documentación de calidad que permite su aprendizaje de manera más ágil. •No se necesita de un gran procesador. •Opciones extensas para modelar objetos.	•Exige configuración de los núcleos del procesador. •No funciona correctamente con polígonos de 4 lados. •Hay programas más especializados y con mejores desarrolladores.
Autodesk Maya	Programa para el modela 3D y efectos especiales que surgió producto de la fusión de dos empresas enfocadas a la animación 3D, creando así uno de los programas más potentes y con posibilidades de personalización de animaciones.	•Flujo de trabajo de modelado más rápido. •Datos más avanzados con las herramientas de ensamblaje de escenas. •Sombreado y visualización de última generación en la ventana gráfica. •Programación de Tareas.	•Potencia en Animación de personajes. •Uso extendido en cine y videojuegos. •Posibilidad de expansión y personalización •Renderizado de RTX	•Software de pago •Dificultad para extraer su máximo potencial •No cuenta con colaboración por parte de la comunidad
Cinema 4D	Es un programa para el diseño 3D, texturizado, animación y renderización. Disponible para todos los sistemas operativos que ofrece opciones para adaptarse a cualquier industria y que da resultados en todos de alta calidad y con mil buenas calificaciones.	•Alta modularidad. •Alta velocidad de renderización. •Interfaz personalizable y flexible.	•Fácil Aprendizaje de las características del software. •Permite un avance de la escena en modo render •Permite la integración de plugins	•Dificultados de instalación en sus últimas versiones. •Costo bastante alto en comparación de otros softwares. •Flujo de trabajo que no compite.

Fuente: Los Autores

Tabla 10. Tecnologías para reconocimiento de patrones

Tecnologías para reconocimiento de patrones				
OpenCv	Biblioteca libre de visión artificial desarrollada por Intel, con una amplia comunidad de desarrolladores, destinada a aplicaciones de reconocimiento en tiempo real de imágenes, patrones, diseños y objetos.	•Posee grandes algoritmos que reconocen formas básicas de forma rápida • Diferentes algoritmos que procesan rápidamente puntos característicos •Diferentes lenguajes de desarrollo	•Rápida programación •No necesita de requerimientos altos en el computador •Popular en el ámbito de lectura de patrones •Alto procesamiento y análisis de patrones •Gran forma de sacar puntos característicos	•Comprensión compleja del uso •No incluye animaciones
Yolo v4	Es un algoritmo de código abierto para la detección de objetos en tiempo real, el cual utiliza una red neuronal para la detección en imágenes o videos. divide la imagen cargada por diferentes regiones y empieza a identificar las probabilidades por cada región.	•El algoritmo base corre a 45 cuadros por segundo •Puede detectar diferentes objetos en la misma imagen •Gran velocidad de reconocimiento	•Gran velocidad de reconocimiento sin necesidad de gran capacidad de computo •Fácil instalación y personalización del código. •Permite personalizar el conjunto de datos que se van a detectar •Tiene diferentes versiones para el uso en diversos dispositivos •Uso en la nube	•Detección usando localización •Múltiple detección de objetos significa más procesamiento
Tensorflow	Biblioteca de código abierto desarrollada por Google para construir y entrenar redes neuronales para la detección de objetos y descifrar patrones o correlaciones que se presenten en la imagen o video a estudiar.	•Esta desarrollado en Python y C++ que permite un fácil entendimiento en el código base •Uso de diferentes APIs para diversos lenguajes de programación, •Código abierto •Ofrece un gran marco de trabajo, pero simplificando la complejidad interna de una red neuronal	•Respaldo y actualizaciones de Google •Uso en la nube •Fácil trabajo y uso •Uso de CPU o GPU	•Tiempos de desbordamiento •Se puede esperar más errores sintácticos debido a sus grandes librerías y archivos de configuración
Cognex VisionPro	Software dirigido a PC, diseñado para capturas y análisis de imágenes en cualquier tipo de lentes	•Codificación en C# •Permite arrastrar y soltar •Análisis de imagen basando en Deep learning	•Encuentra características y objetos complejos •Grandes bibliotecas •Lecturas de código	•Difícil comprensión •Gran uso de requerimientos en el pc

Fuente: Los Autores

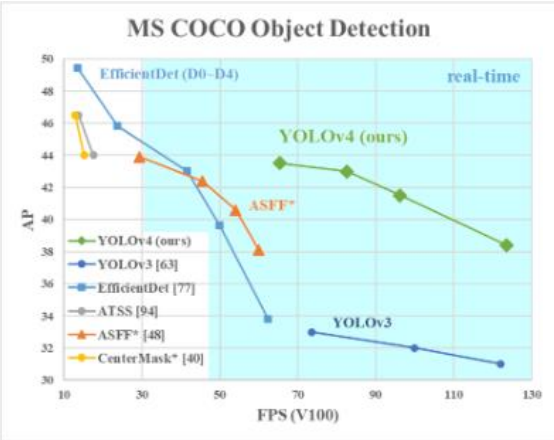
Con base en el estudio anterior las tecnologías aplicables al proyecto según cada categoría son:

- Tecnología de realidad aumentada: se implementará el SDK Vuforia que está especializado en el desarrollo de aplicaciones móviles, permite el uso y la configuración de la cámara del dispositivo, siendo lo más viable para el proyecto, debido a la captura de imágenes planas y objetos 3D que permite el kit de desarrollo facilitará la construcción de los requerimientos funcionales.

- Tecnología para el modelado 3D: Blender es la herramienta seleccionada para desarrollar el modelado de los objetos, aparte de ser un programa gratuito y multiplataforma permite una gran variedad de creación y personalización de objetos sin necesidad de un gran equipo de cómputo, fácil importación de los modelos creados al motor grafico Unity que se usará como complemento del kit de desarrollo Vuforia, facilitando la configuración de los modelos hacia el target.

- Tecnología para el reconocimiento de patrones: el algoritmo que se implementará en el proyecto es Yolo v4 que gracias a su red neuronal permite personalizar un conjunto de datos a través de un proceso de etiquetación de imágenes que se usara para construir la base de datos de las diferentes notas y acordes que existen. Siendo la óptima para la labor de aprendizaje personalizado que se debe realizar.

Gráfico 1. Comparativo de Yolov4 contra otras redes de detección de objetos



Fuente: BOCHJOVSKIY, A. WANG, C. LIAO, H. YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. 2020. P. 1

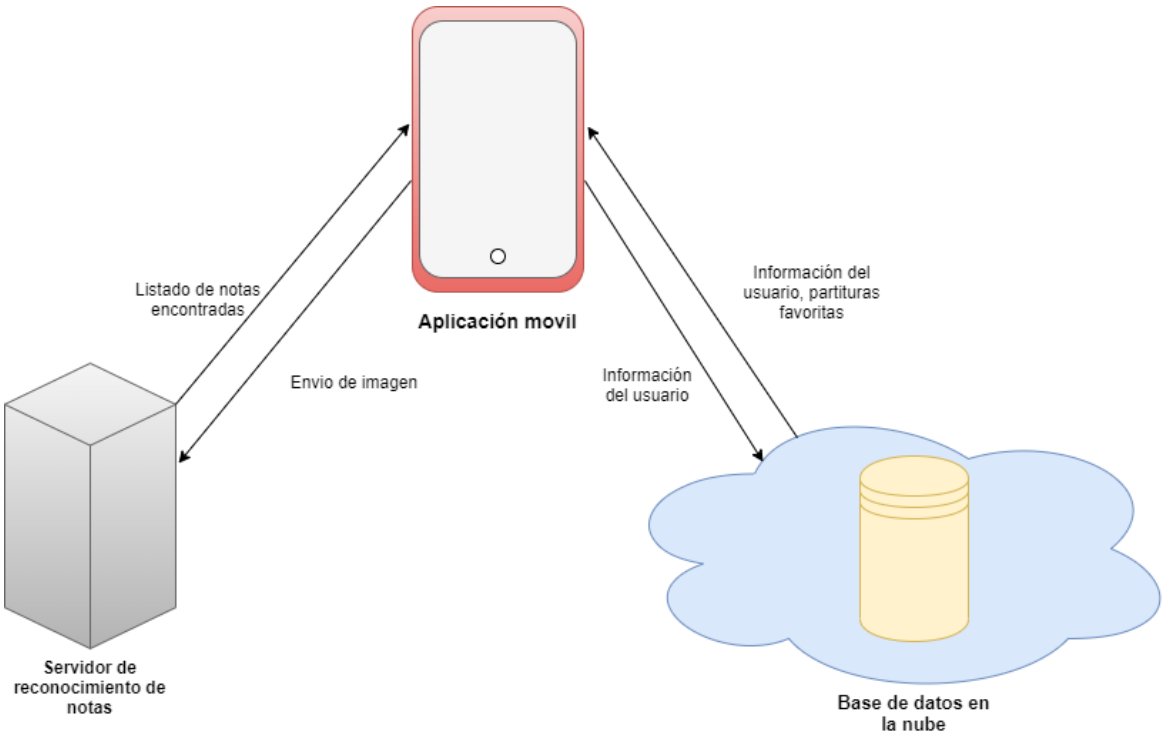
4. DISEÑO DE LA APLICACIÓN

En este capítulo se presenta los diferentes diseños, modelos y vistas que componen el proyecto.

4.1 DIAGRAMA DE ARQUITECTURA

En la siguiente figura se muestra los diferentes componentes que construyen el proyecto, demostrando brevemente cómo será el funcionamiento del aplicativo y sus diferentes funciones.

Figura 1. Diagrama de arquitectura



Fuente: Los Autores.

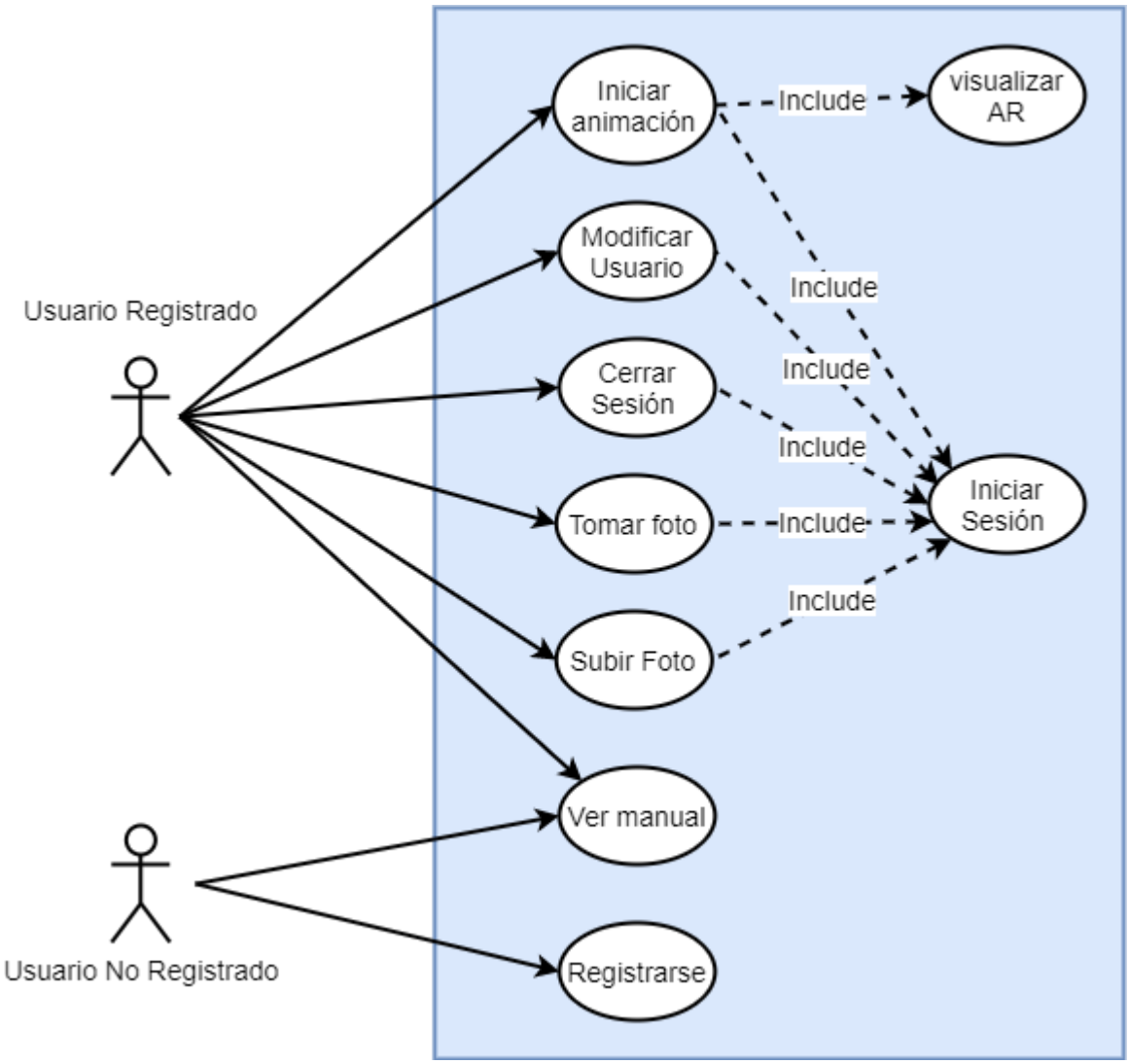
Se presentan los casos de uso requeridos y desarrollados en el aplicativo, cada uno está descrito detalladamente en los anexos del documento.

4.2 DIAGRAMA DE CASOS DE USO

En la figura 2 se presenta el diagrama de casos de uso encontrados para la aplicación y los actores relacionados con cada uno de ellos. Los casos de uso

representan cada una de las posibles acciones que podrá ejecutar cada actor, siendo el más importante el usuario registrado ya que la mayoría de las acciones derivan de él representando que es primordial el registro para poder utilizar el 100% de las funciones de la aplicación. En los anexos del documento se podrán encontrar la especificación detallada de cada uno de los casos de uso.

Figura 2. Diagrama de casos de uso

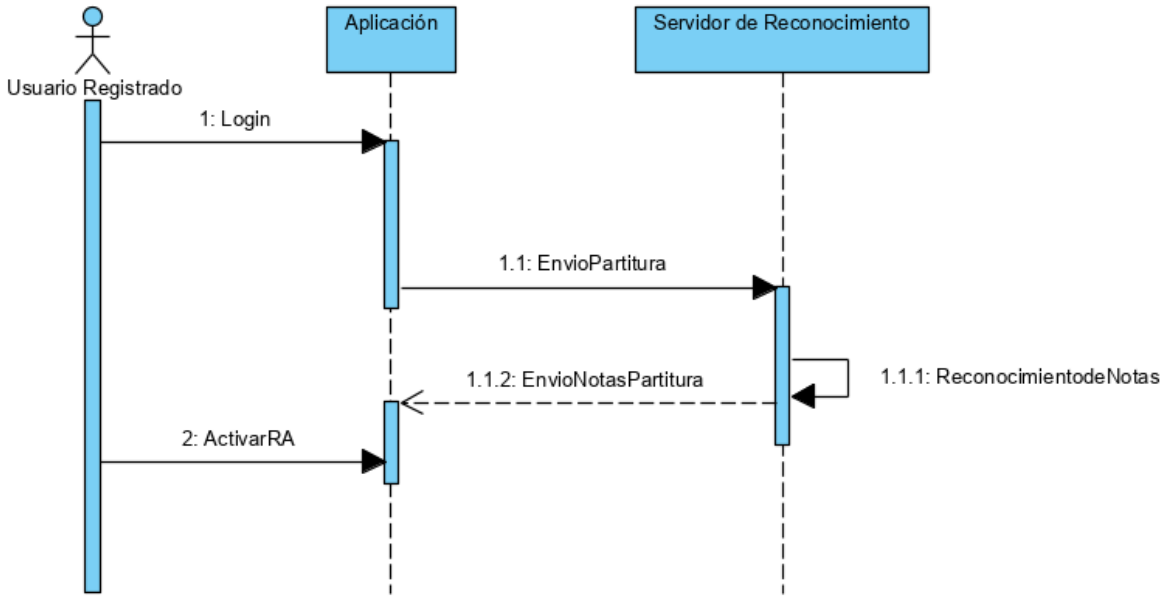


Fuente: Los Autores.

4.3 DIAGRAMA DE SECUENCIA

A continuación, en la figura 3 encontramos el diagrama de secuencia que representa la interacción entre el usuario y el sistema, mostrando las principales acciones que puede ejecutar el usuario para utilizar la aplicación y las respuestas por parte del sistema.

Figura 3. Diagrama de secuencia

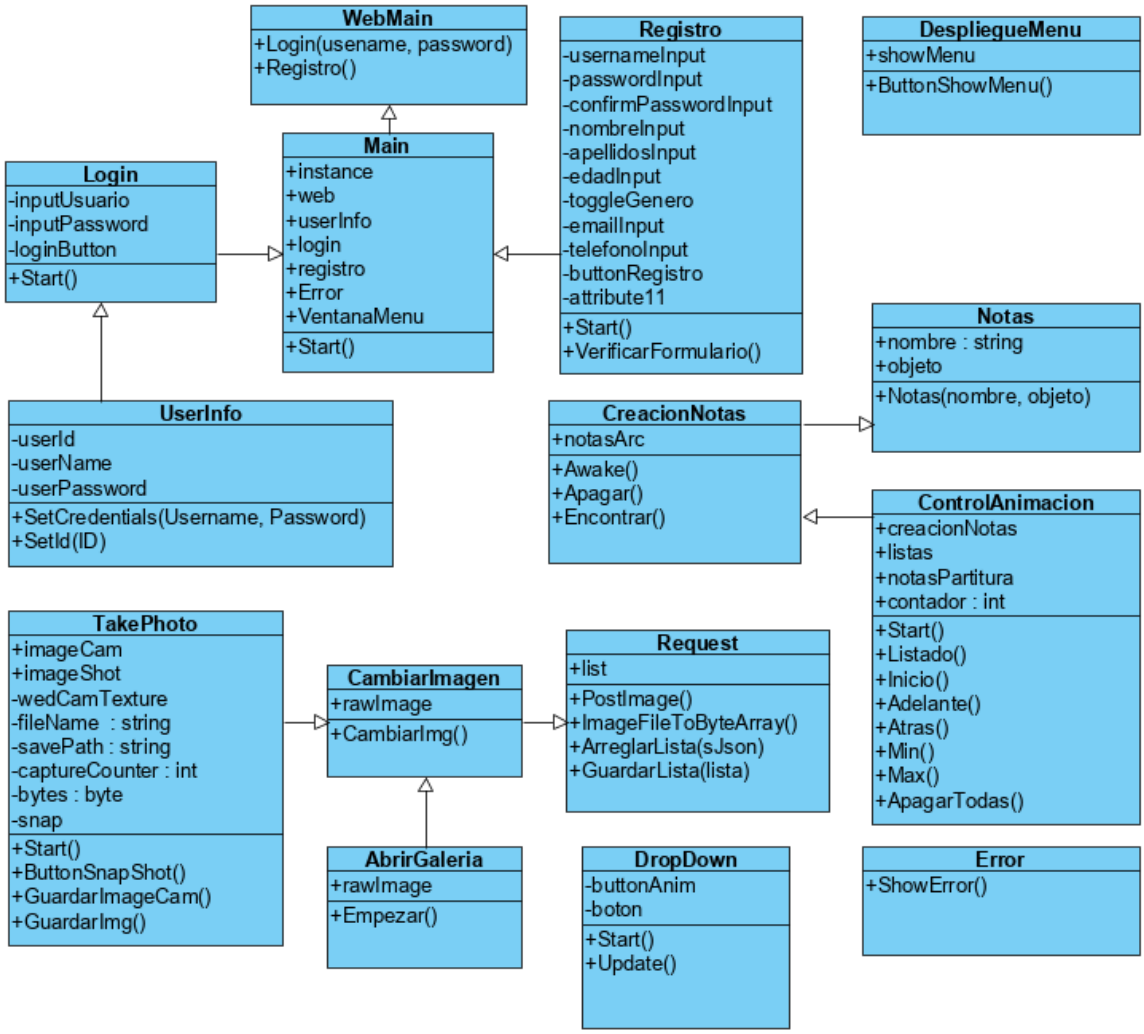


Fuente: Los Autores.

4.4 DIAGRAMA DE CLASES

En la figura 4 se muestra el diagrama de clases para el proyecto, cada clase representa cada uno de los scripts necesarios para el correcto funcionamiento de la aplicación, se muestra cada clase con sus atributos y métodos respectivamente, además de las relaciones que se presentan entre ellas.

Figura 4. Diagrama de clases



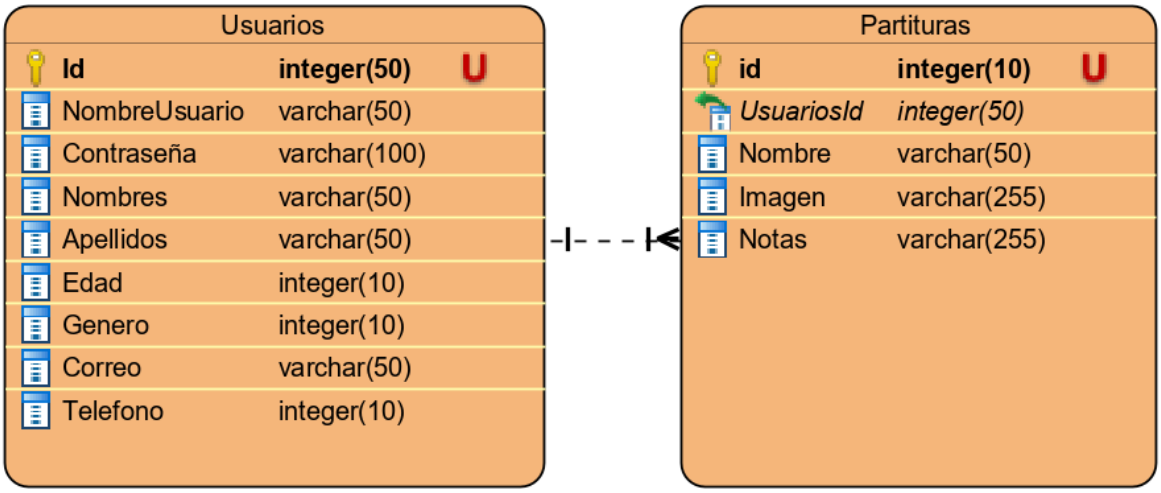
Fuente: Los Autores.

La clase Web Main funciona como eje principal entre la aplicación y el servidor web que contiene la base de datos, esta cuenta con los métodos necesarios para hacer el registro y login del usuario, recibiendo la información necesaria de las clases registro y login atreves de la clase Main que sirve como controlador entre ellas.

4.5 DIAGRAMA ENTIDAD RELACIÓN

La base de datos manejara las entidades descritas en la siguiente figura, donde permite administrar y guardar los datos del usuario de la aplicación.

Figura 5. Diagrama entidad relación



Fuente: Los Autores.

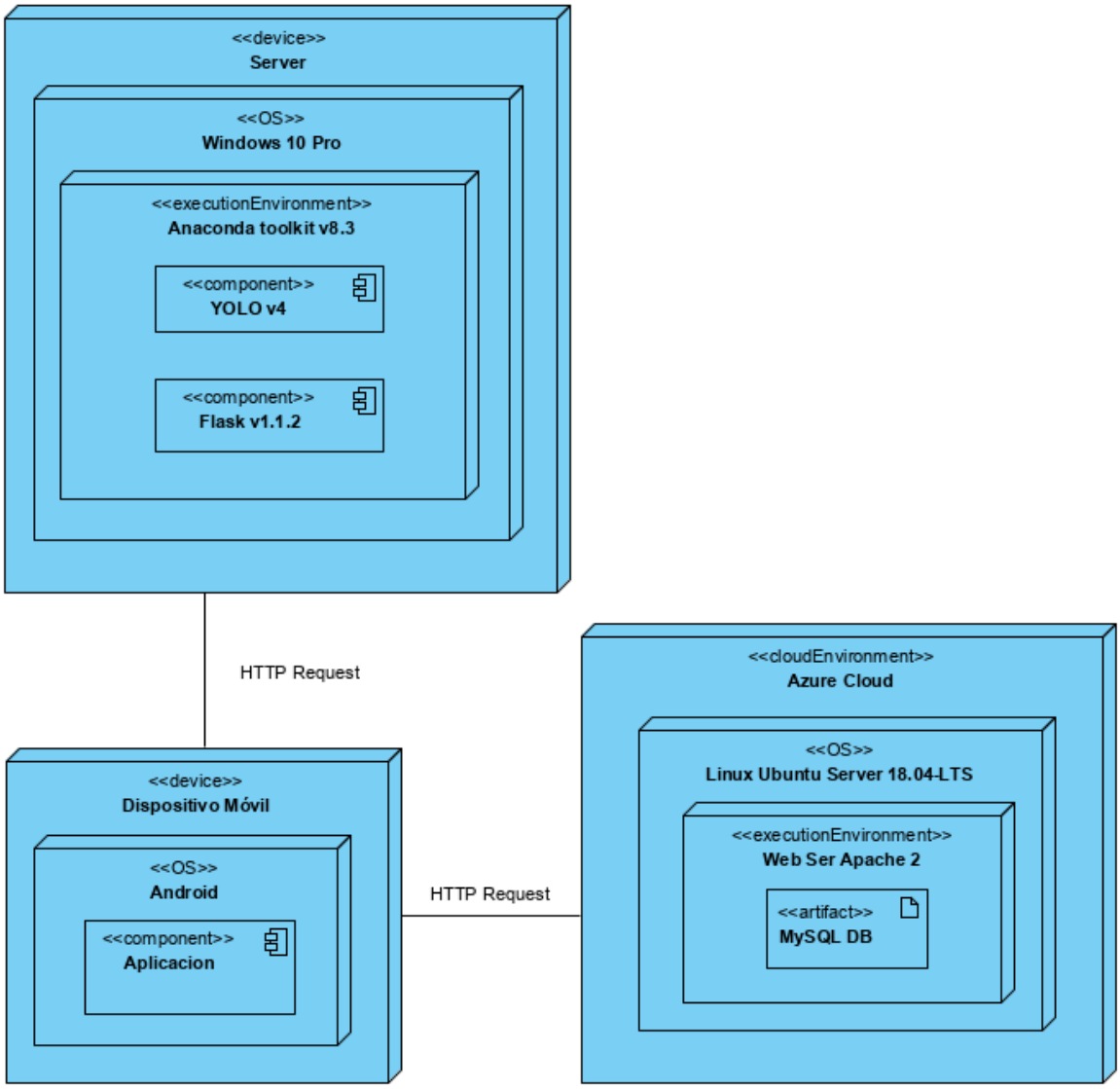
4.6 DIAGRAMA DE DESPLIEGUE

En la figura 6 se muestra el diagrama de despliegue de la aplicación, cada bloque representa los dispositivos físicos y nodos del proyecto que en su totalidad muestran la estructura física del proyecto y como se comunica entre sí.

Dentro del componente server se encuentra el sistema operativo y el ambiente de ejecución que aloja el algoritmo de reconocimiento de notas y el servidor web Python que permite él envió del resultado del reconocimiento de nuevo al dispositivo móvil, todo esto por medio de protocolo HTTP ya que el proceso se hace por medio de un método POST.

En el nodo Azure Cloud se encuentra el servidor de base de datos y la estructura que lo soporta, este al igual que el componente server se comunica a través de protocolo HTTP con el dispositivo móvil.

Figura 6. Diagrama de despliegue



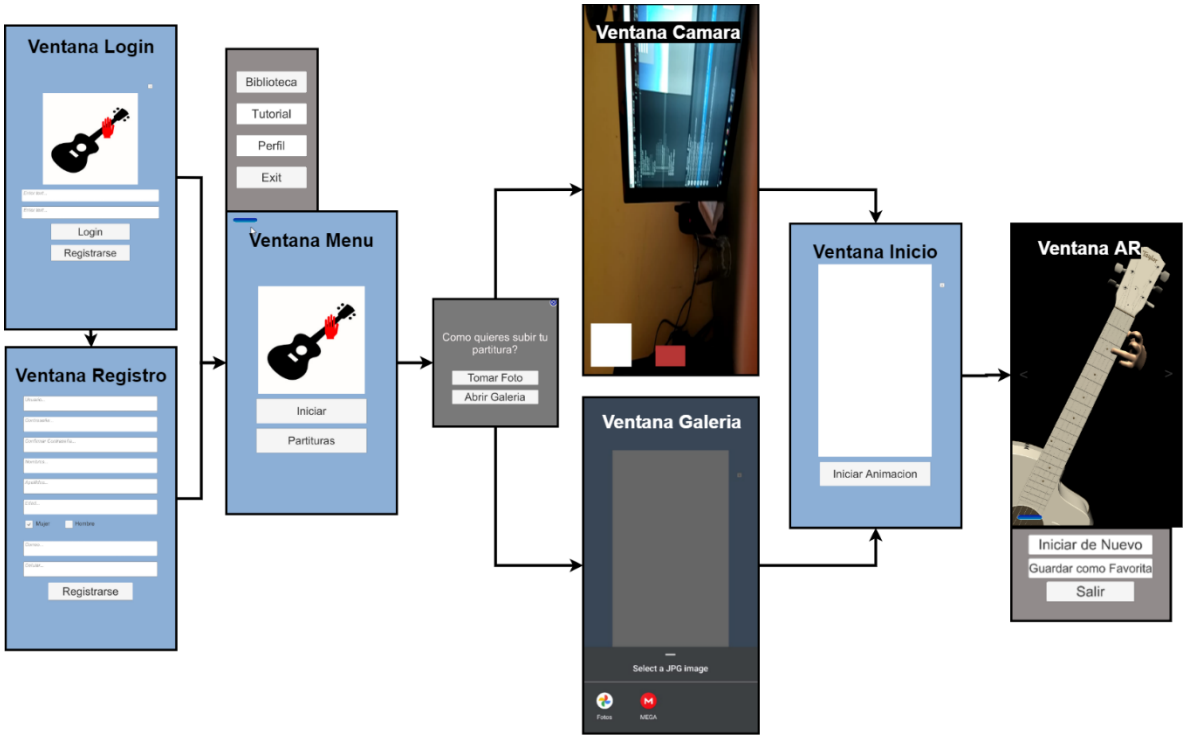
Fuente: Los Autores.

4.7 DISEÑO DE VENTANAS

En el proceso de diseño de la aplicación se decidió crear un boceto de cada una de las ventanas principales con las que el usuario se encontrara al momento de utilizar la aplicación, los bocetos contienen los botones, popUps y desplegables correspondientes. Además, se presenta un mapa de navegación con las ventanas

para facilitar el proceso de desarrollo de la aplicación sirviendo este como guía a la hora de creación de esta.

Figura 7. Mapa de navegación



Fuente: Los Autores.

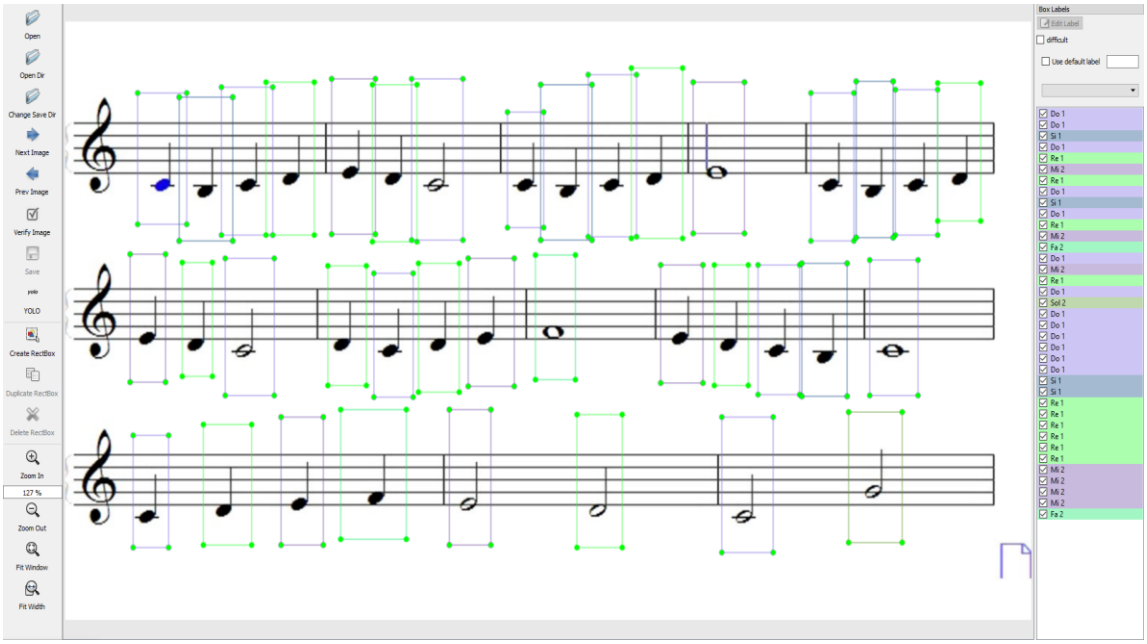
5. IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN

Para la construcción del proyecto se empieza con el desarrollo de diferentes módulos que componen la aplicación, empezando con todo lo relacionado acerca del reconocimiento de notas y su visualización, luego la construcción de los servidores que se implementan, terminando con el desarrollo de las diferentes ventanas de la aplicación, la unión y comunicación de todos los componentes.

5.1 CLASIFICACIÓN DE NOTAS Y ACORDES

Para la clasificación de una partitura, se debe iniciar con un etiquetado de las diferentes notas y acordes que se encuentren en ella, este proceso se realiza por medio de un programa llamado Labellmg desarrollado en Python, que permite cargar imágenes y realizar un proceso de enmarcado de diferentes partes de la imagen que se quiere reconocer, las anotaciones se pueden guardar en diferentes formatos como XML, PASCAL o YOLO siendo este último el seleccionado para el proyecto. A continuación, se presenta un ejemplo de la interfaz del programa y su funcionamiento.

Figura 8. Labellmg



Fuente: Los Autores

En la figura 4 se puede apreciar una partitura en el programa LabelImg, donde las diferentes notas que contiene están enmarcadas, cada una etiquetada con su respectivo nombre y ubicación en la imagen, gracias a este proceso se puede sacar el listado de las diferentes notas y partituras que existen. A continuación, se muestran algunas de las notas que están listadas en el archivo.

Figura 9. Lista de notas

```
custom.names
1   Do_1
2   Do_2
3   Do_3
4   Re_1
5   Re_2
6   Re_3
7   Mi_1
8   Mi_2
9   Mi_3
10  Mi_4
11  Fa_1
12  Fa_2
13  Fa_3
14  Sol_1
15  Sol_2
```

Fuente: Los autores.

Posteriormente se establece el entrenamiento del algoritmo con las imágenes de las partituras, su archivo tipo YOLO que contiene las notas encontradas, este es un ejemplo del contenido del archivo:

Figura 10. Ejemplo archivo Yolov4

```
img1.txt
0 0.476953 0.247917 0.036719 0.193056
0 0.100391 0.229167 0.050781 0.219444
19 0.146484 0.246528 0.055469 0.240278
0 0.189062 0.234722 0.053125 0.247222
3 0.233203 0.229167 0.049219 0.255556
7 0.298438 0.227083 0.045312 0.259722
3 0.341016 0.236806 0.046094 0.262500
0 0.385937 0.230556 0.053125 0.269444
19 0.519531 0.235417 0.053125 0.259722
0 0.567187 0.225694 0.050000 0.270833
3 0.612500 0.220139 0.053125 0.284722
7 0.676953 0.227778 0.053906 0.252778
11 0.507422 0.495833 0.041406 0.208333
0 0.858203 0.511806 0.049219 0.226389
7 0.419531 0.763194 0.042188 0.226389
```

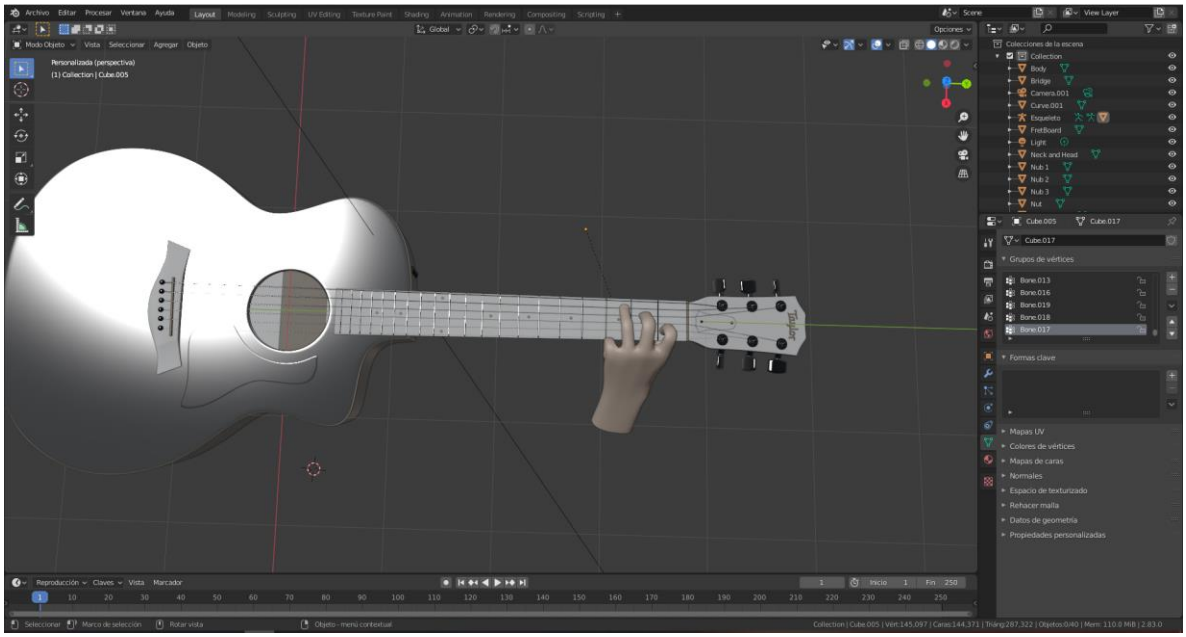
Fuente: Los autores.

Cada archivo de texto tiene el mismo nombre de la imagen de la partitura, el primer digito corresponde a la nota observada según la lista en la figura 5, los cuatro números siguientes corresponden a la ubicación de la etiqueta en la imagen.

5.2 MODELADO NOTAS Y ACORDES

El programa Blender utilizado especialmente para la creación, modelado y renderizado de objetos tridimensionales permitió el diseño de las diferentes representaciones de notas y acordes implementadas en la aplicación, el software permitió un rápido flujo de trabajo gracias a su fácil uso, favoreciendo la creación de más de 200 modelos de diferentes posiciones de la mano izquierda ilustrando su posición en los diferentes trastes y cuerdas de la guitarra.

Figura 11. Do mayor en Blender



Fuentes: Los autores.

En la anterior figura se visualiza como es la estación de trabajo en Blender, utilizando un modelo 3D de libre uso de una guitarra como base para un mejor modelado y diseño de la posición de los dedos respectivamente en la guitarra, para que exista naturalidad en la posición y no sea incómodo para el usuario al momento de replicarla. Luego de crear cada modelo se exporta dos veces en formato FBX (.fbx). La primera es la guitarra junto a la mano, este modelo será utilizado para crear la biblioteca de acordes, el segundo es solo el modelo de la mano izquierda que se usará para la visualización de las notas según la partitura que se desee leer.

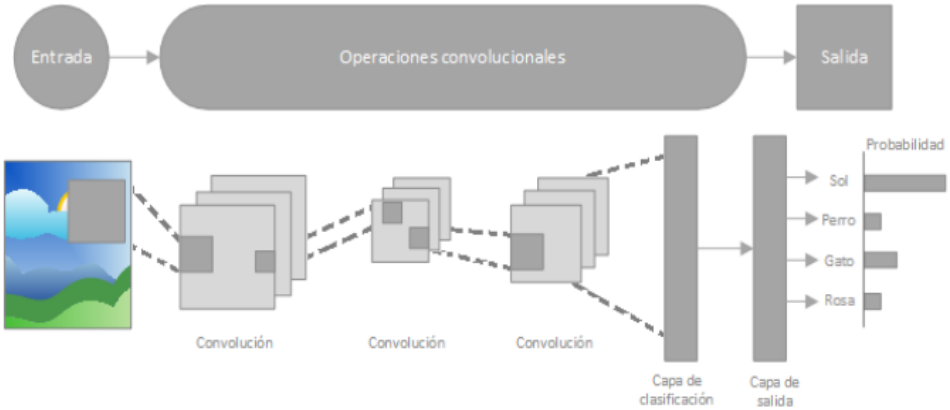
5.3 ENTRENAMIENTO DEL ALGORITMO

Por medio de Google Colaboratory que facilita un entorno de desarrollo gratis con GPU's en la nube, se establece la configuración del algoritmo de reconocimiento Yolo v4 que se encuentra libre en diferentes repositorios de GitHub para su clonación. Primero se debe editar el archivo de configuración del propio proceso de aprendizaje, entregándole las pautas con las que realizará el estudio, las diferentes variables hacen referencia a cuantos ciclos realizará, cuantos tipos de clases se deberán estudiar, este valor se calcula según la cantidad de notas o partituras que

existan como se observó en la figura 5 y por último la precisión del estudio, que permite variarlo para ajustar consumos de memoria en el equipo.

A partir de las imágenes de partituras y su correspondiente ubicación el algoritmo empezará su proceso de aprendizaje, donde utilizará las coordenadas de las etiquetas, y estudiará que tipo de imagen o patrón corresponde, en la siguiente imagen se presenta un ejemplo del flujo de trabajo de este algoritmo convolucional.

Figura 12. Flujo de una red neuronal convolucional.



Fuente: Rios, C. Comparación y uso de modelos de redes neuronales convolucionales aplicado al desarrollo de tecnología asistiva para identificación de productos. Universidad de especialidades espíritu santo. 2020. P. 18

Luego de esta parte, arrojará un archivo con los resultados o los llamados pesos, gracias a este se podrá configurar y establecer el servidor sin realizar nuevamente el proceso de aprendizaje, facilitando recursos y tiempo.

Finalizada la etapa de aprendizaje del algoritmo, se debe configurar los archivos para sacar el listado de las notas encontradas en el orden correspondiente a la imagen ya que el algoritmo base imprime los valores encontrados según el primer patrón reconocido, para esto se codifica y añade una serie de métodos que organizan según las coordenadas donde se encuentra la etiqueta, este es el método para organizar el listado de notas:

Figura 13. Método de ordenamiento

```
def ordenar(arr):
  lista2=(sorted(arr, key=attrgetter('ymin')))
  minim=min(lista2, key=attrgetter('ymax'))
  valor=minim.ymax+30
  hasta=0
  ultimo=len(lista2)
  for val in lista2:
    if (val.ymax<=valor):
      estos.append(val)

    else:
      hasta=lista2.index(val)
      break
  ultimo2=len(estos)-1
  imprimir(estos)

  if(estos[ultimo2]==lista2[ultimo-1]):
    estos[:]=[]
  else:
    otra=lista2[hasta:]
    estos[:]=[]
    ordenar(otra)
```

Fuentes: Los autores.

El método se basa en ordenar el listado de etiquetas de arriba hacia abajo, dividiendo por rangos de pixeles la imagen haciendo referencia al conjunto de notas que se encuentra en las líneas del pentagrama, posteriormente por cada rango empezara el método a ordenándolas de izquierda a derecha, este proceso es realizado para enviarle a la aplicación el listado de notas en orden que se encuentran en la partitura para su correcta proyección.

5.4 CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR

En el proyecto se desarrolla la construcción de dos servidores, el primero es el que alberga el algoritmo de reconocimiento de notas para el recibo y peticiones de la aplicación móvil, el segundo es la base de datos para guardar toda la información de los usuarios que ingresen y se registren en la aplicación.

5.4.1 Servidor de reconocimiento de notas

El algoritmo de reconocimiento debe estar albergado en un servidor donde la aplicación móvil realice una petición a este, enviándole la imagen que desea ser reconocida. Para esto se crea un ambiente de desarrollo nombrado Yolov4-cpu en la máquina del servidor, albergado en la carpeta del algoritmo de reconocimiento,

en este espacio se podrá configurar los diferentes archivos, ingresar a los datos de las imágenes cargadas y ejecutar el mismo algoritmo para el reconocimiento de notas.

Al tener el ambiente creado se configura el algoritmo, solamente con los archivos de la cantidad de clases de notas y acordes que existen y el archivo de pesos resultante del estudio del algoritmo, al tener estos dos archivos se procede a realizar un comando para configurar el ambiente con los pesos, para de esta forma tener listo así el algoritmo de reconocimiento de imágenes. El resultado de este proceso se puede apreciar en la siguiente figura indicando al final los parámetros de entrenamiento aprendidos y la creación de los “assets” que son los grafos del resultado del entrenamiento.

Figura 14. Resultado de la configuración

```
__________________________________________________________________________________________________
tf_op_layer_Shape_12 (TensorFlo [(2,)]              0           tf_op_layer_GatherV2_1[0][0]
__________________________________________________________________________________________________
tf_op_layer_RealDiv_1 (TensorFl [(None, None, 2)]   0           tf_op_layer_Sub_3[0][0]
__________________________________________________________________________________________________
tf_op_layer_RealDiv_3 (TensorFl [(None, None, 2)]   0           tf_op_layer_AddV2_26[0][0]
__________________________________________________________________________________________________
tf_op_layer_strided_slice_11 (T [()]                0           tf_op_layer_Shape_11[0][0]
__________________________________________________________________________________________________
tf_op_layer_strided_slice_12 (T [()]                0           tf_op_layer_Shape_12[0][0]
__________________________________________________________________________________________________
tf_op_layer_strided_slice_15 (T [(None, None, 1)]   0           tf_op_layer_RealDiv_1[0][0]
__________________________________________________________________________________________________
tf_op_layer_strided_slice_16 (T [(None, None, 1)]   0           tf_op_layer_RealDiv_1[0][0]
__________________________________________________________________________________________________
tf_op_layer_strided_slice_17 (T [(None, None, 1)]   0           tf_op_layer_RealDiv_3[0][0]
__________________________________________________________________________________________________
tf_op_layer_strided_slice_18 (T [(None, None, 1)]   0           tf_op_layer_RealDiv_3[0][0]
__________________________________________________________________________________________________
tf_op_layer_Reshape_14/shape (T [(3,)]              0           tf_op_layer_strided_slice_11[0][0
                                                                tf_op_layer_strided_slice_12[0][0

tf_op_layer_concat_17 (TensorFl [(None, None, 4)]   0           tf_op_layer_strided_slice_15[0][0
                                                                tf_op_layer_strided_slice_16[0][0
                                                                tf_op_layer_strided_slice_17[0][0
                                                                tf_op_layer_strided_slice_18[0][0
__________________________________________________________________________________________________
tf_op_layer_Reshape_14 (TensorF [(None, None, None)] 0          tf_op_layer_GatherV2_1[0][0]
                                                                tf_op_layer_Reshape_14/shape[0][0
__________________________________________________________________________________________________
tf_op_layer_concat_18 (TensorFl [(None, None, None)] 0          tf_op_layer_concat_17[0][0]
                                                                tf_op_layer_Reshape_14[0][0]
==================================================================================================
Total params: 64,235,545
Trainable params: 64,169,241
Non-trainable params: 66,304
__________________________________________________________________________________________________
2020-10-13 07:47:33.835762: W tensorflow/python/util/util.cc:348] Sets are not currently considered sequences, but this may change in the future, so consider avoiding using them.
INFO:tensorflow:Assets written to: ./checkpoints/custom-416\assets
I1013 07:48:15.451657  8792 builder_impl.py:775] Assets written to: ./checkpoints/custom-416\assets
```

Fuentes: Los autores.

Luego del proceso de configuración del algoritmo en la máquina, se crea el servidor de petición y respuesta este está desarrollado en el framework Flask de Python elaborado principalmente para facilitar el desarrollo de aplicaciones web, ya que incluye se propio servidor de desarrollo web, soporte para pruebas unitarias y permite solicitudes desde diferentes computadores o móviles que estén bajo la misma red.

En el servidor se codifica una serie de métodos que realizan funciones como la lectura de la imagen recibida, la ejecución del algoritmo y la configuración del puerto de escucha del servidor. En cuanto a su funcionamiento, la aplicación móvil envía una petición POST al servidor con la imagen de la partitura, este recibe el contenido guardándolo en la carpeta de imágenes del algoritmo y posteriormente ejecuta el código de reconocimiento, ya que el algoritmo y el servidor están desarrollados bajo el mismo lenguaje permite una sencilla integración, luego de finalizar el proceso de reconocimiento reenvía por el mismo método un Json con el listado de notas encontradas en la imagen.

Figura 15. ejemplo del método post.

```
11  @app.route("/<name>")
12  def index(name):
13      lista=[]
14
15      os.system('python detect.py --weights ./checkpoints/custom-416 --size 416 --model yolov4 --images ./data/images/img1.jpg')
16      archivo=open("/tensorflow-yolov4-tflite-master/text_1.txt")
17      for linea in archivo:
18          lista.append(linea)
19      archivo=open("/tensorflow-yolov4-tflite-master/text_1.txt","w")
20      archivo.close()
21      return jsonify(lista)
22
```

Fuentes: Los autores.

5.4.2 Servidor de base de datos

La base de datos que albergará la información personal y las partituras que el usuario desee guardar como se especificó en la figura 3, estará configurada en Azure sobre una máquina virtual con sistema operativo Linux (Ubuntu 18.04). La base de datos que se utilizara es MySQL ya que permite la conexión desde Unity a la base de datos, modificar y extraer la información necesaria.

Para efectuar la conexión a la base de datos mediante Unity es necesario, la ejecución de un script en lenguaje c#, el cual permite la conexión y mediante un método POST envía un formulario a una URL que direcciona a un código de php con la información que se desea guardar. Acá se muestra un ejemplo del script.

Figura 16. Ejemplo conexión mediante Unity.

```
IEnumerator GetUsers(string uri)
{
    using (UnityWebRequest webRequest = UnityWebRequest.Get(uri))
    {
        // Request and wait for the desired page.
        yield return webRequest.SendWebRequest();

        string[] pages = uri.Split('/');
        int page = pages.Length - 1;

        if (webRequest.isNetworkError)
        {
            Debug.Log(pages[page] + ": Error: " + webRequest.error);
        }
        else
        {
            Debug.Log(pages[page] + ":\nReceived: " + webRequest.downloadHandler.text);
        }
    }
}
```

Fuentes: Los autores.

Por el lado del servidor se recibe el formulario enviado desde Unity que por medio de php extrae los datos y los introduce en la base de datos correspondiente.

Figura 17. Ejemplo conexión php

```
GetUsers.php
1   <?php
2   $servername = "localhost";
3   $username = "sebastian";
4   $password = "Sebastian";
5   $dbname = "dbtesis";
6
7   // Verificar conexion
8   if ($conn->connect_error) {
9     die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
10  }
11
12  echo "Connected successfully <br><br>";
13
14  $sql = "SELECT username FROM users";
15  $result = $conn->query($sql);
16
17  if ($result->num_rows > 0) {
18
19    while($row = $result->fetch_assoc()) {
20      echo "username: " . $row["username"]."<br>";
21    }
22  } else {
23    echo "0 results";
24  }
25  $conn->close();
26  ?>
```

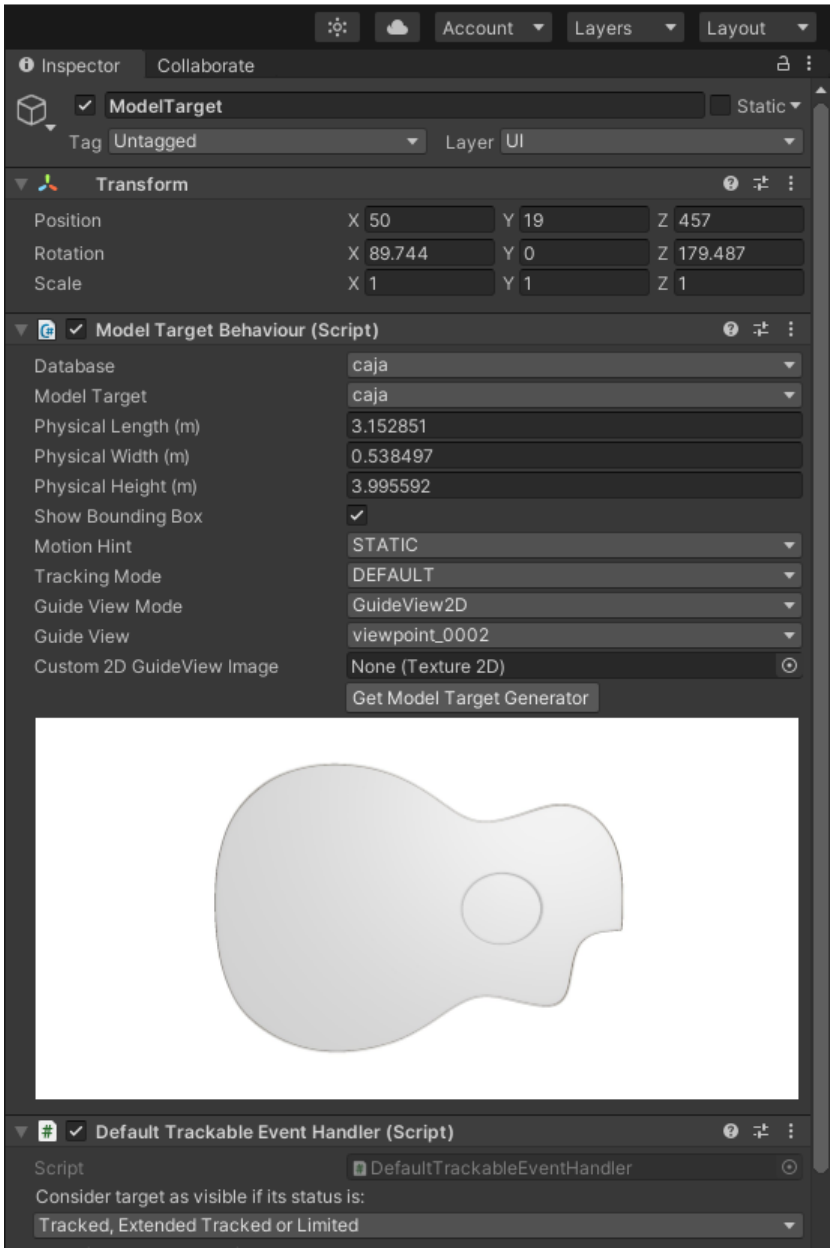
Fuente: Los autores.

5.5 CREACIÓN REALIDAD AUMENTADA

Para el desarrollo del aspecto de visualizar por medio de realidad aumentada los diferentes modelos de las manos se crea una ventana que inicialice la cámara del dispositivo, esta cámara ya está configurada gracias al SDK Vuforia para leer e interpretar los objetivos o los llamados target, para que el proyecto tenga una mejor inmersión se configura una vista de un modelo de guitarra como target, de esta forma cuando el usuario inicie su pantalla de animación, la aplicación proyectara

desde la guitarra real los diferentes modelos de la posición de la mano. En la siguiente figura se muestra como es la configuración de este target en Unity.

Figura 18. Configuración target

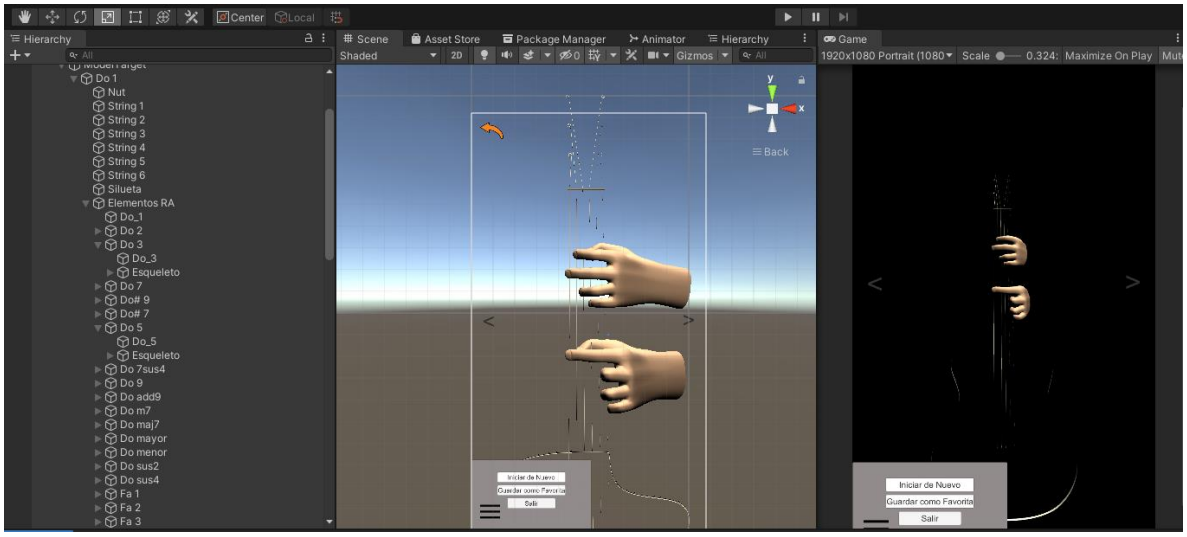


Fuente: Los Autores.

Ya configurado el accionador de la realidad aumentada, se crea una silueta de la guitarra como guía para que el usuario se situé con relación a ella para mejorar la visualización de los modelos y no haya inconvenientes en la proyección con relación

a diferentes aspectos como tamaños o ubicación espacial. Al tener esta silueta se sitúa en ella los modelos de las manos donde deban estar ubicadas respecto a su posición para la interpretación en la guitarra.

Figura 19. Modelos silueta unity



Fuente: Los Autores.

Al tener ya configurados y situados estos modelos en la silueta de la guitarra, se ocultan para que al momento de lectura se inicien solamente los necesarios según la partitura, de esta forma quedaría construida la pestaña de realidad aumentada. A continuación, en la figura se demuestra como seria el funcionamiento de esta ventana.

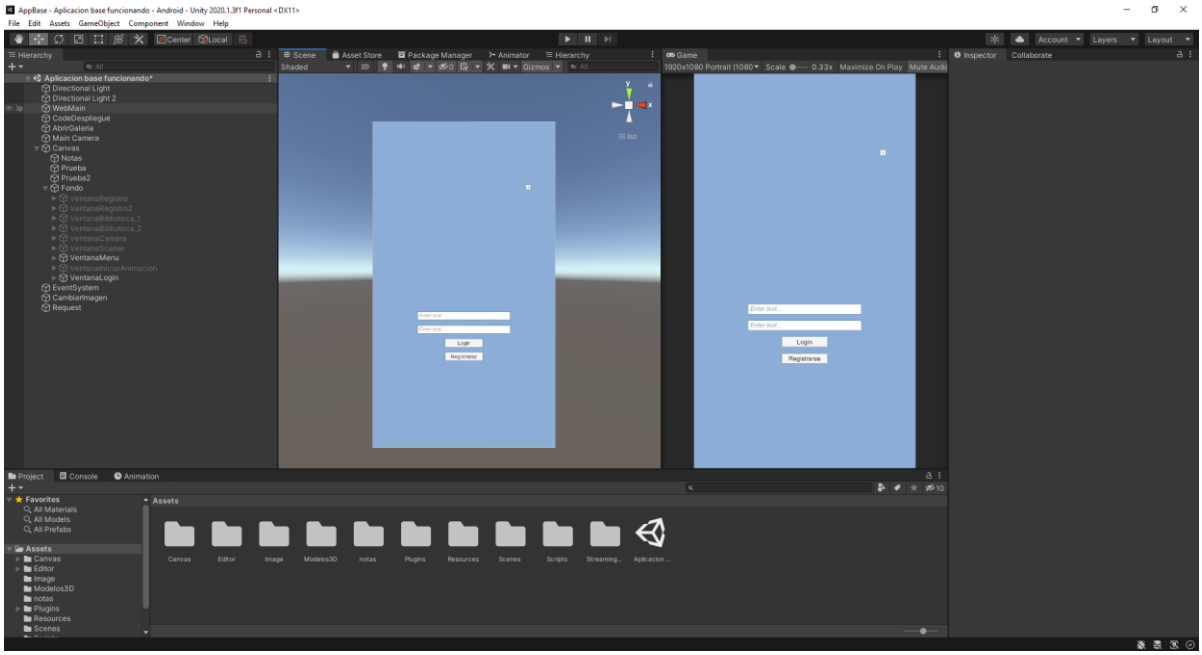
Figura 20. Proceso realidad aumentada

Fuente: Los Autores.

5.6 CREACIÓN DE LA APLICACIÓN

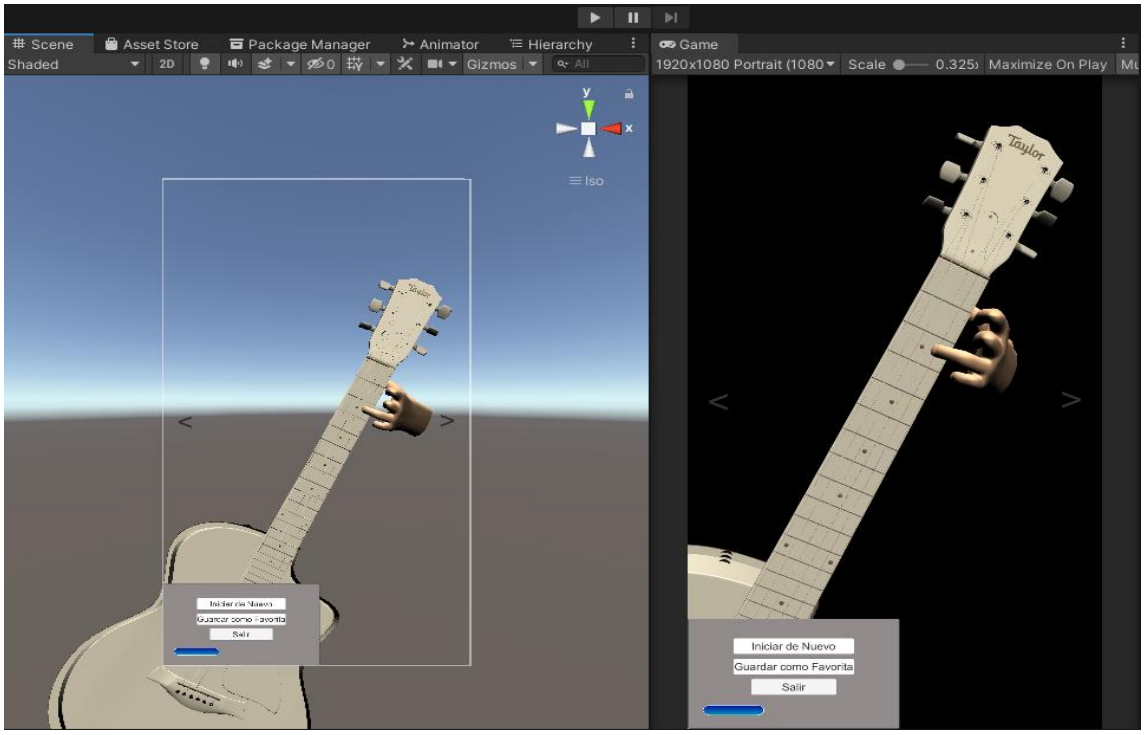
Luego de la construcción de cada componente que contiene el proyecto, se empieza con la elaboración de las diferentes ventanas de la aplicación, las correspondientes al front-end o vista del usuario. Para esto se utiliza el software Unity que permite la creación de las pestañas y la implementación del uso de la cámara del dispositivo para la visualización de la realidad aumentada, se empieza con la construcción de las vistas con el respectivo orden de uso de la aplicación, desde la ventana de inicio hasta la de animación. Unity permite la sencilla creación de botones, cuadros de texto o cuadros de imágenes facilitando la construcción sin necesidad de codificación a fondo.

Figura 21. Ventana Login Unity



Fuente: Los Autores.

Figura 22. Ventana de animación



Fuente: Los Autores.

Con cada ventana creada se empieza a desarrollar diferentes scripts en lenguaje C# que se utilizan para la creación de la lógica interna de la aplicación, diferentes métodos que corresponden a las acciones que se deben realizar, tales como iniciar otras ventanas, abrir la animación para la realidad aumentada o iniciar la comunicación con el servidor como se observa en la siguiente figura.

Figura 23. Comunicación del servidor

```
public class Request : MonoBehaviour
{
    public ArrayList alist = new ArrayList();

    public void PostImage()
    {
        HttpClient httpClient = new HttpClient();
        MultipartFormDataContent form = new MultipartFormDataContent();

        byte[] imagebytearraystring = ImageFileToByteArray(@"/storage/emulated/0/DCIM/Assets/Image/foto.jpg");

        if (imagebytearraystring != null)
        {
            form.Add(new ByteArrayContent(imagebytearraystring, 0, imagebytearraystring.Length), "file", "hello1.jpg");
            HttpResponseMessage response = httpClient.PostAsync("http://192.168.0.10:5000/prueba", form).Result;

            httpClient.Dispose();
            string sd = response.Content.ReadAsStringAsync().Result;
            ArreglarLista(sd);
        }
    }
```

Fuente: Los Autores.

Luego de la construcción de cada ventana y sus correspondientes componentes, el siguiente paso es la creación del aplicativo como tal, donde Unity compila todo el desarrollo y crea un apk listo para la instalación en el dispositivo móvil.

6. PRUEBAS

En este capítulo se documentan los resultados de un protocolo de pruebas realizados a la aplicación, para comprobar su correcto funcionamiento y uso. Empezando con las pruebas relacionadas al desarrollo del aplicativo y finalizando con el resultado de las pruebas realizadas a una muestra de usuarios.

6.1 PRUEBAS DE DESARROLLO

El proyecto es un aplicativo que se compone de tres grandes componentes: la base de datos, el servidor de reconocimiento de notas y la aplicación móvil cada uno de estos, llevo gran cantidad de horas de realización debido a que cada componente se desarrolla en ambientes distintos y en la elaboración de cada uno, era necesario hacer pruebas de funcionamiento para ver si la construcción era la adecuada.

La base de datos esta alojada en un servicio en la nube y está desarrollada con código MySQL, el servidor de reconocimiento fue un gran trabajo de construcción debido a que se tenía que implementar primero el algoritmo de detección que está desarrollado bajo el lenguaje de Python en la máquina y aparte de esto entender cómo está elaborado para realizar las modificaciones necesarias, como fue el método para ordenar el listado de notas según la partitura deseada, para esto se creo un ambiente de desarrollo aparte del principal para la construcción y prueba del método como se puede observar en la figura ##, donde los métodos desarrollados iban siendo probados con datos de prueba simulando el entorno principal.

Figura 24. Ambiente simulado de código

Ordenamiento

Run

main.py

```python
from operator import attrgetter
lista=[]
class objetos():
    def __init__(self,nombre,xmin,ymin,xmax,ymax):
        self.nombre=nombre
        self.xmin=xmin
        self.ymin=ymin
        self.xmax=xmax
        self.ymax=ymax

    def __repr__(self):
        return repr((self.nombre,self.xmin,self.ymin,self.xmax,self.ymax))



def arreglar(lista):
    print("ordenados:")
    lista2=(sorted(lista, key=attrgetter('xmin')))
    fic = open("text_1.txt", "w")
    for obj in lista2:
#       print(obj.nombre,"   ",obj.xmin,"      ",obj.ymin)
        fic.write(str(obj.nombre)+" "+str(obj.xmin)+" "+str(obj.ymin)+" "+str(obj.xmax)+" "
        +str(obj.ymax))
        fic.write("\n")
    fic.close()


def prueba(arr):
  lista2=(sorted(arr, key=attrgetter('xmax')))
  minim=min(lista2, key=attrgetter('xmax'))
  valor=minim.xmax+30
  hasta=0
  ultimo=len(lista2)

  for val in lista2:
    if (val.xmax<=valor):
      print("si",val,"index ",lista2.index(val))
      lista.append(val)

    else:
      hasta=lista2.index(val)
      print(val)
      break

```

https://Ordenamiento.alejandroperez8.repl.run

```
Python 3.8.2 (default, Feb 26 2020, 02:56:10)
>
```

Fuente: Los Autores.

Al finalizar la construcción de los métodos se procede a insertarlo en el script “Utils.py” del algoritmo de reconocimiento principal ya que en este archivo se encuentra el método para imprimir los resultados del escaneo de la imagen, ya que el método de ordenar se construyó en una simulación del principal no hubo errores al momento de unirlo.

Se debe alojar el algoritmo de detección en un servidor que permita recibir peticiones, este proceso fue especialmente difícil de elaborar debido a que no se tenía el conocimiento de que framework o software utilizar ni como empezar la búsqueda este. En la investigación para solucionar el desarrollo del servidor se encuentra el framework Flask que permitió el alojamiento del algoritmo y su ejecución por medio de respuestas HTTP desde otros dispositivos. El desarrollo de este no presento problemas ya que al ser un framework minimalista fue sencillo de

construir. Para probar el funcionamiento del servidor junto el algoritmo se realiza una serie de solicitudes con diferentes imágenes de partituras para lograr y establecer la rapidez y confiablidad de respuesta del servidor. Los resultados se presentan en la siguiente tabla, fueron satisfactorios presentando tiempos de respuestas mínimos para el reconocimiento de notas en una partitura.

Tabla 11. Tiempo respuesta del servidor

Núm. de prueba	Cantidad de notas	Tiempo de respuesta
1	54	Menos de 15 segundos
2	36	Menos de 12 segundos
3	30	Menos de 12 segundos
4	28	Menos de 7 segundos
5	16	Menos de 5 segundos

Fuente: Los Autores

Por último el desarrollo de la lógica en Unity fue por medio de un lenguaje de programación que no se tenía conocimiento como es el C#, esto acarreo grandes investigaciones para entender su correcto uso y lograr construir los métodos necesarios para el proyecto, debido a ciertos inconvenientes que se tuvieron en la comunicación del servidor de reconocimiento con el aplicativo en Unity debido a que los dos extremos están desarrollados bajo diferentes lenguajes pero se tenían que enlazar y comunicar bajo un mismo canal. Esto se logró desarrollando en lado del cliente el envío de una petición con la imagen de la partitura a escanear transformada en un conjunto de Bits, para que el servidor solo transforme los Bits a la imagen original.

6.2 CASOS DE PRUEBA

Para comprobar los diferentes componentes que construyen la aplicación se utiliza la herramienta de evaluación de casos de prueba que permite visualizar el funcionamiento de la aplicación por medio de una serie de pasos detallados de uso que se deben realizar en la aplicación. Si al momento de realizar uno de estos pasos la aplicación no lanza la respuesta deseada o simplemente falla, se podrá observar que causo el inconveniente y en que parte del flujo de uso sucedió, luego de que este error sea tratado se realiza el mismo caso de prueba para ver si exitosamente

se resolvió, o causo otro error en el flujo o simplemente no funciono. Los casos de prueba no solo permiten resolver errores en la aplicación si no también sirven para observar que cambios son pertinentes desarrollar en la aplicación u observaciones para tener en cuenta.

Cada caso de prueba evalúa un flujo de uso, desde el uso de los diferentes botones de cada ventana, hasta la misma navegación a través de la aplicación, cada caso de prueba se da por finalizado y completado cuando los pasos funcionan a su totalidad. A continuación, se presenta un cuadro con los casos de prueba realizados y en los anexos cada uno estará descrito para la comprensión de los pasos realizados.

Tabla 12. Casos de prueba

Casos de Prueba			
Numero caso de prueba	Objeto de prueba	Descripción	Núm. De veces realizados
CP-001	Navegación por la aplicación	Navegación de la aplicación, ingresando desde login hacia la ventana de animación.	2
CP-002	Navegación por la aplicación	Navegación de la aplicación empezando por la ventana principal hacia la ventana tomar foto con la cámara, y terminando en ventana de comenzar animación.	1
CP-003	Navegación por la aplicación	Navegación de la aplicación empezando por la ventana principal hacia la ventana seleccionar foto en galería, y terminando en ventana de comenzar animación.	3
CP-004	Registro de usuario	Registro del usuario a través de la ventana de login.	2
CP-005	Tomar fotografía	El usuario ingresará a la pestaña y abrirá la cámara para tomar una fotografía de la partitura.	2
CP-006	Aplicación móvil y servidor	Conexión entre la aplicación móvil y el servidor, probando con foto de la galería.	5

Fuente: Los Autores.

6.3 PRUEBAS A USUARIOS

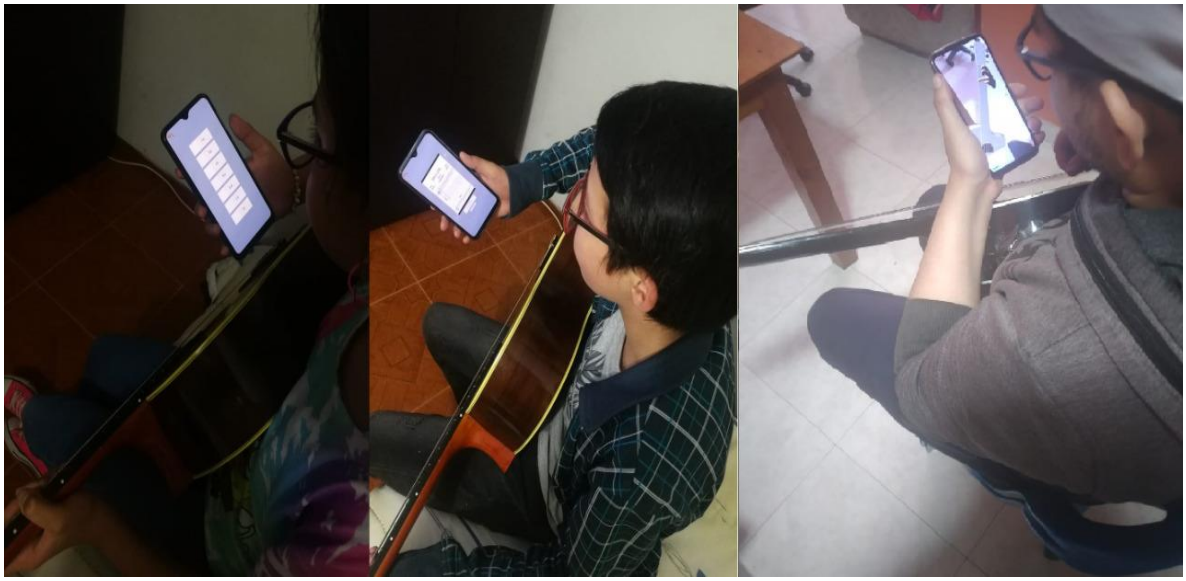
Para comprobar el funcionamiento y la finalidad del aplicativo, se realiza un protocolo de pruebas a distintos usuarios evaluando diferentes aspectos como navegación, usabilidad y desempeño de la aplicación al momento de ser usada, permitiendo saber si el aplicativo cumple con el alcance propuesto de presentar una herramienta alternativa para la interpretación de notas y acordes en la guitarra acústica.

Frente a la dificultades sanitarias que se están llevando a cabo actualmente en el país, y las múltiples medidas preventivas frente al COVID-19 el proceso de aplicación del instrumento por medio de la presencialidad se vio obstaculizado, por esta razón las pruebas fueron aplicadas a un entorno inmediato de un grupo focal de personas conocidas, aprovechando la oportunidad, el protocolo fue desarrollado con una versión base de la aplicación donde se podía interactuar con las funciones principales y utilizar la realidad aumentada para la interpretación de las diferentes notas como se evidencia en las siguientes imágenes. La primera, los usuarios interpretando los acordes con la tecnología de realidad aumentada proyectando una guitarra con el avatar de la mano, la segunda, utilizando el aplicativo para navegar por las distintas ventanas.

Imagen 1. Pruebas con realidad aumentada

Fuente: Los Autores.

Imagen 2. Pruebas de navegación



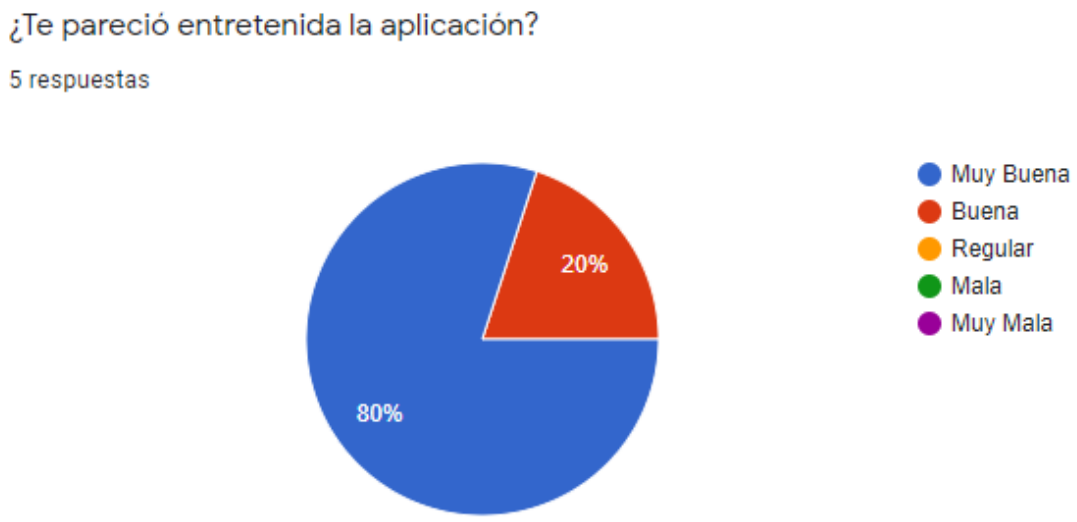
Fuente: Los Autores.

La prueba se realiza a dos adultos y tres niños entre 8 y 14 años, entregándoles la aplicación y explicándoles su funcionamiento y finalidad, permitiéndoles su libre uso

para la interacción con la herramienta, a la par del avance de la herramienta se califica el desempeño de la aplicación.

Al finalizar el proceso de uso y de evaluación de la aplicación se realiza una encuesta a los diferentes usuarios para medir su experiencia con la herramienta. A continuación, se presentan los resultados de la encuesta con cada uno de los entrevistados.

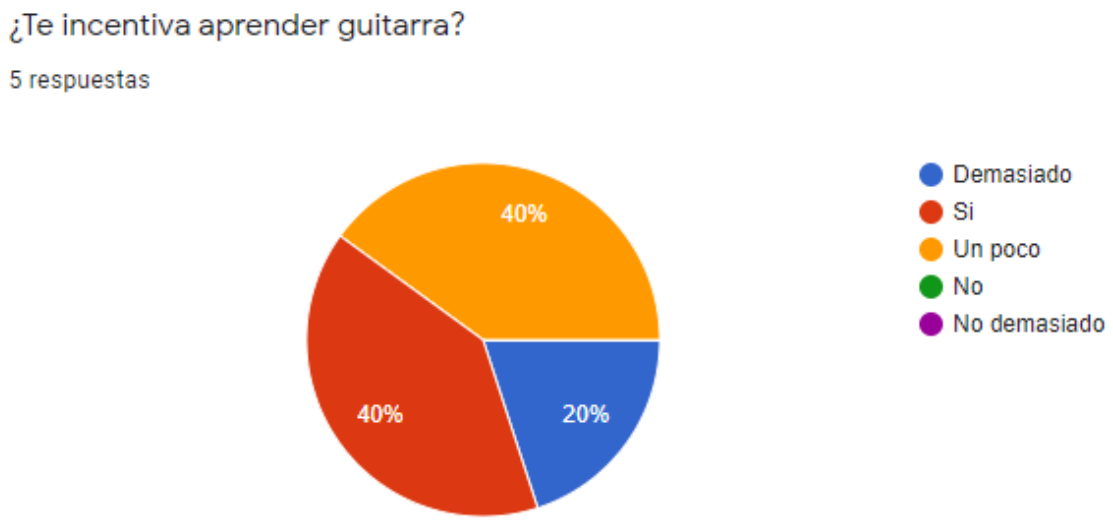
Gráfico 2. Encuesta pregunta uno



Fuente: Los Autores.

Resultado favorable para la aplicación ya que las personas entrevistadas se sintieron a gusto con su uso.

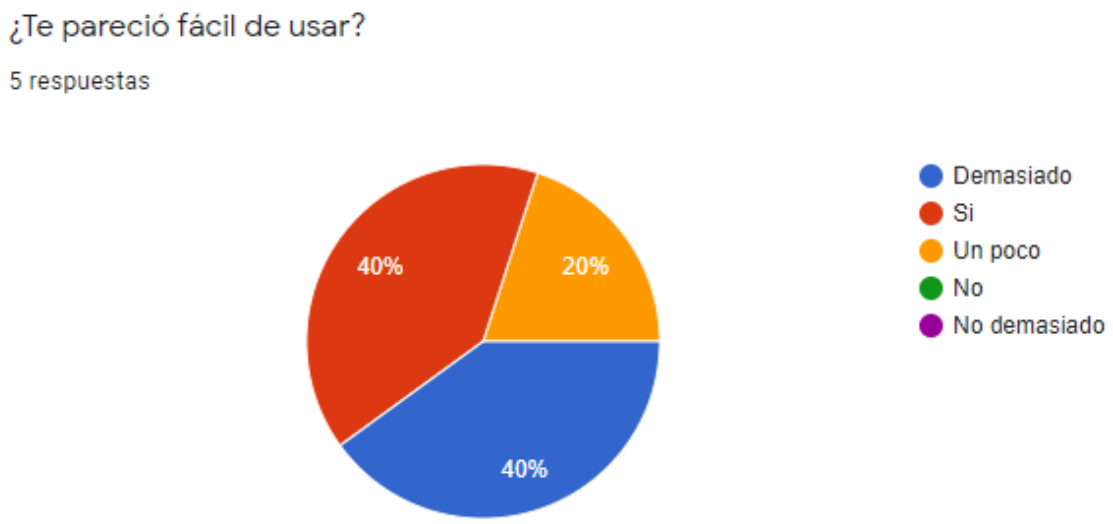
Gráfico 3. Encuesta pregunta dos



Fuente: Los Autores.

El uso de la aplicación está ligado a la iniciativa de aprender guitarra del usuario, ya que si no se siente motivado la aplicación no permitirá incitarlo a aprender.

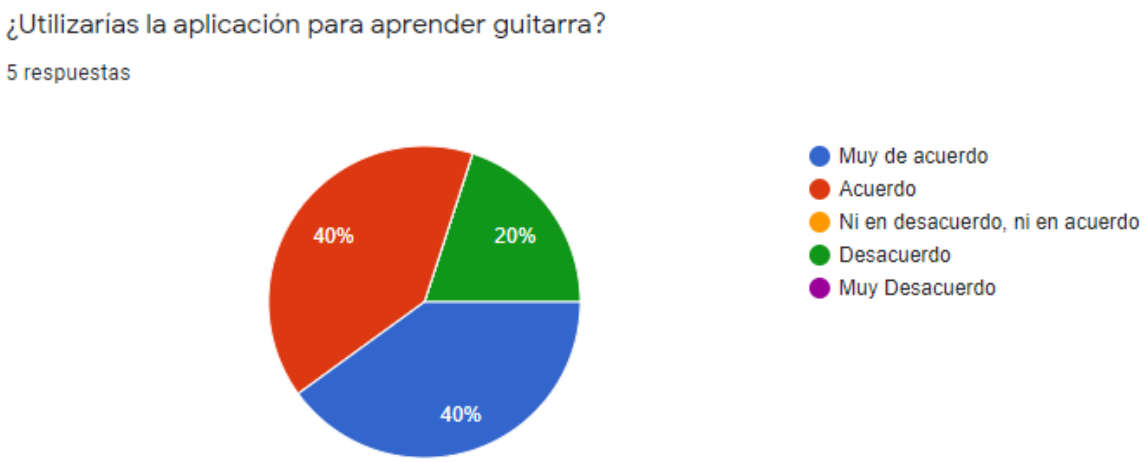
Gráfico 4. Encuesta pregunta tres



Fuente: Los Autores.

La persona entrevistada que no tenía interés en el aprendizaje de la guitarra, se vio afectada con el uso de la aplicación.

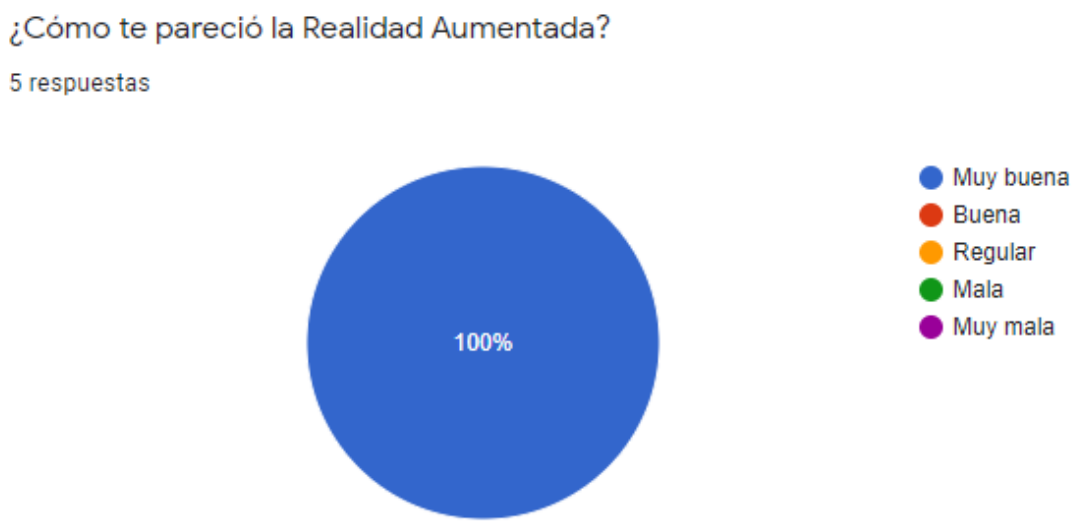
Gráfico 5. Encuesta pregunta cuatro



Fuente: Los Autores.

Las personas entrevistadas ven la aplicación como una herramienta viable para su aprendizaje.

Gráfico 6. Encuesta pregunta cinco



Fuente: Los Autores.

Todos los entrevistados se sintieron a gusto con la realidad aumentada y les pareció novedoso su aplicación.

Gráfico 7. Encuesta pregunta seis

Fuente: Los Autores.

A partir de los resultados obtenidos podemos determinar que el objetivo de la aplicación se cumplió en su mayoría ya que se obtuvieron buenos resultados en las preguntas realizadas, cabe recalcar que la motivación por parte de la persona que la utilice se ve reflejada en su entendimiento, ya que uno de los entrevistados no se veía interesado por la guitarra, lo que produjo que se le dificultara el uso de la realidad aumentada y como posicionar las manos en la guitarra, por otro lado los participantes de la prueba que tenían algún conocimiento o interés en la guitarra apropiaron el uso de la aplicación y el como posicionar las manos en la guitarra de manera inmediata.

La aplicación permite un aprendizaje más interactivo, llamativo y dinámico en las personas esto debido al uso de la realidad aumentada, en el grafico 29 se puede apreciar que los entrevistados se sintieron a gusto con esta tecnología, de esta forma se ratifica que la aplicación es una herramienta que puede ser importante

para atraer a las personas que quieran realizar su aprendizaje de forma alternativa, o que quieran repasar aspectos básicos en la interpretación de notas.

En la siguiente tabla se muestra que aspectos se evaluaron de la aplicación y las observaciones encontradas de cada aspecto a partir de las pruebas realizadas. En los anexos del proyecto se encuentra el resultado de cada prueba en los usuarios.

Tabla 13. Evaluación de aspectos de la aplicación

Aspecto	Resultados	Observaciones
Navegación	Los usuarios lograron acceder a cada una de las ventanas de la aplicación sin inconvenientes, y sin cargas o esperas, exceptuando la ventana que realiza la comunicación con el servidor ya que esta es la que trae las notas de la partitura e inicia la realidad aumentada por lo cual depende del tiempo que tome el servidor para extraer y enviar las notas.	
Usabilidad	Gracias al diseño simple que maneja la aplicación los usuario no presentaron inconvenientes a la hora de utilizarla y pudieron acceder a todas las funciones de manera rápida. Se pudo también evidenciar que a medida que se utilizaba la aplicación los usuarios podían navegar cada vez de manera mas rápida e intuitiva. La aplicación cumplió con ser de fácil entendimiento y aprendizaje en todas las edades de los sujetos de prueba.	Es necesario seguir implementando opciones para facilitar la utilización de la realidad aumentada y mejorar los modelos 3D para evitar errores en algunos dispositivos.
Desempeño	La aplicación cumplió con su uso sin presentar inconvenientes en su ejecución, permitiendo que se pueda apreciar cada uno de los componentes del proyecto, el reconocimiento de notas y la realidad aumentada funcionaron de la mejor manera durante todas las pruebas con los usuarios.	El algoritmo Yolov4 se tiene que reeducar o seguir alimentando su "conocimiento" de esta forma podrá reconocer mas y de mejor forma cualquier nota que se le presente, para que no haya ningún problema en la lectura e interpretación de canciones.

Fuente: Los Autores.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de las entrevistas realizadas a los diferentes músicos, estudiantes y profesores se determinó que la característica idónea para las partituras a las que se tenía que centrar el proyecto, son las partituras melódicas ya que tienen un enfoque básico, cuentan con notas y acordes simples las cuales son más fáciles de reconocer y de proyectar a través de realidad aumentada. Permitiendo facilitar y solucionar dificultades acerca del tiempo de desarrollo.

Cuando se quiere desarrollar una aplicación para enseñar a una persona algún tema en específico, se debe tener muy claras las bases del tema a impartir, para esto el levantamiento de información es de vital importancia, no solo investigar y comparar si la idea ya ha sido desarrollada, si no por otra parte encontrar diferentes aspectos que puedan ser útiles para su uso, y visualizar que estrategias o dinámicas son las más fáciles de desarrollar. A su vez el usuario final se sienta atraído al uso de la aplicación y complacido con la decisión que tomo.

A sí mismo, buscar diferentes fuentes de información por medio de entrevistas con posibles usuarios o con maestros del tema, y comparativos de aplicaciones existentes, estudios de diferentes métodos de enseñanza, fundamenta el desarrollo de la herramienta.

Con el estudio comparativo de las aplicaciones en el mercado se pudo determinar cuáles son los requerimientos funcionales necesarios para la aplicación permitiendo mejorar la experiencia del usuario al momento de utilizarla, encontrando que la función para ver las notas de su partitura a través de tecnología de realidad aumentada es una característica llamativa y que no se encuentra en otra aplicación distinguiéndola de las aplicaciones en el mercado poniendo un sello distintivo a la herramienta.

Las entrevistas desarrolladas en el proyecto fueron de gran ayuda para aclarar las dificultades que se tenían en el planteamiento y alcance del proyecto, tales como a qué tipo de partituras debe estar centrada la aplicación o casos más específicos del

desarrollo del aplicativo como la creación de la animación en realidad aumentada que fue solventado por la entrevista realizada a un experto en realidad aumentada.

Por medio del diseño de las diferentes vistas y arquitectura que se debía implementar en el proyecto junto al levantamiento de requerimientos en la investigación realizada, el diseño se centró en una navegación simple y enfocada a la función principal de la aplicación y es el uso de la proyección de los diferentes modelos con realidad aumentada para permitir su cómoda e intuitiva interacción con la aplicación, ya que de esta forma el usuario estará centrado en el aprendizaje de la posición en la guitarra, antes de cualquier distracción que pueda presentar una aplicación con muchos componentes.

El diseño de la aplicación conllevo a pensar que modelos e interfaces se debe mostrar al usuario, este proceso implico una investigación que de cierta manera mostrará la aplicación desde el lado del usuario buscando que el resultado sea más sencillo y cómodo para él. Al situarse en la posición del usuario genera mejores resultados y da una mayor idea de lo que se quiere con la aplicación, ya que desde la perspectiva del usuario se sabe lo que se necesita y como se requiere. Resultado de esta investigación se creó un diagrama que contiene todas las ventanas e interfaces con las que interactúa el usuario que sirve como mapa de navegación a través de la aplicación además de servir como guía para el flujo de trabajo en la fase de desarrollo.

Siguiendo el mapa de flujo de uso la construcción de la aplicación resulto de la mejor forma, gracias al software seleccionado Unity, facilito gran cantidad de horas de desarrollo, ya que es un programa que permite arrastrar modelos, botones y objetos predefinidos sin la necesidad de código fuente. El uso del motor grafico Unity permitió integrar los diferentes módulos que componen la aplicación de una manera efectiva, ya que por medio de su lenguaje de programación base que es C# tiene una amplia gama de construcción de métodos que permitían solucionar las dificultades de implementación. Vuforia permitió que la integración de la realidad aumentada y todas sus funciones se realizará de manera sencilla además de poder

usar la guitarra como target hizo que la función de realidad se volviera aún más inmersiva.

Las pruebas realizadas a los diferentes niños dieron resultados óptimos al proyecto, donde el uso tan interactivo de la aplicación los incentivó para seguir usándola e interpretar correctamente la nota según el modelo que se presentaba, el adulto se sintió a gusto con la aplicación debido a que era sencilla y fácil de usar, llamándole la atención el poder aprender a interpretar la guitarra con la canción que desee el mismo.

La aplicación favoreció el uso de tecnologías limpias, conteniendo la función de escanear o subir imágenes de partituras directamente de la galería del usuario, permitiendo no utilizar hojas de papel para imprimir las canciones y visualizarlas en el momento que desee por medio del dispositivo, haciendo que sea una experiencia directamente con el celular.

El desarrollo de este proyecto como contribución a estudiantes de ingeniería de sistemas o futuras personas que deseen acudir al documento para buscar una referencia o contenido que les sea de ayuda, les brindara un apoyo acerca de los lenguajes utilizados como lo fueron C#, Python, SQL y como integrarlos de manera conjunta, además durante el proceso de desarrollo se utilizaron tecnologías que son de ayuda en el proceso de aprendizaje de ingeniería de sistemas, como lo son los servicios REST, manejo y conexión con una base de datos y la elaboración de aplicaciones móviles mediante la tecnología Unity, aspecto relevante por la importancia que tienen las aplicaciones móviles en este momento en nuestro entorno y en la vida diaria. Todo esto en conjunto sirviendo como una guía para futuros estudiantes que quieran acudir a esta documentación como referencia.

En relación con la pregunta formulada en el planteamiento del problema, ¿Una aplicación móvil con realidad aumentada sería una alternativa viable para las personas que deseen empezar su proceso de aprendizaje para la interpretación de la guitarra? Se concluye que la aplicación móvil fomenta el aprendizaje de la guitarra

de una manera alterna, dando una ayuda más dinámica e interactiva, permitiendo que los usuarios realicen su proceso de aprendizaje de las diferentes notas y partituras sin necesidad de conocimientos básicos o avanzados en el instrumento.

BIBLIOGRAFIA

- Janice, Dávila. Dolores, María. Perez, Álvaro. Influencia del “Bullying” y el “Cyberbullying” en la motivación de los estudiantes de secundaria y su efecto en el rendimiento académico. España: Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento, 2017. p. 222.
- Janice, Dávila. Dolores, María. Perez, Álvaro. Influencia del “Bullying” y el “Cyberbullying” en la motivación de los estudiantes de secundaria y su efecto en el rendimiento académico. España: Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento, 2017. p. 223.
- Risteski, Ice. Una filosofía nueva de guitarra. Canadá: SciELO, 2006. p.216.
- Casas, María. ¿Por qué los niños deben aprender música? Colombia: Colombia médica, vol. 32, núm. 4, 2001
- Cárdenas, Irma. Cáceres, Maritza. Las generaciones digitales y las aplicaciones móviles como refuerzo educativo. REMCA. p. 27
- Cueva, Jorge. García, Arelys. Martínez, Oscar. El conectivismo y las TIC: Un paradigma que impacta el proceso enseñanza aprendizaje. INDTEC, C.A 2019. p. 211
- De la hora, Iban. Realidad Aumentada, una revolución educativa. Edmetic, 2017. p.22
- metodología Cualitativa. Universidad de Jaén, España. p. 1.
- Fernández, Pita. Pertegas, S. investigación cuantitativa y cualitativa. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complexo Hospitalario-Universitario Juan Canalejo. España 2002. p. 1
- Abdellah, Faye. Levine, Eugene. Preparing Nursing Research for the 21 st Century. Evolution. Methodologies. Springer Publishing Company. 1994.
- Fernández, Pita. Pertegas, S. investigación cuantitativa y cualitativa. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complexo Hospitalario-Universitario Juan Canalejo. España 2002. p. 1

- Gonzales, Hueso. Cascant, Andrés. Josep, María. metodología y técnicas cuantitativas de investigación. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. España 2012. p.1
- Trigas, Manuel. metodología Scrum. gestión de proyectos informáticos. Cataluña 2012. p. 15.
- Trigas, Manuel. metodología Scrum. gestión de proyectos informáticos. Cataluña 2012. p. 33.
- Blanco, Paco. Camarero, Julio. Fumero, Antonio. Werterski, Adam. Rodríguez, Pedro. Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles Introducción al desarrollo con Android y el iPhone. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid 2009. p. 13
- Enríquez, Juan. Casas, Sandra. Usabilidad en aplicaciones móviles. ICT-UNPA. Patagonia Astral 2013. p.26.
- Schmalstieg, D. Höllerer, T. Augmented Reality: principles and practice. Addison-Wesley 2016. p.3
- Espinosa, C. REALIDAD AUMENTADA Y EDUCACIÓN: ANÁLISIS DEEXPERIENCIAS PRÁCTICAS. Revista de Medios y Educación. España 2015. p. 188.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.3 en línea].
- Delia, L. Galdámez, Nicolás. Thomas, P. Pesado, Patricia. Un Análisis Experimental de Tipo de Aplicaciones para Dispositivos Móviles. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. p. 767.
- Delia, L. Galdámez, Nicolás. Thomas, P. Pesado, Patricia. Un Análisis Experimental de Tipo de Aplicaciones para Dispositivos Móviles. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. p. 768.
- Delia, L. Galdámez, Nicolás. Thomas, P. Pesado, Patricia. Un Análisis Experimental de Tipo de Aplicaciones para Dispositivos Móviles. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. p. 768.

- Espinosa, C. REALIDAD AUMENTADA Y EDUCACIÓN: ANÁLISIS DEEXPERIENCIAS PRÁCTICAS. Revista de Medios y Educación. España 2015. p. 192.
- Pino, R. Introducción a la inteligencia artificial: sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva. Universidad de Oviedo. P. 26.
- Lopez, J. Algoritmos y programación (guía para docentes). Fundación Gabriel Piedrahita Uribe. Colombia. 2009. P. 21
- ERIKSEN, k. NIELSEN, b. PITTELKOW, m. Visualizing 3D Molecular Structures Using an Augmented Reality App. En: Journal of Chemical Education 2020. Vol. 97, No (abr, 2020); Pág. 1487
- ERIKSEN, k. NIELSEN, b. PITTELKOW, m. Visualizing 3D Molecular Structures Using an Augmented Reality App. En: Journal of Chemical Education 2020. Vol. 97, No (abr, 2020); Pág. 1488
- KURNISWAN, m. SUHARJITO. DIANA. WITJAKSONO, g. Human Anatomy Learning Systems Using Augmented Reality on Mobile Application. En: Procedia Computer Science. Vol. 135 No. (Aug, 2018); Pág. 80
- KURNISWAN, m. SUHARJITO. DIANA. WITJAKSONO, g. Human Anatomy Learning Systems Using Augmented Reality on Mobile Application. En: Procedia Computer Science. Vol. 135 No. (Aug, 2018); Pág. 87
- CABERO, j. Vázquez, e. López, e. Uso de la Realidad Aumentada como Recurso Didáctico en la Enseñanza Universitaria. En: Form. Univ. Vol.11 No.1 (Feb, 2018); Pág. 32
- CABERO, j. Vázquez, e. López, e. Uso de la Realidad Aumentada como Recurso Didáctico en la Enseñanza Universitaria. En: Form. Univ. Vol.11 No.1 (Feb, 2018); Pág. 32
- GUTIERREZ, j. DEL RIO, m. LOPEZ, v. SOTO, r. VALENZUELA, j. Augmented Reality to Facilitate Learning of the Acoustic Guitar. En: Appl. Sci. Vol. 10 No. (Abr, 2020); Pág. 11

- GUTIERREZ, j. DEL RIO, m. LOPEZ, v. SOTO, r. VALENZUELA, j. Augmented Reality to Facilitate Learning of the Acoustic Guitar. En: Appl. Sci. Vol. 10 No. (Abr, 2020); Pág. 1
- PAULE-RUIZ, m. ALVAREZ, v. PEREZ, j. ALVAREZ, m. TRESPALACION, f. Music learning in preschool with mobile devices. En: Behaviour & Information Technology. Vol. 36 No. (en, 2017); Pág. 105
- PAULE-RUIZ, m. ALVAREZ, v. PEREZ, j. ALVAREZ, m. TRESPALACION, f. Music learning in preschool with mobile devices. En: Behaviour & Information Technology. Vol. 36 No. (en, 2017); Pág. 107
- Álvarez, E. Carrera, E. Diseño de un juego aplicando tecnología móvil para aprendizaje musical en niños y adolescentes. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- Fracchia, C. Alonso de Armiño, A. Martins, A. Realidad Aumentada aplicada a la enseñanza de Ciencias Naturales. Universidad Nacional del Comahue. Argentina. p. 14.
- Amaya, L. Santoyo, J. Evaluación del uso de la realidad aumentada en la educación musical. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia.
- Ortiz, J. Sepulveda, A. Aplicación móvil que utiliza realidad aumentada para apoyar el aprendizaje del acondicionamiento físico en el gimnasio Bodytech sede diverplaza ubicado en Bogotá. Universidad Piloto de Colombia.
- Galeaon, S. Peña, D. Aplicación móvil con realidad aumentada para la educación básica primaria en el área de inglés para el grado quinto. Colombia.

ANEXOS

Anexo 1. Especificación requerimientos funcionales

Descripción General de Requerimiento			
Identificador:	RF-001	Nombre:	Registro Usuario
Tipo:	Indispensable	Prioridad:	Alta
Requerimiento Asociado:			
Descripción:	El usuario entra a un formulario de registro para crear su cuenta personal en la aplicación y acceder a la totalidad de opciones de la aplicación.		
Entrada:		Salida:	
• Nombre de usuario • Contraseña • Nombres • Apellidos • Edad • Genero • Correo • Celular • Géneros de música favoritos		• Mensaje usuario registrado satisfactoriamente	
Precondición:		Postcondición:	
• Descargar la aplicación. • Entrar en la opción de registro.		• Registro creado correctamente en la base de datos.	
Manejo Situaciones Anormales:	• Persona ya registrada en el sistema. • No se diligencio todo el formulario. • Problemas con la conexión a internet.		
Criterios de Aceptación:	• Los datos se ingresaron correctamente.		

Descripción General de Requerimiento			
Identificador:	RF-002	Nombre:	Iniciar sesión
Tipo:	Indispensable	Prioridad:	Alta
Requerimiento Asociado:	RF-001		
Descripción:	El usuario entra al inicio de sesión y otorga las credenciales para ingresar a todas las opciones para usuarios registrados.		
Entrada:		Salida:	
• Nombre de usuario • Contraseña		• Mensaje sesión iniciada con éxito	
Precondición:		Postcondición:	
• El usuario ya está registrado en el sistema		• Acceso a las opciones para usuarios registrados	
Manejo Situaciones Anormales:	• Usuario o contraseña incorrectos. • Problemas con la conexión a internet.		
Criterios de Aceptación:	• Los datos se ingresaron correctamente.		

Descripción General de Requerimiento			
Identificador:	RF-003	Nombre:	Modificar Perfil
Tipo:	Indispensable	Prioridad:	Media
Requerimiento Asociado:	RF-001, RF-002		
Descripción:	El usuario puede modificar los datos que desee de su perfil		

Entrada:	Salida:
• Datos que el usuario desee modificar de su perfil	• Mensaje datos modificados con éxito
Precondición:	Postcondición:
• El usuario ya está registrado en el sistema • El usuario inicio sesión en la aplicación	• Registro modificado con éxito
Manejo Situaciones Anormales:	• Datos modificados inválidos • Problemas con la conexión a internet.
Criterios de Aceptación:	• Los datos se ingresaron y modifican correctamente.

Descripción General de Requerimiento			
Identificador:	RF-004	Nombre:	Utilizar partituras predefinidas
Tipo:	Indispensable	Prioridad:	Media
Requerimiento Asociado:	RF-001, RF-002		
Descripción:	La aplicación contara con partituras listas para usar por el usuario.		
Entrada:		Salida:	
• El usuario elige una de las partituras predefinidas		• Mensaje partitura cargada correctamente • Se envía a la venta de RA	
Precondición:		Postcondición:	
• El usuario inicio sesión en la aplicación		• Se muestra la ventana para la RA	

Manejo Situaciones Anormales:	• Partitura elegida es la incorrecta • Partitura no es cargada • No se abre la ventana de RA
Criterios de Aceptación:	• Partitura cargada y envió a la ventana de RA, se debería ver la partitura seleccionada

Descripción General de Requerimiento			
Identificador:	RF-005	Nombre:	Manual de funcionamiento
Tipo:	Deseable	Prioridad:	Baja
Requerimiento Asociado:			
Descripción:	La aplicación contara con un manual con información del uso de la aplicación, como activar la RA y envío de partitura.		
Entrada:		Salida:	
• El usuario elije la opción de manual		• Se despliega el correctamente Manual	
Precondición:		Postcondición:	
• El usuario entro en la aplicación		• Se muestra la ventana para el manual	
Manejo Situaciones Anormales:	• No se abre la ventana del manual • El manual mostrado está incompleto		
Criterios de Aceptación:	• Se envía a la ventana de Manual, esta carga y despliega completamente		

Descripción General de Requerimiento			
Identificador:	RF-006	Nombre:	Identificar notas
Tipo:	Indispensable	Prioridad:	Alta
Requerimiento Asociado:			
Descripción:	La aplicación escaneara o tendrá la opción de carga una imagen de la partitura, esta reconocerá las notas/acordes que estén presentes en ella.		
Entrada:		Salida:	
• Imagen cargada, mediante cámara o archivo formato JPEG		• Mensaje su partitura se está procesando	
Precondición:		Postcondición:	
• El dispositivo debe contar con cámara • Servidor disponible		• Respuesta del servidor con la información de la partitura	
Manejo Situaciones Anormales:	• El servidor no da respuesta • El archivo no es enviado correctamente		
Criterios de Aceptación:	• El servidor responde de manera rápida • Se registran las notas presentes en la partitura		

Descripción General de Requerimiento			
Identificador:	RF-007	Nombre:	Informar notas
Tipo:	Indispensable	Prioridad:	Alta
Requerimiento Asociado:	RF-006		
Descripción:	La aplicación tiene que mostrarle al usuario cuales son las notas/acordes encontradas en la partitura que escaneo con un modelo 3D.		

Entrada:	Salida:
• Respuesta del servidor con las notas encontradas	• Modelos 3D de las notas encontradas
Precondición:	Postcondición:
• El servidor tiene que estar disponible • El servidor tiene que responder correctamente	• Se muestra la ventana para con las notas
Manejo Situaciones Anormales:	• No se muestra ningún modelo 3D
Criterios de Aceptación:	• Se envía a la ventana con los modelos 3D • Se muestran los modelos 3D presentes en la partitura

Descripción General de Requerimiento			
Identificador:	RF-008	Nombre:	Usar AR
Tipo:	Indispensable	Prioridad:	Alta
Requerimiento Asociado:	RF-006, RF-007		
Descripción:	La aplicación mostrara los modelos en la pantalla del móvil por medio de RA		
Entrada:		Salida:	
• Animación cargada		• Pantalla para uso de AR	
Precondición:		Postcondición:	
• El usuario inicio sesión			

Manejo Situaciones Anormales:	• No se muestra ningún modelo 3D
Criterios de Aceptación:	• Se envía a la ventana con los modelos 3D • Se muestran los modelos 3D presentes en la partitura

Anexo 2. Especificación requerimientos no funcionales

ID	**RNF-001**
Nombre	**Seguridad**
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema debe tener protección de los datos, aplicación y servidor, prevención de pérdidas de información y actividades no permitidas
Criterio Conceptual	Los datos deben ser 100% seguros

ID	**RNF-002**
Nombre	**Mantenibilidad**
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema debe permitir arreglos, modificaciones o corregir los errores en el software
Criterio Conceptual	La plataforma debe permitir la aceptación del más de 80% de cambios sin comprometer la disponibilidad del aplicativo

ID	**RNF-003**
Nombre	**Usabilidad**
Prioridad	Alta
Descripción	La aplicación debe ser sencilla, satisfactoria e intuitiva para el aprendizaje del usuario.
Criterio Conceptual	Los usuarios deben mostrar un nivel del más de 78% en la prueba de satisfacción y usabilidad

ID	**RNF-004**
Nombre	**Disponibilidad**
Prioridad	Alta

Descripción	La aplicación y todos sus servicios deben estar disponibles la mayoría del tiempo, garantizando una disponibilidad de por lo menos un 98% del tiempo.

ID	**RNF-005**
Nombre	**Desempeño**
Prioridad	Alta
Descripción	Los servicios proporcionados por la aplicación deben tener tiempos de espera cortos, además que el aplicativo debe ser veloz en cuanto a su funcionamiento y navegación a través de las ventanas, garantizando no generar molestias al usuario

ID	**RNF-006**
Nombre	**Escalabilidad**
Prioridad	Media
Descripción	La aplicación debe ser capaz de crecer y mantenerse, a medida que aumentan las peticiones y solicitudes de servicios por parte de los usuarios, evitando problemas de latencia o errores de comunicación con el servidor.

Anexo 3. Especificación casos de uso

ID	**UC-001**	
Nombre	**Registrase en la aplicación**	
Tipo	Indispensable	
Prioridad	Esencial	
Actores involucrados	Usuarios no registrados	
DESCRIPCION DEL CASO DE USO		
El usuario no registrado accederá a un formulario para rellenar los datos necesarios para el registro y crear su cuenta personal en la aplicación.		
ENTRADAS		**SALIDAS**
• Nombre de usuario • Contraseña • Nombres • Apellidos • Edad • Genero • Correo • Celular • Géneros de música favoritos		• Mensaje cuenta creada con éxito.
PRECONDICIONES		**POSTCONDICIONES**
• El usuario no debe estar registrado en la aplicación		• Envió a la ventana de inicio de sesión • Registro creado en la base de datos
DEPENDENCIA		**EXTENSION**
FLUJO NORMAL DE EVENTOS		
No.	**Acción del actor**	**Respuesta del sistema**

1	Ingresa a la opción de registro	
2		Muestra el formulario de registro con todos los campos
3	**Ingresa los datos en los campos**	
4	**Selecciona el botón Registrarse**	
5		**Se validan los datos**
6		**Se crea el registro en la base de datos**
7		**Se informa al usuario que su cuenta a sido creada con éxito**

CAMINOS ALTERNATIVOS

No. actividad en flujo normal		No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
Se presenta la alternativa	**Se integra al flujo normal**			

CAMINOS DE EXCEPCION

- Puede haber un error en la validación de los datos, por errores en la digitación o campos sin rellenar.

PUNTOS DE EXTENSIÓN

-

CRITERIOS DE ACEPTACION

- Los datos se ingresan correctamente.
- Se crea el registro en la base de datos
- Se crea la cuenta del usuario con éxito

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES ASOCIADOS

- Disponibilidad, Usabilidad, Seguridad, Desempeño

ID	**UC-002**
Nombre	**Iniciar sesión**
Tipo	Indispensable
Prioridad	Esencial
Actores involucrados	Usuarios no registrados

DESCRIPCION DEL CASO DE USO

El usuario entra al inicio de sesión y otorga las credenciales para ingresar a todas las opciones para usuarios registrados.

ENTRADAS	SALIDAS
• Nombre de usuario • Contraseña	• Mensaje sesión iniciada con éxito
PRECONDICIONES	**POSTCONDICIONES**
• El usuario debe estar registrado en la aplicación	• Acceso a todas opciones para usuarios registrados
DEPENDENCIA	**EXTENSION**
UC-001 (Registrase en la aplicación)	

FLUJO NORMAL DE EVENTOS

No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
1	Ingresa a la opción de inicio de sesión	
2		Muestra la ventana para el inicio de sesión
3	Ingresa los datos en los campos	
4	Selecciona el botón Iniciar sesión	
5		Se validan los datos
7		Se informa al usuario que inicio sesión con éxito

CAMINOS ALTERNATIVOS

No. actividad en flujo normal		No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
Se presenta la alternativa	**Se integra al flujo normal**			
5	3	5’		Mensaje usuario o contraseña incorrectos

		6’		Se muestra de nuevo la ventana de inicio de sesión

CAMINOS DE EXCEPCION

- Puede haber un error en la validación de los datos, por datos erróneos o campos sin rellenar.
- Problemas con la conexión a internet

PUNTOS DE EXTENSIÓN

-

CRITERIOS DE ACEPTACION

- Los datos se ingresan correctamente.

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES ASOCIADOS

- Disponibilidad, Usabilidad, Seguridad, Desempeño

ID	**UC-003**
Nombre	**Cerrar sesión**
Tipo	Deseable
Prioridad	Baja
Actores involucrados	Usuarios Registrados

DESCRIPCION DEL CASO DE USO

El usuario entra en la opción para cerrar sesión, todos sus datos y opciones deben ser limpiados de la aplicación.

ENTRADAS	SALIDAS
• Se entra en la opción para cerrar sesión	• Mensaje sesión cerrada con éxito
PRECONDICIONES	**POSTCONDICIONES**
• El usuario debe estar registrado en la aplicación • El usuario inicio sesión	• El usuario pasa de registrado a anónimo
DEPENDENCIA	**EXTENSION**
UC-001 (Registrase en la aplicación) UC-002 (Iniciar sesión)	

FLUJO NORMAL DE EVENTOS

No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
1	Ingresa a la opción de cerrar sesión	
2		Muestra mensaje sesión cerrada con éxito
3		El sistema limpia los datos de sesión del usuario
4		Se muestra de nuevo la ventana de inicio

CAMINOS ALTERNATIVOS

No. actividad en flujo normal		No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
Se presenta la alternativa	Se integra al flujo normal			

CAMINOS DE EXCEPCION

- Sesión no cerrada correctamente
- Problemas con la conexión a internet

PUNTOS DE EXTENSIÓN

-

CRITERIOS DE ACEPTACION

- Sesión cerrada con éxito
- Se restringen las opciones para usuarios registrados
- Se limpian los datos de inicio de sesión

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES ASOCIADOS

- Disponibilidad, Usabilidad, Seguridad, Desempeño

ID	UC-004
Nombre	**Modificar perfil**
Tipo	Deseable
Prioridad	Alta
Actores involucrados	Usuarios Registrados

DESCRIPCION DEL CASO DE USO

El usuario entra a la opción para modificar su perfil y el sistema debe permitir actualizar todos los datos de su perfil.

ENTRADAS	SALIDAS
• Datos que el usuario desee modificar como: correo, teléfono, contraseña	• Mensaje datos modificados correctamente
PRECONDICIONES	**POSTCONDICIONES**
• El usuario debe estar registrado en la aplicación • El usuario inicio sesión	• El usuario ve sus datos modificados
DEPENDENCIA	**EXTENSION**
UC-001 (Registrase en la aplicación) UC-002 (Iniciar sesión)	

FLUJO NORMAL DE EVENTOS

No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
1	Ingresa a la opción de modificar perfil	
2		Se muestra el formulario para modificar perfil
3	El usuario ingresa los datos que desea modificar	
4		Se muestra ventana de confirmación
5	El usuario confirma los cambios	
6		Se validan los datos ingresados
7		Se modifica la base de datos
8		Se muestra mensaje para informar que los datos han sido modificados con éxito

CAMINOS ALTERNATIVOS

No. actividad en flujo normal		No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
Se presenta la alternativa	Se integra al flujo normal			
5	3	5’	El usuario no confirma los datos	
		6’		Mensaje datos no modificados
		7’		Se muestra de nuevo el formulario para modificar perfil

CAMINOS DE EXCEPCION

- Problemas con la conexión a internet
- Datos modificados inválidos

PUNTOS DE EXTENSIÓN

-

CRITERIOS DE ACEPTACION

- Datos modificados con éxito
- Datos modificados en la base de datos

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES ASOCIADOS

- Disponibilidad, Usabilidad, Seguridad, Desempeño

ID	UC-005
Nombre	**Tomar fotografía**
Tipo	Indispensable
Prioridad	Esencial
Actores involucrados	Usuarios Registrados

DESCRIPCION DEL CASO DE USO

El usuario entra a la opción para tomar una foto de su partitura e iniciar el proceso de extracción de las notas que se encuentran en la mima.

ENTRADAS	SALIDAS
• Cámara del dispositivo	• Fotografías listas para enviar al servidor
PRECONDICIONES	**POSTCONDICIONES**
• El usuario debe estar registrado en la aplicación • El usuario inicio sesión • Dar permiso para usar la cámara a la aplicación	• El usuario ve sus datos modificados
DEPENDENCIA	**EXTENSION**
UC-001 (Registrarse en la aplicación) UC-002 (Iniciar sesión)	

FLUJO NORMAL DE EVENTOS

No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
1	Ingresa a la opción para tomar fotografía	
2		Se despliega ventana con la cámara del dispositivo
3	El usuario fotografía la partitura deseada	
4		Se muestra la fotografía tomada
5		Se muestra una ventana para confirmar la fotografía tomada
6	El usuario confirma la fotografía para enviar	
7		Se envía la fotografía al servidor
8		Se muestra una pantalla de carga mientras se procesa la fotografía en el servidor
9		Se muestra una ventana confirmando que la fotografía se procesó correctamente

CAMINOS ALTERNATIVOS

No. actividad en flujo normal		No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
Se presenta la alternativa	Se integra al flujo normal			
5	3	5’	El usuario decide no confirmar la fotografía y tomar una nueva	
		6’		Se muestra de nuevo la ventana con la cámara

CAMINOS DE EXCEPCION

- Problemas con la conexión a internet
- El servidor no da respuesta
- La fotografía enviada no es valida

PUNTOS DE EXTENSIÓN

-

CRITERIOS DE ACEPTACION

- Fotografía enviada con éxito
- Fotografía tomada con éxito
- El servidor da respuesta con la fotografía procesada

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES ASOCIADOS

- Disponibilidad, Usabilidad, Desempeño

ID	**UC-006**
Nombre	**Subir imagen a la aplicación**
Tipo	Implementación obligatoria
Prioridad	Alta
Actores involucrados	Usuario registrado

DESCRIPCION DEL CASO DE USO

El usuario utilizara el aplicativo para subir una imagen de la partitura que desee a la aplicación

ENTRADAS	SALIDAS
• Imagen formato JPEG*	• Imagen enviada al servidor
PRECONDICIONES	**POSTCONDICIONES**

• El usuario debe tener la imagen en el dispositivo • El usuario debe permitir acceso a galería a la aplicación	• El usuario visualizara mensajes de carga completa
DEPENDENCIA	**EXTENSION**
• **UC-001** • **UC-002**	•

FLUJO NORMAL DE EVENTOS

No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
1	El usuario selecciona la opción de cargar partitura	Se abre la galería de fotos
2	El usuario busca la imagen en el dispositivo	
3	**El usuario selecciona la imagen**	**El aplicativo confirma la selección**
4	**El usuario acepta**	**Envía la imagen al servidor**

CAMINOS ALTERNATIVOS

No. actividad en flujo normal		No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
Se presenta la alternativa	Se integra al flujo normal			
El usuario no acepta la confirmación de imagen	2	1	El usuario no acepta la imagen	el aplicativo vuelva a mostrar la galería de imágenes

CAMINOS DE EXCEPCION

- El usuario no acepta la confirmación de imagen
- Problemas con la conexión a internet

PUNTOS DE EXTENSIÓN

-

CRITERIOS DE ACEPTACION

- La imagen cumple con los requerimientos de tamaño y formato
- La imagen se sube con éxito

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES ASOCIADOS

- **Disponibilidad, Usabilidad**

ID	**UC-007**
Nombre	**Entrar a visualización de VR**
Tipo	Implementación obligatoria
Prioridad	Alta
Actores involucrados	usuario

DESCRIPCION DEL CASO DE USO

El usuario ingresara a la vista para la visualización de los modelos de las partituras en realidad aumentada

ENTRADAS	**SALIDAS**
• **Lista de notas/acordes**	• Entrar a la cámara RA
PRECONDICIONES	**POSTCONDICIONES**
• El sistema debe tener la ya la lista de notas escaneadas en la partitura • El sistema debe contar con la biblioteca de acordes	• El usuario visualizara los modelos
DEPENDENCIA	**EXTENSION**
• UC-006 • UC-001 • UC-002 • UC-005	•

FLUJO NORMAL DE EVENTOS

No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
1	El usuario selecciona la opción de visualizar la RA	Se lee la lista de notas
2		El sistema abre la pantalla de RA
3		**Se visualizan los modelos**
4		

CAMINOS ALTERNATIVOS

No. actividad en flujo normal		No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
Se presenta la alternativa	Se integra al flujo normal			

CAMINOS DE EXCEPCION

-

PUNTOS DE EXTENSIÓN

-

CRITERIOS DE ACEPTACION

- El sistema debe tener la lista de notas en la partitura y la biblioteca de acordes para el uso de la visualización de VR

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES ASOCIADOS

-

ID	**UC-008**
Nombre	**Iniciar animación**
Tipo	Implementación obligatoria
Prioridad	Alta
Actores involucrados	Aplicación

DESCRIPCION DEL CASO DE USO

Después de abrir el panel de visualizar RA, se iniciará la posterior animación de los modelos de RA

ENTRADAS	SALIDAS
• Modelos • Lista de notas/acordes	• Proyección de los modelos
PRECONDICIONES	**POSTCONDICIONES**
• El sistema debe contar con las notas y acordes que se deben proyectar	• El usuario visualizara los modelos
DEPENDENCIA	**EXTENSION**
• Caso de uso 7 (UC-007)	•

FLUJO NORMAL DE EVENTOS

No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
1		El sistema buscara en la biblioteca las notas escaneadas
2		El sistema cargara los modelos a proyectar
3		**El sistema mostrara la secuencia de modelos**
4		

CAMINOS ALTERNATIVOS

No. actividad en flujo normal		No.	Acción del actor	Respuesta del sistema
Se presenta la alternativa	Se integra al flujo normal			

CAMINOS DE EXCEPCION

-

PUNTOS DE EXTENSIÓN

•
CRITERIOS DE ACEPTACION
• Todas las notas/acordes de la lista se tiene que visualizar correctamente
REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES ASOCIADOS
•

Anexo 4. Entrevistas

Preguntas

1. ¿Qué características hay que tener en cuenta para leer debidamente una partitura?
2. ¿Qué tipo de partituras son las más viables para un aprendizaje básico?
3. Hay alguna metodología de aprendizaje musical o interpretación de partituras que sea viable tratar o que ayuden/faciliten al desarrollo del proyecto?
4. ¿Qué otro tipo de información podría suministrar la aplicación?
5. ¿Esta forma de aprendizaje le genera interés? ¿Por qué?
6. ¿Qué recomendaciones o que agregaría a la aplicación?

Axl Escobar Musico cantante

Rta #1: desde mi conocimiento y experiencia, estoy seguro de que, hay 3 características principales para leer debidamente una partitura: 1. Tener el conocimiento claro del nombre, duración, y silencio de cada una de las figuras musicales. 2. Aprenderse la nota musical que corresponde a cada línea y espacio del pentagrama y cada una de sus claves. 3. Es indispensable tener velocidad visual para poder leer la partitura de forma fluida, y, así reducir el porcentaje de errores.

Rta #2: desde el aprendizaje, refiriéndose a partituras, siempre es mejor empezar con partituras que tengan figuras musicales simples (negra, blanca, redonda) y que se manejen tiempos pares: 4/4, 2/4.

Rta #3: para el aprendizaje de estas no hay atajos, y cada uno encuentra su forma de aprendizaje más adecuada para sí mismo. En general, la forma más fácil y

sencilla, es como lo nombraba en la anterior respuesta, se empieza con partituras formadas por figuras musicales básicas y ubicadas primero en las líneas del pentagrama, con metrónomo en mano, se debe solfear (nombrar la nota musical con la duración de la figura) toda la partitura sin parar. Esto es necesario repetirlo hasta aprenderse la ubicación de las notas respectivas de la línea del pentagrama. Hacer esto mismo con las notas de los espacios que hay entre las líneas del pentagrama. Cuando ambas partes (tanto líneas como espacios) estén aprendidas y ya se lea de una forma más fluida, se puede empezar agregando figuras más complejas (corcheas, semicorcheas, fusas, semifusas, etc.) Todo es un proceso y es necesario llevarlo poco a poco.

Rta #4: me gustaría que tuviera un sistema de aprendizaje introductorio con temas como: qué es el pentagrama, que son las figuras musicales, su duración y sus silencios, tal vez, hasta las notas musicales. Cosas muy básicas para personas que no sepan nada pero que quieran entrar al mundo de la música, y en concreto, al de la guitarra.

Añado, que me gustaría que la aplicación me dijera que tipo de ritmo lleva la partitura y que diera ejemplo, en concreto, que, si es posible, la partitura que yo suba en imagen, la aplicación la toque tal cual como debería sonar.

Rta #5: si me genera interés porque es una forma, que no solo es más sencilla, sino que también es más dinámica, más llamativa.

Rta #6: sería muy útil que la aplicación tuviera metrónomo y afinador incluido.

Alejandra Ruiz, estudiante de música

Rta #1: Primero que todo hay que saber las notas musicales, que notas hay, que clave está la partitura o la canción que tocar, y tener en cuenta los tiempos, porque teniendo la clave musical se puede saber dónde se colocan las notas

Rta #2: Hay diferentes tipos de canciones, donde las partituras se hacen un poco más fácil y otras difícil dependiendo de los tempos, si hay un tempo rápido como negras, corcheas y semicorcheas se han un poco más difícil porque son más rápidas, en cambio las blancas y las redondas se podría decir que son fácil

Rta #3: Toca saber muy bien las notas, claves y tiempos, y su técnica. Es la forma más fácil de aprender

Rta #4 y 6: Una opción que pueda cambiar los tiempos, si es una canción rápida hacerla más lenta.

Rta #5: Me interesa por que si busco una partitura tengo que buscar en otra parte como interpretarla ósea de partitura a tablatura, y aparte un video para saber cómo tocarla mejor, entonces una aplicación que me diga todo en si es una maravillosa idea

Carlos Diaz Profesor y guitarrista

Rta #1: Para tener una correcta lectura de partitura es conocer las figuras musicales tales como la blanca, negra, corchea, semi corchea.

Y su duración de tiempo. O si ya es en un cifrado americano conocer que significan las letras en cifrado América tales como C=Do, D=Re, E=Mi, F=Fa, G=Sol, A=La, B=Si. Básicamente ese sería un conocimiento básico para leer una partitura.

Rta #2: Lo mejor para un aprendizaje desde lo más básico es empezar con más de figuras musicales ya que estas son la base para aprender bien y también el estilo americano, con las ubicaciones de los dedos para poder aprender.

Rta #3: Básicamente para poder saber cuáles son las notas que se utilizan en general en el mundo es el sistema americano y es un sistema que se debe enseñar de base junto con las figuras musicales, aunque para la guitarra es más que todo el cifrado americano el que se usa, ya por otro lado es la posición de dedos que se

conocen como la posición de 4 dedos empezando con el dedo índice como dedo 1 y terminado con el meñique como dedo 4. Esto para aprender las posiciones de las notas y para aprender la ubicación de las notas en la guitarra

Rta #4: Podría tener un aparte de aprendizaje de cifrado americano, y enseñanza de figuras y claves musicales.

Rta #5: Si me genera interés ya que, en el mercado de las aplicaciones, no existe una aplicación para la enseñanza de guitarra y notas.

Rta #6: por el momento no tengo recomendaciones

Felipe Piña Cantante y guitarrista profesional

Esta entrevista realizada nos fue de gran aporte para responder diferentes incógnitas que se tenían frente a la lectura de diversas partituras que existen y su correcta interpretación, inclusive a mejorar y aclarar el alcance, donde se presentó la idea de centrarse únicamente a partituras melódicas ya que se facilitaría en el desarrollo del proyecto, pero aumentando el enfoque de aprendizaje básico que se quería aclarar.

La entrevista se centró mayormente en que se debe tener presente para leer debidamente una nota y cuáles son sus representaciones (blanca, negra, corchea, semicorchea, fusa), tener claramente cuál es la duración de cada una, tomar en cuenta que tiempos y duraciones está escrita la partitura para poder realizar una animación correcta.

John Caicedo Ing. Sistemas experto en realidad aumentada

Se realizo una serie de preguntas que nos permitieron aclarar cómo será el desarrollo del proyecto.

Primera pregunta: ¿Se puede cargar más de dos objetos en un mismo target?

Rta: Se puede cargar sobreponer todos los objetivos necesarios en un solo target, en Unity cuando se crea el código se tiene que programar la función de visible y no visible, de esta forma se puede crear un tipo de animación en donde se vea una secuencia de objetos.

Segunda pregunta: ¿Se puede enviar peticiones y recibir un mensaje, a un servidor externo desde unity?

Rta: Si, Unity tiene servicios o librerías que permiten conectarse, o enviar peticiones POST, GET, HTTP.

Anexo 5. Casos de prueba

CASO DE PRUEBA CP-001			
Fecha		18/10/2020	
Objeto de prueba		Navegación por la aplicación	
Descripción		Navegación de la aplicación empezando por la ventana principal, ingresando desde Login hacia la ventana de animación	
Prerrequisitos		La aplicación debe estar ya construida con sus diferentes ventanas y botones	
DETALLE CASO DE PRUEBA			
Paso No.	**Acción usuario**	**Respuesta esperada del sistema**	**Resultados**
1	Usuario ingresa su usuario y contraseña	La aplicación permite escribir	Completo
2	Presiona botón "Login"	Ingreso con éxito	Error. El servidor no muestra respuesta
OBSERVACIONES ADICIONALES			
01-No se ha implementado la sección de usar la aplicación sin registro			

CASO DE PRUEBA CP-001-2	
Fecha	18/10/2020
Objeto de prueba	Navegación por la aplicación
Descripción	Navegación de la aplicación empezando por la ventana principal, ingresando desde Login hacia la ventana de animación
Pre-requisitos	La aplicación debe estar ya construida con sus diferentes ventanas y botones

DETALLE CASO DE PRUEBA			
Paso No.	**Acción usuaria**	**Respuesta esperada del sistema**	**Resultados**
1	Usuario ingresa su usuario y contraseña	La aplicación permite escribir	Completo
2	Presiona botón "Login"	Ingreso con éxito	Completo
3	Selecciona partitura por medio de galería	La imagen se carga en la ventana de animación	Completo
4	Le da iniciar animación y entra a ventana de animación	La aplicación trae las notas del servidor e inicia la ventana de animación	Completo

OBSERVACIONES ADICIONALES

APROBADO	X	RECHAZADO	

CASO DE PRUEBA CP-002	
Fecha	18/10/2020
Objeto de prueba	Navegación por la aplicación
Descripción	Navegación de la aplicación empezando por la ventana principal hacia la ventana tomar foto con la cámara, y terminando en ventana de comenzar animación
Pre-requisitos	La aplicación debe estar ya construida con sus diferentes ventanas y botones
DETALLE CASO DE PRUEBA	

Paso No.	Acción usuario	Respuesta esperada del sistema	Resultados
1	Ingres a la ventana principal	La aplicación abre la ventana principal	Completo
2	Presiona botón "Iniciar"	La aplicación muestra pop-up de inicio por galería o cámara	Completo
3	Presiona botón "Cámara"	La aplicación abre la Cámara	Completo
4	Tomar foto	La aplicación Toma la foto y la ingresa a la galería	Completo
5	Selecciona la foto tomada	La aplicación muestra la foto y pregunta Confirmar selección	Incompleto O2
6	El usuario confirma foto seleccionada	La aplicación abre la ventana de Comenzar la animación	Completo

OBSERVACIONES ADICIONALES

01- La aplicación no tiene en las ventanas y pantallas, función de volver a la anterior
02- La foto tomada no se visualiza en su previa

APROBADO	X	RECHAZADO	

CASO DE PRUEBA CP-003	
Fecha	18/10/2020
Objeto de prueba	Navegación por la aplicación
Descripción	Navegación de la aplicación empezando por la ventana principal hacia la ventana seleccionar foto en galería, y terminando en ventana de comenzar animación
Pre-requisitos	La aplicación debe estar ya construida con sus diferentes ventanas y botones

DETALLE CASO DE PRUEBA

Paso No.	Acción usuario	Respuesta esperada del sistema	Resultados
1	Ingres a la ventana principal	La aplicación abre la ventana principal	Completo

2	Presiona botón "Iniciar"	La aplicación muestra pop-up de inicio por galería o cámara	Completo
3	Presiona botón "Galería"	La aplicación abre la Galería	Error. La aplicación envía a la siguiente pantalla y luego abre la galería

OBSERVACIONES ADICIONALES			
APROBADO		**RECHAZADO**	**X**

CASO DE PRUEBA CP-003-2			
Fecha	18/10/2020		
Objeto de prueba	Navegación por la aplicación		
Descripción	Navegación de la aplicación empezando por la ventana principal hacia la ventana seleccionar foto en galería, y terminando en ventana de comenzar animación		
Pre-requisitos	La aplicación debe estar ya construida con sus diferentes ventanas y botones		
DETALLE CASO DE PRUEBA			
Paso No.	**Acción usuario**	**Respuesta esperada del sistema**	**Resultados**
1	Ingres a la ventana principal	La aplicación abre la ventana principal	Completo
2	Presiona botón "Iniciar"	La aplicación muestra pop-up de inicio por galería o cámara	Completo
3	Presiona botón "Galería"	La aplicación abre la Galería	Error. La aplicación envía a la siguiente pantalla y luego abre la galería
OBSERVACIONES ADICIONALES			

APROBADO		**RECHAZADO**	**X**

CASO DE PRUEBA CP-003-3			
Fecha		18/10/2020	
Objeto de prueba		Navegación por la aplicación	
Descripción		Navegación de la aplicación empezando por la ventana principal hacia la ventana seleccionar foto en galería, y terminando en ventana de comenzar animación	
Pre-requisitos		La aplicación debe estar ya construida con sus diferentes ventanas y botones	
DETALLE CASO DE PRUEBA			
Paso No.	**Acción usuario**	**Respuesta esperada del sistema**	**Resultados**
1	Ingres a la ventana principal	La aplicación abre la ventana principal	Completo
2	Presiona botón "Iniciar"	La aplicación muestra pop-up de inicio por galería o cámara	Completo
3	Presiona botón "Galería"	La aplicación abre la Galería	Completo
4	Presiona botón "Indicar animación"	La aplicación carga la ventana de realidad aumentada, con las notas de la partitura	Completo
OBSERVACIONES ADICIONALES			
APROBADO	**X**	**RECHAZADO**	

CASO DE PRUEBA CP-004	
Fecha	**18/10/2020**
Objeto de prueba	**Registro de usuario**
Descripción	Registro del usuario a través de la ventana de login
Pre-requisitos	La aplicación deber conectada al servidor de Base de datos, y el servidor debe estar encendido

DETALLE CASO DE PRUEBA			
Paso No.	**Acción usuario**	**Respuesta esperada del sistema**	**Resultados**
1	Botón "registrarse"	Se abre la ventana de registro	Completo
2	Ingresa sus datos	Permite escribir	Completo
3	Botón "Registro"	Envía información a la base de datos	Error. Fuera de rango en la columna Teléfono
OBSERVACIONES ADICIONALES			
Paso 2. En la casilla de "Contraseña" y "Confirmar Contraseña" los caracteres se ven.			
APROBADO		**RECHAZADO**	**X**

CASO DE PRUEBA CP-004, 2			
Fecha		**18/10/2020**	
Objeto de prueba		**Registro de usuario**	
Descripción		Registro del usuario a través de la ventana de login	
Pre-requisitos		La aplicación deber conectada al servidor de Base de datos, y el servidor debe estar encendido	
DETALLE CASO DE PRUEBA			
Paso No.	**Acción usuario**	**Respuesta esperada del sistema**	**Resultados**
1	Botón "registrarse"	Se abre la ventana de registro	Completo
2	Ingresa sus datos	Permite escribir	Completo
3	Botón "Registro"	Envía información a la base de datos	Completo
OBSERVACIONES ADICIONALES			

APROBADO	**X**	**RECHAZADO**	

CASO DE PRUEBA CP-005	
Fecha	**18/10/2020**
Objeto de prueba	**Tomar fotografía**
Descripción	El usuario ingresará a la pestaña y abrirá la cámara para tomar una fotografía de la partitura
Pre-requisitos	La aplicación deber tener configurada la cámara del dispositivo

DETALLE CASO DE PRUEBA			
Paso No.	**Acción usuario**	**Respuesta esperada del sistema**	**Resultados**
1	Cámara	Se abre la ventana de cámara	Completo
2	Botón "tomar"	Se toma una foto y la guarda en el dispositivo	Error. La foto no es guardada por problemas en la cámara

OBSERVACIONES ADICIONALES
En la aceptación de la foto no se ve

APROBADO		**RECHAZADO**	**X**

CASO DE PRUEBA CP-005-2

Fecha	**18/10/2020**
Objeto de prueba	**Tomar fotografía**
Descripción	El usuario ingresará a la pestaña y abrirá la cámara para tomar una fotografía de la partitura
Pre-requisitos	La aplicación deber tener configurada la cámara del dispositivo

DETALLE CASO DE PRUEBA			
Paso No.	**Acción usuario**	**Respuesta esperada del sistema**	**Resultados**
1	Cámara	Se abre la ventana de cámara	Completo
2	Botón "tomar"	Se toma una foto y la guarda en el dispositivo	Completo

OBSERVACIONES ADICIONALES

APROBADO	**X**	**RECHAZADO**	

CASO DE PRUEBA CP-006	
Fecha	18/10/2020
Objeto de prueba	Aplicación móvil
Descripción	Conexión entre la aplicación móvil y el servidor, probando con foto de la galería
Pre-requisitos	La aplicación debe estar ya construida con sus diferentes ventanas y botones El servidor debe estar configurado y corriendo

DETALLE CASO DE PRUEBA			
Paso No.	**Acción usuario**	**Respuesta esperada del sistema**	**Resultados**

1	Botón "Iniciar"	Ventana preguntando "como subir tu partitura"	Completo
2	Botón "Abrir Galería"	Abrir la galería del usuario	Completo
3	El usuario selecciona la foto de la partitura	La aplicación abre la ventana de iniciar animación mostrándole la imagen seleccionada	Incompleto. O1
4	Botón "Iniciar animación"	La aplicación conecta al servidor y trae la lista de notas o acordes y lo escribe en un archivo.txt	Error. No hay respuesta de petición en el servidor, la aplicación no guarda la imagen
3			

OBSERVACIONES ADICIONALES

O1. La imagen seleccionada no fue mostrada en la ventana

APROBADO		**RECHAZADO**	**X**

CASO DE PRUEBA CP-006-2	
Fecha	18/10/2020
Objeto de prueba	Aplicación móvil
Descripción	Conexión entre la aplicación móvil y el servidor, probando con foto de la galería
Pre-requisitos	La aplicación debe estar ya construida con sus diferentes ventanas y botones El servidor debe estar configurado y corriendo

DETALLE CASO DE PRUEBA

Paso No.	**Acción usuario**	**Respuesta esperada del sistema**	**Resultados**
1	Botón "Iniciar"	Ventana preguntando "como subir tu partitura"	Completo
2	Botón "Abrir Galería"	Abrir la galería del usuario	Completo
3	El usuario selecciona la foto de la partitura	La aplicación abre la ventana de iniciar animación mostrándole la imagen seleccionada	Incompleto. O1
4	Botón "Iniciar animación"	La aplicación conecta al servidor y trae la lista de notas o acordes y lo escribe en un archivo.txt	Error. No hay respuesta de petición en el servidor, la aplicación no guarda la imagen
3			

OBSERVACIONES ADICIONALES

O1. La imagen seleccionada no fue mostrada en la ventana

APROBADO		**RECHAZADO**	**X**

CASO DE PRUEBA CP-006-3	
Fecha	18/10/2020
Objeto de prueba	Aplicación móvil
Descripción	Conexión entre la aplicación móvil y el servidor, probando con foto de la galería
Pre-requisitos	La aplicación debe estar ya construida con sus diferentes ventanas y botones El servidor debe estar configurado y corriendo

DETALLE CASO DE PRUEBA

Paso No.	**Acción usuario**	**Respuesta esperada del sistema**	**Resultados**
1	Botón "Iniciar"	Ventana preguntando "como subir tu partitura"	Completo
2	Botón "Abrir Galería"	Abrir la galería del usuario	Completo
3	El usuario selecciona la foto de la partitura	La aplicación abre la ventana de iniciar animación mostrándole la imagen seleccionada	Completo
4	Botón "Iniciar animación"	La aplicación conecta al servidor y trae la lista de notas o acordes y lo escribe en un archivo.txt	Completo
3	Ingresa a la ventana de realidad aumentada	Se muestra el modelo de realidad aumentada	Error

OBSERVACIONES ADICIONALES

APROBADO		**RECHAZADO**	**X**

CASO DE PRUEBA CP-006-4	
Fecha	18/10/2020
Objeto de prueba	Aplicación móvil
Descripción	Conexión entre la aplicación móvil y el servidor, probando con foto de la galería
Pre-requisitos	La aplicación debe estar ya construida con sus diferentes ventanas y botones El servidor debe estar configurado y corriendo

DETALLE CASO DE PRUEBA			
Paso No.	**Acción usuario**	**Respuesta esperada del sistema**	**Resultados**
1	Botón "Iniciar"	Ventana preguntando "como subir tu partitura"	Completo
2	Botón "Abrir Galería"	Abrir la galería del usuario	Completo
3	El usuario selecciona la foto de la partitura	La aplicación abre la ventana de iniciar animación mostrándole la imagen seleccionada	Completo
4	Botón "Iniciar animación"	La aplicación conecta al servidor y trae la lista de notas o acordes y lo escribe en un archivo.txt	Completo
5	Ingresa a la ventana de realidad aumentada	Se muestra el modelo de realidad aumentada	Completo
6	Botón "Iniciar animación"	SE muestra el primer modelo de nota	Error 01

OBSERVACIONES ADICIONALES
O1, Esta mal direccionada la ruta de la nota

APROBADO		**RECHAZADO**	**X**

CASO DE PRUEBA CP-006-5	
Fecha	18/10/2020
Objeto de prueba	Aplicación móvil
Descripción	Conexión entre la aplicación móvil y el servidor, probando con foto de la galería
Pre-requisitos	La aplicación debe estar ya construida con sus diferentes ventanas y botones El servidor debe estar configurado y corriendo

DETALLE CASO DE PRUEBA			
Paso No.	**Acción usuario**	**Respuesta esperada del sistema**	**Resultados**
1	Botón "Iniciar"	Ventana preguntando "como subir tu partitura"	Completo

2	Botón "Abrir Galería"	Abrir la galería del usuario	Completo
3	El usuario selecciona la foto de la partitura	La aplicación abre la ventana de iniciar animación mostrándole la imagen seleccionada	Completo
4	Botón "Iniciar animación"	La aplicación conecta al servidor y trae la lista de notas o acordes y lo escribe en un archivo.txt	Completo
5	Ingresa a la ventana de realidad aumentada	Se muestra el modelo de realidad aumentada	Completo
6	Botón "Iniciar animación"	SE muestra el primer modelo de nota	Completo

OBSERVACIONES ADICIONALES			
APROBADO	**X**	**RECHAZADO**	