

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA
DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**



**“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA
ENSEÑANZA DE GUITARRA Y UKELELE CON
REALIDAD AUMENTADA. CASO DE ESTUDIO: IMPORT
MUSIC”**

**Trabajo previo a la obtención del Título de Ingeniería de
Sistemas y Computación**

TORRES CASTILLO ELISA DIANNE

**DIRECTOR:
JORGE ALEJANDRO ALARCÓN MENA**

QUITO, 2022

Agradecimientos

A mis padres y a mis hermanas, por estar a mi lado en todo momento, por ser mi motivación y la alegría de mis días.

A mis amigos, por el constante e infaltable apoyo emocional y académico.

A los buenos profesores de la Facultad, que crecen en sus estudiantes ganas de aprender y de ser mejores personas.

Dedicatoria

A todos los amantes de la música y músicos autodidactas, a aquellos que no encuentran apoyo en sus más cercanos y aun así continúan esforzándose por practicar lo que los hace felices.

Índice de contenido

Índice de Ilustraciones.....	v
Índice de Tablas	viii
Introducción	1
Capítulo 1: Marco Teórico	2
1.1. Aplicaciones Móviles.....	2
1.2. Realidad Aumentada	3
1.2.1. Tipos de Aplicaciones de Realidad Aumentada.....	4
1.2.2. Funcionamiento de la Realidad Aumentada	6
1.3. Instrumentos Musicales Aplicados	10
1.3.1. Guitarra	11
1.3.2. Ukelele	15
Capítulo 2: Herramientas y Metodologías de Desarrollo.....	18
2.1. Herramientas Para Desarrollo Móvil De Realidad Aumentada	18
2.1.1. Descripción de Herramientas	18
2.1.2. Selección de Herramienta	22
2.1.3. Otras características importantes de Vuforia Engine	23
2.2. Metodologías de Desarrollo de Software	27
2.2.1. Descripción de Metodologías.....	28
2.2.2. Selección de Metodología	31
2.2.3. Ciclo de Vida del Modelo Iterativo e Incremental.....	32
Capítulo 3: Desarrollo de la Aplicación Móvil	35
3.1. Documentación de las Fases de Desarrollo.....	35
3.1.1. Análisis de Requerimientos General.....	35
3.1.2. Diseño General.....	41

3.1.3. Incremento 1: Reconocimiento de Anatomía de Instrumentos	49
3.1.4. Incremento 2: Enseñanza de Acordes Básicos de Guitarra y Ukelele	76
Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones	127
4.1. Conclusiones	127
4.2. Recomendaciones.....	128
Glosario	130
Bibliografía	135
Anexos	a
Anexo A. Plantilla de Documento de Requerimientos de Software	a
Anexo B. Documento de Requerimientos de Software Firmado.....	b
Anexo C. Plantilla de Casos de Uso.....	k
Anexo D. Plantilla de Plan de Pruebas de Aceptación.....	k
Anexo E. Repositorio de Código Fuente	k
Anexo F. Documento de Pruebas de Aceptación - Primer Incremento	l
Anexo G. Pruebas de Usabilidad	t
Anexo H. Documento de Pruebas de Aceptación - Segundo Incremento....	y
Anexo I. Manual Técnico.....	mm
Anexo I. Manual de Usuario	xx

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Ejemplo de Realidad Aumentada basada en marcadores.....	5
Ilustración 2 Funcionamiento de la AR en aplicaciones basadas en marcadores	8
Ilustración 3 Funcionamiento de la AR en aplicaciones táctiles.....	9
Ilustración 4 Funcionamiento de la AR en aplicaciones SLAM.....	10
Ilustración 5 Partes de la guitarra acústica.....	11
Ilustración 6 Convención de numeración de dedos de la mano para tocar guitarra...	14
Ilustración 7 Cuerdas en un diagrama de acordes	14
Ilustración 8 Acordes básicos de guitarra	15
Ilustración 9 Acordes básicos de ukelele	17
Ilustración 10 Arquitectura de Vuforia	24
Ilustración 11 Prestaciones de Vuforia Engine visualizadas en Unity.....	25
Ilustración 12 Diagrama de factores a considerar para planeación de proyectos	28
Ilustración 13 Modelo incremental	33
Ilustración 14 Modelo iterativo e incremental adaptado.....	34
Ilustración 15 Diseño de interfaz de usuario REQ-1	42
Ilustración 16 Diseño de interfaz de usuario REQ-2	43
Ilustración 17 Diseño de interfaz de usuario F2 - Pantalla inicial	44
Ilustración 18 Diseño de interfaz de usuario REQ-6	45
Ilustración 19 Diseño de interfaz de usuario REQ-3	46
Ilustración 20 Diagrama de arquitectura	47
Ilustración 21 Diagrama de clases.....	48
Ilustración 22 Diagrama de flujo – Primer Incremento	52
Ilustración 23 Diagrama de secuencia de identificación de anatomía de guitarra	53
Ilustración 24 Diagrama de secuencia de identificación de anatomía de ukelele	53
Ilustración 25 Adición de ARCamera al proyecto	57
Ilustración 26 Generación de llave para licencia de Vuforia	57
Ilustración 27 Inserción de licencia de Vuforia en Unity	58
Ilustración 28 Descarga de modelos 3D de los instrumentos	59
Ilustración 29 Modificación de modelos 3D para cumplir con las mejores prácticas	59
Ilustración 30 Aplicación Model Target Generator	60

Ilustración 31 Configuración Model Up Vector en MGT.....	61
Ilustración 32 Configuración Model Units en MGT.....	61
Ilustración 33 Configuración Coloring en MGT.....	62
Ilustración 34 Configuración Model Type en MGT	63
Ilustración 35 Configuración de Motion Hint en MGT	63
Ilustración 36 Configuración de Guide Views en MTG	64
Ilustración 37 Creación de letreros en Unity.....	65
Ilustración 38 Asignación de letreros de partes de ukelele a su Model Target.....	65
Ilustración 39 Objetos de interfaz de usuario.....	66
Ilustración 40 Figura guía de la guitarra con mensaje informativo	68
Ilustración 41 Despliegue de letreros identificando partes de la guitarra	68
Ilustración 42 Letreros identificando partes de la guitarra desde diferentes ángulos	69
Ilustración 43 Figura guía del ukelele con mensaje informativo	70
Ilustración 44 Despliegue de letreros identificando partes del ukelele.....	71
Ilustración 45 Letreros identificando partes del ukelele desde diferentes ángulos....	71
Ilustración 46 Mensaje de recomendaciones pasados 30 segundos de inactividad ...	73
Ilustración 47 Desaparición del mensaje de recomendaciones si se reconoce la guitarra	73
Ilustración 48 Desaparición del mensaje de recomendaciones si se reconoce el ukelele	75
Ilustración 49 Diagrama de flujo - Segundo Incremento	81
Ilustración 50 Diagrama de secuencia de ilustración de numeración de dedos	82
Ilustración 51 Diagrama de secuencia de explicación de acordes en guitarra	83
Ilustración 52 Diagrama de secuencia de explicación de acordes en ukelele	83
Ilustración 53 Cambio de orientación de Prefabs de letreros.....	92
Ilustración 54 Corrección de orientación de letreros a vertical.....	93
Ilustración 55 Mensaje principal de recomendaciones	94
Ilustración 56 "Ver más" en mensaje de recomendaciones	94
Ilustración 57 Botón de ilustración de numeración de dedos	95
Ilustración 58 Instancias de botón Prefab en panel para glosario de acordes ...	96
Ilustración 59 Prefabs para diagramas de acordes	97
Ilustración 60 Aparición de imagen ilustrativa de numeración de dedos	99

Ilustración 61	Despliegue de glosario de acordes de guitarra.....	100
Ilustración 62	Pantalla tras seleccionar un acorde de guitarra	101
Ilustración 63	Despliegue de glosario de acordes de ukelele.....	102
Ilustración 64	Pantalla tras seleccionar un acorde de ukelele	103
Ilustración 65	Diagramas de acordes de guitarra aumentados (Do - Fa).....	105
Ilustración 66	Diagramas de acordes de guitarra aumentados (Fa m - Si m)	106
Ilustración 67	Movimiento de cámara tras aumento de diagrama en guitarra	107
Ilustración 68	Diagramas de acordes de ukelele aumentados (Do - Mi m)	109
Ilustración 69	Diagramas de acordes de ukelele aumentados (Fa - La m).....	110
Ilustración 70	Diagramas de acordes de ukelele aumentados (Si - Si m)	111
Ilustración 71	Movimiento de cámara tras aumento de diagrama en ukelele	111
Ilustración 72	Tiempo de espera para mensaje de recomendaciones en guitarra	113
Ilustración 73	Tiempo de espera para mensaje de recomendaciones en ukelele	114
Ilustración 74	Prueba de fiabilidad de primera funcionalidad en guitarras	117
Ilustración 75	Prueba de fiabilidad de segunda funcionalidad en guitarras.....	118
Ilustración 76	Prueba de fiabilidad de primera funcionalidad en ukeleles	119
Ilustración 77	Prueba de fiabilidad de segunda funcionalidad en ukeleles.....	120
Ilustración 78	Descarga e instalación en Huawei P30 Lite.....	123
Ilustración 79	Descarga e instalación en Xiaomi Mi 8	124
Ilustración 80	Descarga e instalación en Google Pixel 5	124
Ilustración 81	Descarga e instalación en Xiaomi Poco x3 NFC	125
Ilustración 82	Descarga e instalación en Samsung Galaxy A51	125

Índice de Tablas

Tabla 1 Comparación entre Vuforia, ARCore y Wikitude	22
Tabla 2 Comparación entre los modelos Cascada, Incremental, Espiral y RUP	32
Tabla 3 Caso de Uso CU1	49
Tabla 4 Curso normal del caso de uso CU1	50
Tabla 5 Cursos alternos del caso de uso CU1	50
Tabla 6 Caso de Uso CU2	50
Tabla 7 Curso normal del caso de uso CU2	50
Tabla 8 Cursos alternos del caso de uso CU2	51
Tabla 9 Caso de prueba CP1	54
Tabla 10 Caso de prueba CP2	55
Tabla 11 Caso de prueba CP3	56
Tabla 12 Caso de prueba CP4	56
Tabla 13 Caso de prueba CP1 – Fase Pruebas	67
Tabla 14 Caso de prueba CP2 – Fase Pruebas	70
Tabla 15 Caso de prueba CP3 – Fase Pruebas	72
Tabla 16 Caso de prueba CP4 – Fase Pruebas	74
Tabla 17 Caso de Uso CU3	76
Tabla 18 Curso normal del caso de uso CU3	76
Tabla 19 Caso de Uso CU4	77
Tabla 20 Curso normal del caso de uso CU4	77
Tabla 21 Caso de Uso CU5	78
Tabla 22 Curso normal del caso de uso CU5	78
Tabla 23 Caso de Uso CU6	79
Tabla 24 Curso normal del caso de uso CU6	79
Tabla 25 Cursos alternos del caso de uso CU6	79
Tabla 26 Caso de Uso CU7	79
Tabla 27 Curso normal del caso de uso CU7	80
Tabla 28 Cursos alternos del caso de uso CU7	80
Tabla 29 Caso de prueba CP5	84
Tabla 30 Caso de prueba CP6	85

Tabla 31 Caso de prueba CP7	86
Tabla 32 Caso de prueba CP8	86
Tabla 33 Caso de prueba CP9	87
Tabla 34 Caso de prueba CP10	88
Tabla 35 Caso de prueba CP11	88
Tabla 36 Caso de prueba CP12	89
Tabla 37 Caso de prueba CP13	90
Tabla 38 Caso de prueba CP14	91
Tabla 39 Caso de prueba CP15	91
Tabla 40 Caso de prueba CP5 – Fase Pruebas	98
Tabla 41 Caso de prueba CP6 – Fase Pruebas	100
Tabla 42 Caso de prueba CP7 – Fase Pruebas	102
Tabla 43 Caso de prueba CP8 – Fase Pruebas	104
Tabla 44 Caso de prueba CP9 – Fase Pruebas	108
Tabla 45 Caso de prueba CP10 – Fase Pruebas	112
Tabla 46 Caso de prueba CP11 – Fase Pruebas	114
Tabla 47 Caso de prueba CP12 – Fase Pruebas	116
Tabla 48 Caso de prueba CP13 – Fase Pruebas	121
Tabla 49 Caso de prueba CP14 – Fase Pruebas	122
Tabla 50 Caso de prueba CP15 – Fase Pruebas	123

Introducción

La música es un arte que inspira a los seres humanos. Aprender a tocar un instrumento y crear melodías en él es una aspiración de muchos y que pocos logran cumplir. Este trabajo pretende incentivar en aquellas personas autodidactas a adquirir un instrumento y aprender sin costo a tocarlo.

Es innegable la enorme popularización de los teléfonos inteligentes y sus constantes mejoras tecnológicas, donde cada vez se vuelve más indispensable ser dueño de uno. Actualmente, existen en exceso aplicaciones móviles orientadas hacia la música, muchas de ellas dirigidas a la enseñanza de instrumentos; sin embargo, la mayoría pretende emular los instrumentos en dos dimensiones o explicar su funcionamiento mediante videos o imágenes, lo cual puede resultar confuso para el usuario novato.

Así es como se genera la idea del aplicativo AMUSED – Mentor básico de guitarra y ukelele, que hace uso de la realidad aumentada para procurar que sus usuarios comprendan de manera más tangible y explícita a tocar estos instrumentos desde cero. Esta tecnología en crecimiento aprovecha los recursos del dispositivo como la cámara, giroscopio, acelerómetro, etc. para su funcionamiento y tiene como resultado un programa intuitivo de usar.

La aplicación móvil se desarrolla con el apoyo de la empresa de venta de instrumentos musicales Import Music, quien utilizará el producto para fines publicitarios.

Capítulo 1: Marco Teórico

1.1. Aplicaciones Móviles

Una aplicación móvil es un tipo de aplicación de software diseñada para dispositivos móviles como teléfonos inteligentes o tabletas. Actualmente estos dispositivos son casi imprescindibles para personas de todas las edades, por lo que la mayoría de industrias han apostado por posicionar sus servicios en forma de aplicaciones móviles e incluso existe una increíble cantidad de negocios en las que éstas son su único medio de ingresos.

En el ámbito de desarrollo, subsisten diferentes tipos de aplicaciones móviles que se usan en distintos contextos. Según Robert Ramírez Vique (2019) se pueden clasificar de la siguiente manera:

Aplicaciones Básicas: Son aplicaciones poco complejas que se basan en el envío y recepción de información puntual. Estas existen desde hace bastante tiempo y ya están empezando a tornarse obsoletas debido a su simplicidad y fácil reemplazo con tecnologías más recientes. Un ejemplo claro de este tipo de aplicaciones es el envío de mensajes de texto SMS o MMS de parte de empresas a sus clientes.

Webs Móviles: Aunque este concepto no es muy popular, este tipo de aplicaciones hacen referencia a las adaptaciones de sitios web para que puedan ser visualizadas en dispositivos móviles. Generalmente éstas no usan objetos dinámicos sino que se centran más en páginas estáticas informativas. Utiliza lenguajes de marcado¹, algunos cada vez menos usados, como XHTML, WML, XHTML-MP, c-html y versiones previas a HTML 5, por lo que la experiencia del usuario puede no ser tan eficiente dependiendo del navegador. Un ejemplo de esta categoría es “cualquier web pública con información para el contribuyente” (Ramírez Vique, 2019).

Aplicaciones Web sobre Móviles: Son aplicaciones basadas en tecnologías web que no necesitan ser instaladas en el dispositivo móvil pero pueden acceder a bastante información en él. Se diferencian de las webs móviles en que estas interaccionan fuertemente con el usuario, pero de igual manera adaptan la estructura y

¹ Un lenguaje de marcado es una forma de codificar un documento donde, junto con el texto, se incorporan etiquetas con información adicional relativa a la estructura del texto o su formato de presentación. (Morales, 2018)

el diseño a estos dispositivos. Están mayormente basadas en HTML 5, CSS3 y JavaScript por lo que la mayoría de dispositivos actuales las soportan. Un ejemplo básico de una aplicación web sobre móvil es facebook.com, que se acopla fácilmente a la pantalla de un teléfono celular.

Aplicaciones Nativas: Son aquellas que se desarrollan específicamente para una plataforma (Android, iOS, Windows Phone, entre otras) con los SDK² exclusivos de cada una, y que se instalan directamente en el dispositivo. Su gran ventaja es que tienen la capacidad de acceder a casi todas las funcionalidades de hardware del dispositivo, resultando en un alto rendimiento y una buena experiencia de usuario. Se las puede encontrar en las tiendas de aplicaciones. Ejemplos de aplicaciones nativas son las que necesitan un buen desempeño como juegos con gráficos 3D o aplicaciones con realidad aumentada.

Aplicaciones Web Móviles Nativas: Son las comúnmente llamadas híbridas, ya que combinan el desarrollo nativo con el web, aprovechando las ventajas de ambos. Instalan en el dispositivo un componente nativo que tiene embebido un navegador web en el que se despliega código HTML. El componente nativo hace que puedan tener acceso al hardware (aunque no tienen el alcance completo que tienen las nativas puras, lo que hace que el rendimiento sea menor en comparación), mientras que el componente web le permite adaptarse a otras plataformas con facilidad sin tener que estar desarrollando desde cero en otro lenguaje. Un claro ejemplo de aplicaciones híbridas son las de las redes sociales Facebook, Instagram y Pinterest.

1.2. Realidad Aumentada

La Realidad Aumentada, conocida por sus siglas en inglés AR, es un derivado de la Realidad Virtual³ originada en 1960 que “hace coexistir objetos del mundo real y objetos del mundo virtual en el ciberespacio” (Rigueros Bello, 2017). En otras palabras, es una tecnología que permite integrar elementos virtuales (ya sean auditivos o visuales) en tiempo real en el mundo físico, captado desde un dispositivo móvil con

² Un kit de desarrollo de software es un conjunto de herramientas que permiten el desarrollo de aplicaciones específicas para una plataforma de hardware o sistema operativo, generalmente ofrecido por su fabricante. (Redhat.com, 2021)

³ Este tipo de tecnología es una experiencia completamente inmersiva en donde el usuario se inserta en un mundo completamente virtual.

cámara u otros aparatos diseñados para este propósito, y alineados geométrica y coherentemente en el espacio. Varios autores añaden también que la AR ofrece al usuario una “experiencia enriquecida sin que interfiera con su percepción natural” (Ierache, y otros, 2015).

La realidad aumentada permite reconocer objetos del mundo real y superponer texto, imágenes, videos, modelos 3D, audios, u otros elementos, creando la ilusión de que se encuentran en el mismo espacio físico que el usuario, lo que la ha hecho muy llamativa para áreas como los videojuegos, moda, compra de pisos y muebles, logística, transporte, seguridad e investigación policial, publicidad, educación, entre muchas otras.

1.2.1. Tipos de Aplicaciones de Realidad Aumentada

Existen varios tipos de aplicaciones de realidad aumentada. Edwards-Stewart, Hoyt y Reger en su artículo “Classifying Different Types of Augmented Reality Technology” clasifican a la AR en seis diferentes tipos que caen dentro de dos grandes categorías: basadas en activadores y basadas en vistas.

1.2.1.1. Basadas en Activadores

La realidad aumentada basada en activadores utiliza un estímulo para accionar los objetos virtuales. Dependiendo del estímulo, se pueden clasificar en cuatro tipos:

- 1. *Basados en marcadores.*** Este tipo de aplicaciones utilizan marcadores o patrones para activar la AR, los cuales pueden ser imágenes impresas en papel (generalmente códigos QR pero también se usan imágenes más complejas), u objetos del mundo real. Así, la cámara del dispositivo que se esté usando detecta el marcador y superpone los objetos programados como muestra la Ilustración 1.



*Ilustración 1 Ejemplo de Realidad Aumentada basada en marcadores
Fuente: Assemblr Team (2019)*

2. **Basados en localización.** Utiliza el GPS del dispositivo para identificar la ubicación del entorno y con esa información saber dónde se deben colocar los objetos virtuales. Esta técnica no es muy eficiente para vistas muy cercanas ya que el GPS no suele ser tan preciso a este nivel. El famoso juego Pokemon Go es un gran ejemplo de aplicaciones basadas en localización.
3. **Aumento dinámico.** Este tipo de aplicaciones responden a los cambios del objeto identificado; por ejemplo, si este aumenta en tamaño, los objetos virtuales también lo hacen. Utilizan una técnica llamada rastreo de movimiento.
4. **Aumento complejo.** Es la combinación de los tres tipos vistos anteriormente junto con el acceso a información de internet, que consigue un entorno aumentado actualizado, muy real y en constante cambio. Este concepto se puede apreciar claramente con Google Glass, donde los usuarios pueden ver información de los lugares que observan mientras se movilizan.

1.2.1.2. Basadas en Vistas

La AR de esta categoría es aquella que no utiliza el panorama actual del entorno para posicionar objetos virtuales, sino que se basa en vistas estáticas o en vistas previamente almacenadas. Hay dos tipos de aplicaciones basadas en vistas:

1. ***Aumento indirecto.*** El aumento indirecto permite tomar vistas estáticas (como fotografías) e insertar elementos virtuales sobre ellas. Un ejemplo es una aplicación que permita al usuario tomar una foto de una habitación con su dispositivo móvil y en ella cambiar el color de las paredes.
2. ***Aumento digital no específico.*** Este tipo de realidad aumentada es aquel que no toma en cuenta los componentes del mundo real para posicionar elementos digitales, es decir, no utiliza los objetos del entorno físico para referenciar sus virtualizaciones, sino que se ubican frente a ellos independientes del movimiento del dispositivo en el que se esté observando.

1.2.2. Funcionamiento de la Realidad Aumentada

La realidad aumentada se apalanca en muchas herramientas para poder lograr una inmersión efectiva y en tiempo real. Para poder explicar cómo hace esta tecnología para aumentar la realidad, según Linowes & Babilinski (2017), es necesario abarcar las dos formas principales en las que trabaja: con dispositivos móviles de mano y con gafas ópticas para AR.

Dispositivos Móviles de Mano. Cuando se utiliza realidad aumentada en un teléfono o Tableta inteligente, este hace un uso indispensable de la cámara para capturar el mundo físico. Además, muchas características de su hardware son aprovechadas por la AR:

- El hecho de tener una batería recargable y no necesitar de cables para poder usarlo, permite al usuario moverse por su entorno sin dificultad.
- La pantalla táctil ayuda a la interacción del usuario con los objetos virtuales o con los objetos del mundo real captados en el dispositivo. La propiedad de multitouch⁴ también puede ser aprovechada.
- La alta resolución de la pantalla resulta en una mejor experiencia para el consumidor.
- La cámara trasera monocular facilita la renderización de los objetos virtuales al tener un solo punto de vista.

⁴ Capacidad de un dispositivo de reconocer más de un estímulo táctil simultáneamente. (Linowes & Babilinski, 2017)

- Todo el proceso de la AR se apalanca en el CPU, GPU y almacenamiento del equipo, que cada vez son más poderosos y permiten un mejor rendimiento de la realidad aumentada.
- Los sensores de movilidad como el acelerómetro⁵ y el giroscopio⁶ permiten detectar la posición y orientación del dispositivo en tiempo real, determinando el ángulo de visión del dispositivo para poder acoplar los componentes virtuales de una manera más realista.
- Muchas aplicaciones de AR se apoyan del GPS para detectar su ubicación aproximada.
- El WiFi de los dispositivos móviles puede ser utilizado por estas aplicaciones para recoger o publicar información desde o hacia el internet.

Gafas Ópticas de Realidad Aumentada. Estos dispositivos se diferencian de los anteriores en que estos no utilizan video para capturar o renderizar el mundo, sino que integran ópticamente elementos virtuales con el entorno, de tal manera que puedas observarlos con tus ojos sobre la realidad física. Así, como son mecanismos binoculares, se trabaja paralelamente con dos vistas separadas para mejorar la percepción de sus componentes virtuales en tres dimensiones. Algunas gafas de realidad aumentada como Microsoft Hololens tienen la capacidad de conectarse a computadoras para utilizar sus recursos de procesamiento, pero otros visores son diseñados con sus propios requerimientos de hardware entre los cuales se encuentran:

- Lentes ópticos
- Cámara con vista hacia adelante
- Sensores de profundidad para rastreo de posición
- Acelerómetro y giroscopio
- Pequeños parlantes cerca del oído para sonido espacial
- Micrófono

⁵ “Dispositivo que mide la vibración o la aceleración del movimiento de una estructura.” (Omega.com, 2021)

⁶ Componente que dentro de un dispositivo es capaz de determinar su orientación mediante un sistema de movimiento rotatorio. (Linares, 2016)

A pesar de sus visibles diferencias, ambos tipos de dispositivos de AR pueden trabajar con alcances parecidos haciendo uso de los recursos ya presentados. Con las aplicaciones de realidad aumentada basadas en marcadores, funciona como resume la Ilustración 2. Primero se analiza el fotograma del video captado por el dispositivo y se busca un marcador conocido, el cual lo reconoce mediante la técnica de fotogrametría⁷, tomando en cuenta cualquier deformación de este (tamaño, curvatura, etc.). Luego determina la posición y orientación del dispositivo dentro del espacio tridimensional, información que es utilizada para renderizar los objetos virtuales de manera coherente en el fotograma que es mostrado al usuario. Este proceso se repite aproximadamente sesenta veces por segundo (aunque depende del equipo que lo esté ejecutando), utilizando además ciertas técnicas que evitan operaciones que se consideren innecesarias o redundantes.

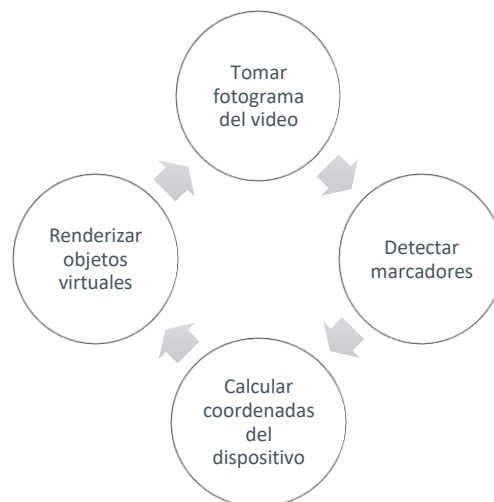


Ilustración 2 Funcionamiento de la AR en aplicaciones basadas en marcadores
Fuente: Elaboración propia con base en Linowes & Babilinski (2017)

El proceso es un poco distinto con aplicaciones en las que el usuario interactúa con la pantalla del dispositivo. Como se muestra en la Ilustración 3, la aplicación al detectar un evento táctil lanza un rayo (trabajado solo matemáticamente) desde las coordenadas de la pantalla hacia el entorno tridimensional, procurando interceptar un

⁷ Técnica que utiliza la intersección de fotografías para obtener medidas confiables de objetos o entornos físicos. (CNR, 2019)

objeto y poder trabajar con él. Así, en el siguiente fotograma los cambios correspondientes al evento serán visibles para el usuario.

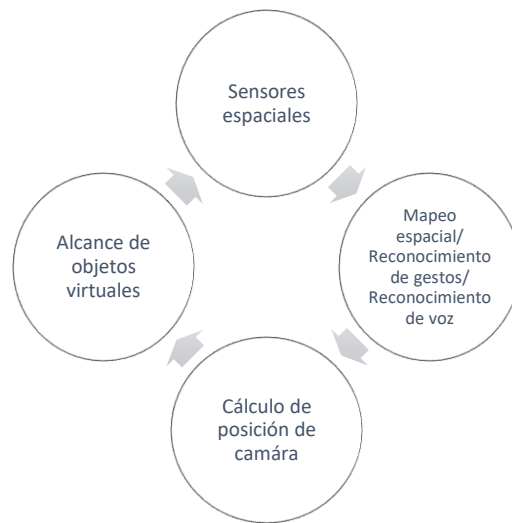


Ilustración 3 Funcionamiento de la AR en aplicaciones táctiles
Fuente: Elaboración propia con base en Linowes & Babilinski (2017)

También existe el enfoque de mapeo espacial 3D, el cual utiliza sensores de profundidad de luz infrarroja (o también puede usarse técnicas avanzadas de fotogrametría) para construir una malla tridimensional del mundo físico y poder colocar objetos en diferentes superficies sin necesidad de marcadores. La malla contiene un conjunto de puntos llamados nodos cuya posición se calcula usando triangulación⁸. Este método se denomina SLAM⁹ y es muy efectivo para localizar elementos de forma consistente, identificar la oclusión entre estos (saber si un objeto está en frente o detrás de otro) y hacer que los componentes insertados puedan desplazarse alrededor de la habitación congruentemente. De esta forma, podemos decir que el proceso por cada actualización de un fotograma para la técnica de SLAM se da como en la Ilustración 4.

⁸ Es una técnica geométrica que divide un plano uniformemente en triángulos mediante la partición recursiva de una figura en dos triángulos iguales.

⁹ Siglas para Simultaneous Localization And Mapping, traducido al español como localización y mapeo simultáneo.



*Ilustración 4 Funcionamiento de la AR en aplicaciones SLAM
Fuente: Elaboración propia con base en Linowes & Babilinski (2017)*

1.3. Instrumentos Musicales Aplicados

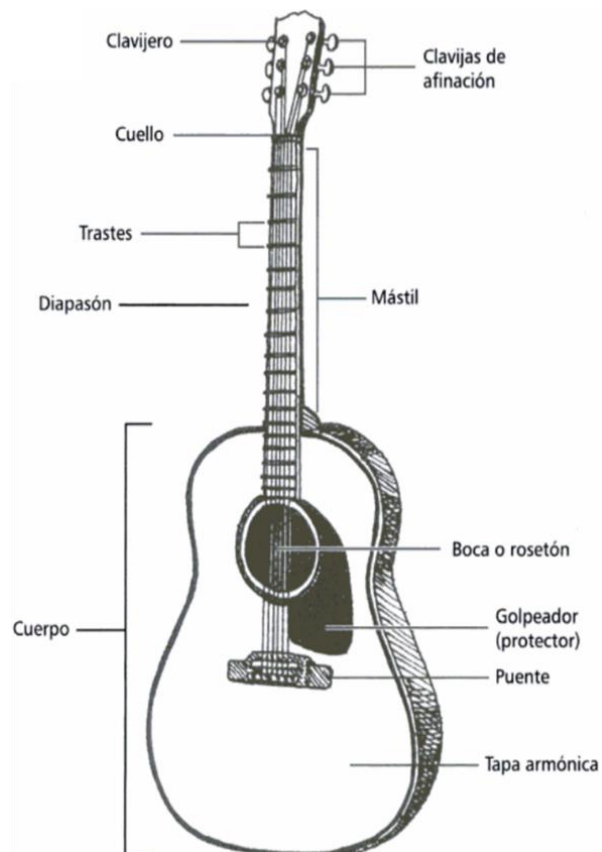
Como se pudo evidenciar en la sección anterior, la realidad aumentada es una herramienta poderosa que se ha ido integrando en diferentes campos de aplicación. Uno de los más destacados es la educación. Muchos artículos hablan sobre los beneficios que conlleva enseñar con el apoyo de la AR y, en este caso, la orientaremos a la educación musical dentro de dos instrumentos específicos: la guitarra y el ukelele.

La guitarra es el instrumento musical más popular a nivel mundial debido a que, aunque sea complicado perfeccionarlo, es fácil simplemente aprender a tocarla. Una gran cantidad de artistas y bandas conocidos internacionalmente utilizan este instrumento para componer e interpretar su música, lo que supone un ejemplo a seguir de sus admiradores y suele ser una causa común en niños y jóvenes para aprender a tocar un instrumento.

Asimismo, el ukelele es un instrumento muy parecido a una guitarra e incluso más sencillo de tocar, por lo que la popularidad de la guitarra se extendió al ukelele, sobre todo para personas que aspiran interpretar canciones de sus artistas favoritos sin invertir tanto tiempo en el aprendizaje del instrumento o que solamente se enfocan en buscar acompañamiento para la voz. Además, una razón de peso para su creciente fama es que representa una inversión económica considerablemente menor comparada con otros instrumentos (aunque una guitarra también es considerada muy asequible frente a algunos instrumentos destacados como el violín o la batería).

1.3.1. Guitarra

La guitarra es un instrumento musical de cuerda pulsada muy antiguo, que data sus inicios en civilizaciones del 1400 a.C. aproximadamente, y aunque experimentó varios cambios evolutivos en su forma y sonido, no tuvo mayor relevancia en la música hasta 1840 (en anteriores épocas se lo usaba como elemento decorativo). Desde esta fecha, la guitarra fue creciendo en popularidad entre compositores y músicos, convirtiéndose a día de hoy en uno de los instrumentos musicales más conocidos mundialmente. Para finales del barroco (año 1750) este instrumento adquirió dos de sus más significantes características hasta la actualidad: sustituyó sus cinco cuerdas por seis, y se las afinó en las notas mi-si-sol-re-la-mi, de la más aguda a la más grave. Desde aquí, su anatomía se ha mantenido a grandes rasgos muy similar, como muestra la Ilustración 5, constando de las siguientes partes principales:



*Ilustración 5 Partes de la guitarra acústica
Fuente: Jackson (2008)*

- Clavijero: aloja las seis clavijas para afinar¹⁰.
- Cuello: guía las cuerdas desde las clavijas hasta el puente.
- Clavijas de afinación: son piezas de metal a modo de engranajes que se sujetan cada una a una cuerda. La rotación de una clavija hace que se tense o afloje la cuerda, ajustando así la afinación.
- Trastes: cada uno de los espacios rectangulares en el diapasón.
- Diapasón: une el clavijero con el cuerpo y suele tener de 18 a 22 trastes, dependiendo del modelo o tipo de guitarra.
- Mástil: comúnmente fijado al cuerpo con tornillos o pegamento, es una pieza de madera que soporta el diapasón y sirve para reforzar y corregir posibles desviaciones, junto con una varilla de metal que la atraviesa llamada alma.
- Cuerpo: es la parte más grande de la guitarra, conformada por la tapa armónica, la tapa posterior y los aros (que unen estas dos tapas).
- Tapa armónica: tapa delantera del cuerpo que sostiene al puente y soporta la tensión de las cuerdas.
- Boca: agujero en el centro de la tapa armónica que permite el flujo de aire hacia el interior del cuerpo.
- Puente: sostiene el extremo de las cuerdas.

Aunque la guitarra acústica (expuesta en la ilustración 1) es una de las más conocidas y tocadas a nivel mundial, cabe mencionar que en la actualidad existen otros tipos de guitarra que varían por su sonido, materiales de los que están hechas y forma, y según la revista LaCarne Magazine (2019) son las siguientes:

- Guitarra clásica
- Guitarra acústica
- Guitarra flamenca
- Guitarra eléctrica

¹⁰ Poner en el tono justo a un instrumento musical.

1.3.1.1. Funcionamiento de la Guitarra

Cada una de las cuerdas de la guitarra tiene afinada su nota musical estándar (como ya se mencionó antes, mi-si-sol-re-la-mi desde la más aguda a la más grave), la cual vibra al puntearla¹¹. La vibración se transmite a través del puente a la tapa armónica y a la tapa posterior, lo cual produce ondas sonoras que salen pasando por la boca.

Una cuerda tocada al aire¹² reproduce la frecuencia de la nota en la que está afinada; cuando se pisa¹³ la cuerda sobre un traste, el sonido cambia. Tomando en consideración que, por convención, los trastes se cuentan en orden ascendente desde el cuello hasta el puente, el primer traste subirá medio tono¹⁴ a la afinación estándar de cada una de las cuerdas. De esta manera, al pisar una o varias cuerdas sobre cada traste del diapasón, reproducirá una nota medio tono más aguda que la que lo hace en el traste anterior.

De esta manera, podemos darnos cuenta de que existe una increíble cantidad de combinaciones entre las diferentes posiciones de los dedos en los trastes y cuerdas, muchas de las cuales reproducen acordes¹⁵ y decenas de variaciones de estos. Así, se tiene un gran diccionario de formas para tocar los acordes y sus variantes.

La convención para ilustrar las posiciones de los dedos en las cuerdas y formar acordes es conocido como diagrama de acordes, el cual consiste en marcar pequeños círculos sobre una representación visual de un diapasón, ubicados en cuerdas y trastes específicos. Opcionalmente se suele poner números dentro de estos círculos, que indican el dedo de la mano izquierda que debe colocar en esa posición. Los dedos se numeran como indica la Ilustración 6.

¹¹ Apoyarse o tirar de una cuerda para que emita su sonido.

¹² Tocar al aire hace referencia a tocar una o varias cuerdas sin apoyar los dedos sobre ningún traste.

¹³ Se dice pisar a presionar el dedo contra una cuerda sobre el diapasón.

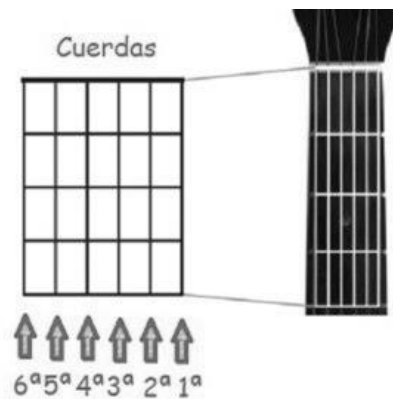
¹⁴ “Cualidad de los sonidos, dependiente de su frecuencia, que permite ordenarlos de graves a agudos” (RAE & ASALE, 2020)

¹⁵ Combinación de al menos tres notas que produce un sonido armónico.



*Ilustración 6 Convención de numeración de dedos de la mano para tocar guitarra
Fuente: Martin (2013)*

Un diagrama de acordes tiene líneas horizontales que representan las divisiones de los trastes y líneas verticales que representan las cuerdas de la guitarra, siendo la primera cuerda la línea de la derecha y la sexta cuerda la de la izquierda, como muestra la ilustración 7.



*Ilustración 7 Cuerdas en un diagrama de acordes
Fuente: Martin (2013)*

Los acordes más básicos en la guitarra y los que serán de utilidad para el propósito de este trabajo se presentan en los diagramas de acordes de la Ilustración 8. Con esta base, un aprendiz de guitarra puede practicar sus primeros acordes y en poco tiempo comenzar a interpretar canciones.

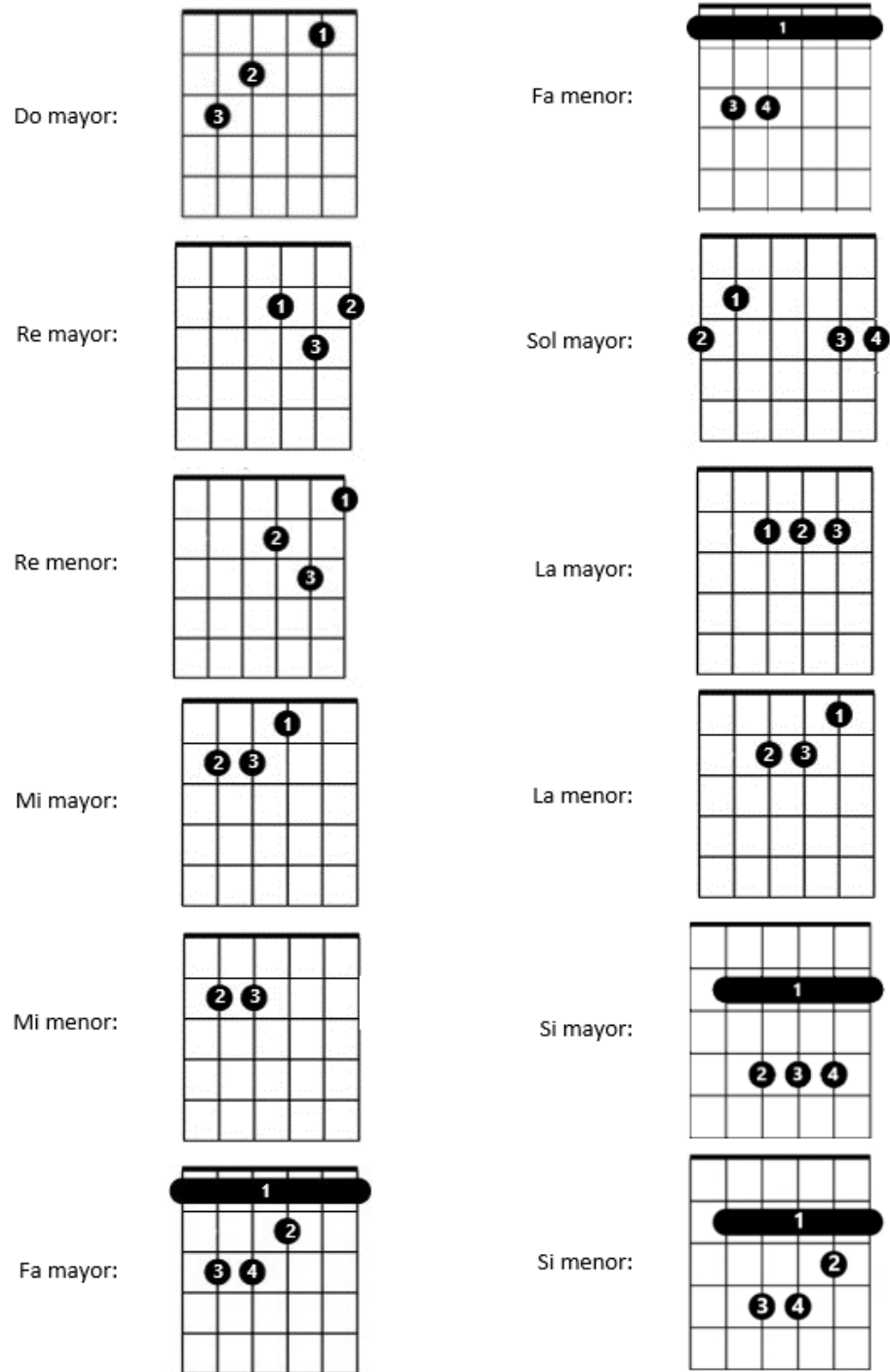


Ilustración 8 Acordes básicos de guitarra
Fuente: Elaboración propia con base en diagramas de Guitarraviva (2020)

1.3.2. Ukelele

El ukelele o ukulele es un instrumento musical muy similar a una guitarra, popularmente conocido por su origen Hawaiano (aunque varios autores afirman que

fue creado por inmigrantes de Madeira-Portugal). Con la misma anatomía, funcionamiento y forma de diagramación, el ukelele se diferencia de una guitarra por su reducido tamaño y en que este posee cuatro cuerdas en vez de seis, afinadas en la-mi-do-sol desde la primera a la última cuerda.

Si bien este instrumento tuvo sus inicios alrededor de 1870, no fue hasta 1915 que se difundió en Estados Unidos y décadas más tarde se hizo muy popular a nivel mundial. En la actualidad, existen cuatro tipos de ukeleles que varían en tamaño y timbre¹⁶:

- Ukelele soprano
- Ukelele concierto
- Ukelele tenor
- Ukelele barítono

Si bien esta clasificación se refiere a los ukeleles acústicos, también existen versiones eléctricas y electroacústicas.

Los diagramas de acordes para ukelele tienen el mismo principio que los de guitarra (evidentemente con cuatro cuerdas en vez de seis). En la Ilustración 9 se presentan los acordes más utilizados en el ukelele.

Finalmente, siendo el ukelele incluso un poco más sencillo de tocar que la guitarra, se puede concluir que ambos instrumentos deben su popularidad a su facilidad de aprendizaje con diagramas de acordes de modo autodidacta, incluso desde niveles muy básicos.

¹⁶ Cualidad de un sonido que permite distinguirlo de otro de igual frecuencia e intensidad.

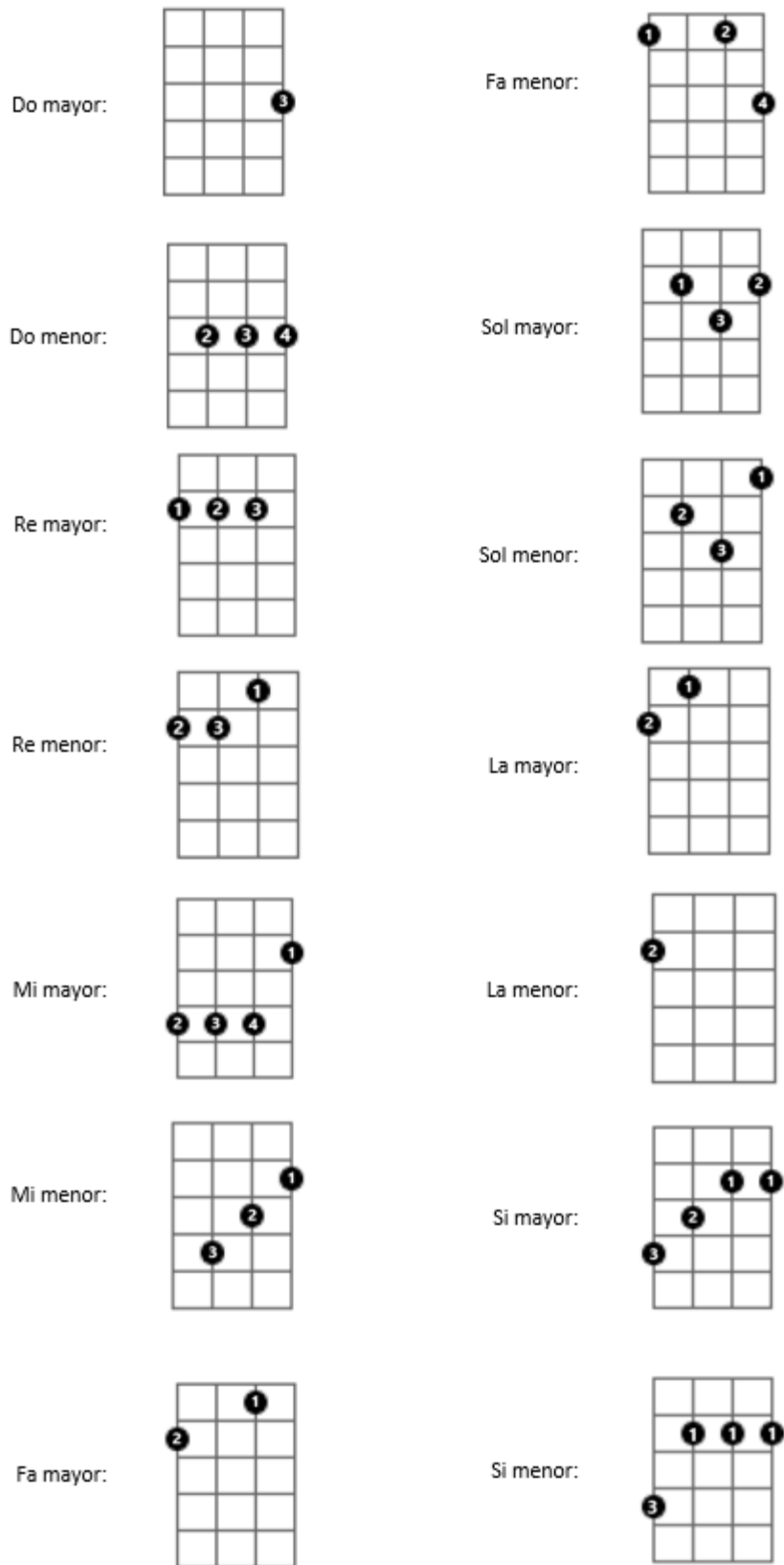


Ilustración 9 Acordes básicos de ukelele
Fuente: Elaboración propia con base en diagramas de Rodríguez (2019)

Capítulo 2: Herramientas y Metodologías de Desarrollo

En este capítulo se expone una comparación entre algunas herramientas de desarrollo móvil para realidad aumentada y entre metodologías de desarrollo de software, buscando encontrar la alternativa que mejor se sujete al escenario propuesto.

2.1. Herramientas Para Desarrollo Móvil De Realidad Aumentada

Existen varios SDK y marcos de trabajo para el desarrollo de aplicaciones móviles con realidad aumentada. En este caso se analizarán tres de los más utilizados: Vuforia Engine, ARCore y Wikitude, para finalmente compararlos y escoger la herramienta que más se acoja a los requerimientos generales de la aplicación a desarrollar. Cabe resaltar que la plataforma ARKit es también de las más relevantes para realidad aumentada, pero fue descartada para este análisis por ser exclusiva para iOS.

2.1.1. Descripción de Herramientas

2.1.1.1. Vuforia Engine

Vuforia Engine es una plataforma para el desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada y realidad mixta¹⁷ con soporte para múltiples dispositivos como teléfonos inteligentes, Tabletas y HMDs¹⁸. Permite desarrollar aplicaciones para Android, iOS, UWP¹⁹ y Lumin²⁰.

Las características más importantes de esta plataforma se pueden resumir en las siguientes:

- Reconocimiento de imágenes planas, imágenes en cilindros, multi-target²¹ y VuMarks (marcadores de Vuforia personalizables que utilizan código QR y pueden adquirir diferentes formas y colores).

¹⁷ Es una tecnología que mezcla realidad virtual con realidad aumentada.

¹⁸ Siglas para Head Mounted Display que en español se traduce como pantallas montadas en la cabeza.

¹⁹ Siglas para Universal Windows Platform o plataforma universal de Windows en español.

²⁰ Lumin es una pantalla táctil tipo Tableta diseñada para ser muy intuitiva y simple, dirigida especialmente hacia personas mayores. (Lumin Health, 2020)

²¹ Es una técnica de rastreo para realidad aumentada en la que se combinan varias imágenes en una estructura geométrica definida, lo que permite detectar un objeto desde cualquier ángulo de visión.

- Reconocimiento de objetos utilizando modelos 3D predefinidos o escaneados usando Vuforia Object Scanner.
- Reconocimiento del entorno, permitiendo detectar superficies horizontales y también áreas completas utilizando el escáner Vuforia Area Target Creator u otros escáneres de terceros.
- Reconocimiento de texto y rastreo por geolocalización.
- Capacidad de rastreo de marcadores incluso cuando estos ya no están en el marco de visión de la cámara.
- Soporte para realidad aumentada basada en vistas (sin marcadores).
- Capacidad para aprovechar características de otras plataformas como ARCore y ARKit²² y acoplarlas a su API²³.
- Con el objetivo de no tener que estar enfocando un marcador con una cámara repetidas veces para hacer pruebas, Vuforia permite grabar videos y usarlos para ensayos a lo largo del desarrollo.
- Posibilidad de reconocimiento tanto online como offline.
- No posee una plataforma propia de edición de AR. Se puede trabajar en cuatro entornos de desarrollo diferentes dependiendo del sistema operativo objetivo: Visual Studio²⁴ para Windows, Android Studio²⁵ para Android, Xcode²⁶ para iOS y Unity²⁷ para cualquiera de ellos.
- Tiene amplia y accesible documentación disponible.
- Permite crear aplicaciones de manera gratuita pero para publicarlas y comercializarlas es necesario comprar una licencia de mínimo 42\$ mensuales. (ptc.com, 2020)

²² Plataforma para desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada en dispositivos Apple.

²³ Siglas para Application Programming Interface o interfaz de programación de aplicaciones en español.

²⁴ Entorno de desarrollo integrado compatible con varios lenguajes de programación como C# y C++.

²⁵ Es el entorno de desarrollo integrado oficial para aplicaciones Android, basado en los lenguajes Kotlin, Java y C++.

²⁶ Entorno de desarrollo integrado para aplicaciones de dispositivos Apple, compatible con lenguajes como Objective-C y Swift principalmente.

²⁷ Plataforma gratuita de desarrollo de videojuegos y otras experiencias interactivas en 2D y 3D, compatible con C#

2.1.1.2. ARCore

ARCore es otra plataforma de desarrollo de realidad aumentada creada por Google en 2018. Es compatible con una gran cantidad de dispositivos móviles de diferentes marcas que utilicen Android o iOS. Utiliza tres elementos clave para procesar realidad aumentada:

- Rastreo de movimiento sin necesidad de utilizar marcadores; distingue cambios de posición identificando puntos característicos (llamados “feature points”) en la imagen capturada por la cámara (Lanham, 2018), manteniendo memoria del ambiente incluso cuando el dispositivo pierde visión de este.
- Reconocimiento del entorno, detectando superficies horizontales con la técnica de mallado tridimensional.
- Estimación de la cantidad de luz en una habitación.

Además posee características como:

- Reconocimiento de imágenes y marcadores 2D (no reconoce marcadores 3D).
- Reconocimiento facial.
- Capacidad de reconocer intersecciones entre objetos.
- Uso de puntos de anclaje para fijar un objeto virtual a una posición específica del entorno. ARCore también tiene la capacidad de compartir estos anclajes con otros usuarios en la nube usando Cloud Anchors.
- No posee una plataforma de desarrollo propia. Se puede trabajar en conjunto con Android Studio, Unity, Xcode o Unreal²⁸.
- Documentación completa para aprendizaje y guías de desarrollo.

2.1.1.3. Wikitude

Wikitude es otro de los SDK más usados para desarrollo de realidad aumentada. Fue creado en 2008 por Wikitude GmbH y es capaz de crear aplicaciones para Android, iOS, Windows y algunos lentes inteligentes. Tiene características muy

²⁸ Plataforma de desarrollo de videojuegos 3D basada en el lenguaje C++.

robustas que varían dependiendo del paquete que se adquiriera; la versión Enterprise (la más completa) dispone de:

- Reconocimiento del entorno y objetos en 360 grados muy estables, pero no tiene la habilidad de reconocer texto.
- Uso de geolocalización.
- Marcadores en imágenes, modelos 3D, objetos (también cilíndricos) o escenas, y puede combinar todos ellos para una mejor experiencia.
- Reconocimiento “extendido”, que permite mantener la experiencia aumentada después de retirar el marcador.
- Creación de objetos tridimensionales para aumentación.
- Posicionamiento de objetos virtuales en superficies planas sin necesidad de marcadores.
- Reconocimiento de múltiples marcadores simultáneamente.
- Inicialización de alineamiento para objetos difíciles de reconocer automáticamente, donde el usuario ayuda a alinear el modelo virtual con el objeto real para que la aplicación pueda continuar con su ejecución.
- Almacenamiento en la nube para grandes proyectos.
- Capacidad de conectarse con ARKit y ARCore para ciertas funcionalidades.
- Proporciona su propio entorno de desarrollo muy completo llamado Xamarin Studio, pero también permite integración con otras plataformas como Unity, Cordova²⁹, Flutter³⁰ y varias otras.
- Ofrece una prueba gratis por 45 días. Después, se puede obtener licencias con menos propiedades que la Enterprise desde \$600 anuales.
- Tiene una extensa documentación sobre sus conceptos y guía para desarrollo, tanto para Xamarin Studio como para los demás entornos de desarrollo que soporta.

²⁹ Entorno de desarrollo de aplicaciones móviles Android, iOS y Windows con HTML, CSS y JavaScript. (Apache.org, 2012)

³⁰ Kit de herramientas para el desarrollo de aplicaciones nativas Android, iOS y Web. (Flutter.dev, 2021)

2.1.2. Selección de Herramienta

Basándose en los puntos anteriores, en la Tabla 1 se exponen las características que se encontraron más relevantes para la aplicación a desarrollar en el presente trabajo y se compara entre las tres plataformas para facilitar el proceso de decisión.

Característica	Vuforia	ARCore	Wikitude
<i>Compatibilidad con dispositivos de varios sistemas operativos (Android, iOS y Windows)</i>	Sí	Sí, con Android y iOS	Sí
<i>Documentación amplia con manuales para desarrollo de aplicaciones</i>	Sí	Sí	Sí
<i>Reconocimiento de marcadores como objetos tridimensionales</i>	Sí	No	Sí
<i>Entorno de desarrollo propio</i>	No	No	Sí
<i>Costos de utilización</i>	Gratuito para aplicaciones no-comerciales	Gratuito	Prueba gratis por 45 días. Alto costo de licencia

*Tabla 1 Comparación entre Vuforia, ARCore y Wikitude
Fuente: Elaboración propia (2021)*

A rasgos generales, se puede apreciar que las tres herramientas poseen la mayoría de características, pero es necesario tomar en cuenta tres aspectos: ARCore no es capaz de reconocer objetos 3D, lo que resulta poco útil para el propósito de este trabajo; Wikitude tiene un corto periodo de prueba gratuita que podría ser muy ajustado de acoplarse; y Vuforia no tiene su propio entorno de desarrollo, pero puede integrarse fácilmente con terceros.

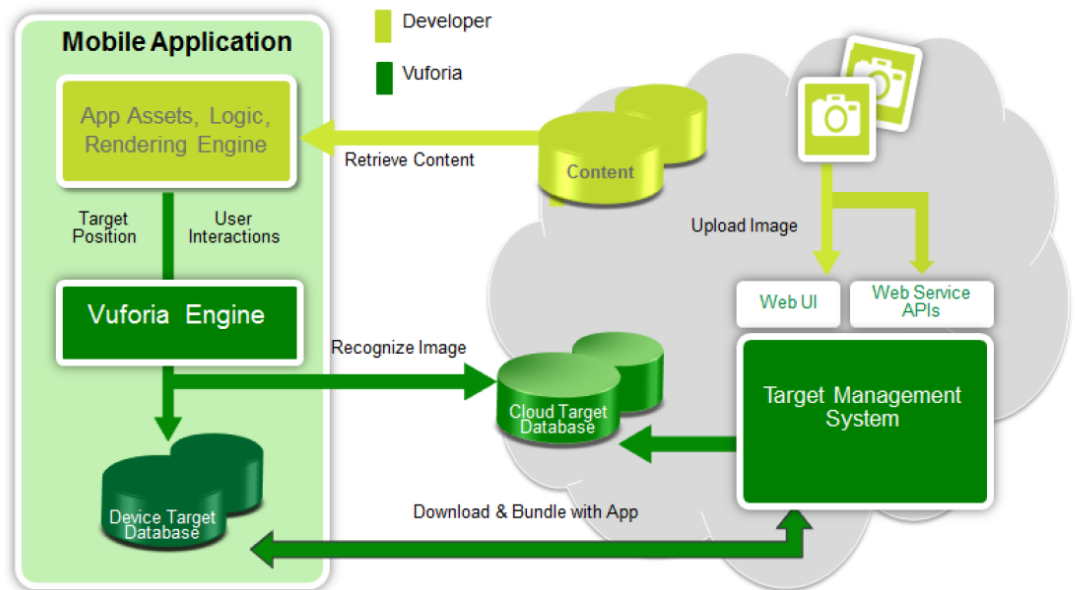
Con esto, se considera que Vuforia es la mejor opción para desarrollar esta aplicación móvil con realidad aumentada: permite que sea multiplataforma y trabaja con reconocimiento de objetos tridimensionales (además de ofrecer la tecnología de multi-target), lo que será ventajoso al momento de distinguir los instrumentos musicales con la cámara. Además, posee documentación completa para su aprendizaje y su oferta sin costo para aplicaciones no comerciales resulta suficiente. Finalmente, se lo puede utilizar en conjunto con el entorno de desarrollo Unity ya que es gratuito y no se enfoca en un sistema operativo objetivo únicamente.

2.1.3. Otras características importantes de Vuforia Engine

2.1.3.1. Arquitectura de Vuforia

Vuforia trabaja con varios componentes para cumplir su función. Como muestra la Ilustración 10, el desarrollador aporta con los elementos en color verde claro: se encarga de proporcionar las imágenes u otros tipos de marcadores a la página web o APIs del sistema de manejo de marcadores (Target Management System), y el contenido en sí para que funcione la aplicación, entre esto, el motor de renderizado que en este caso será Unity, la lógica de la aplicación (scripts) y los recursos necesarios para que el motor de Vuforia pueda trabajar (escenas, imágenes, objetos 3D, etc).

Como muestran los componentes de color verde oscuro, Vuforia recibe los marcadores en el Target Management System y los almacena en la web, asociados a la cuenta personal del desarrollador. Desde aquí, los marcadores se pueden exportar a una base de datos en la nube (con espacio limitado, dependiendo del plan adquirido por el desarrollador) o a la base de datos propia de la aplicación (Device Target Database). Así, el motor de Vuforia puede obtener la posición del marcador y las interacciones que hace el usuario gracias a los recursos y lógica provistos por el desarrollador, y reconocer los marcadores desde una base de datos especializada para este tipo de objetos, para después aplicar su tecnología de realidad aumentada y mostrarla al usuario.

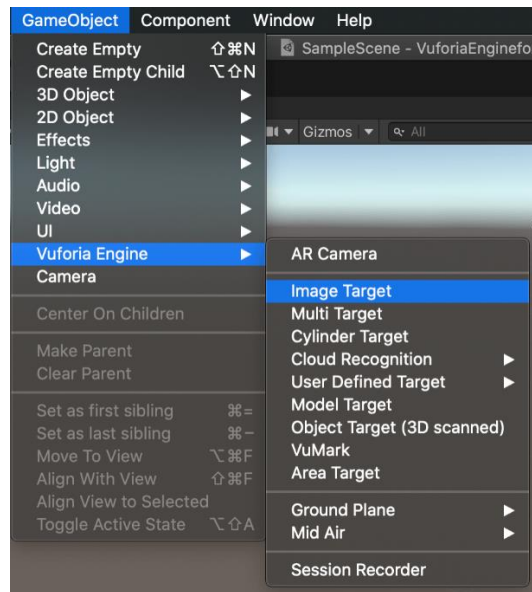


*Ilustración 10 Arquitectura de Vuforia
Fuente: Agustina, Sumarto, & Trisno (2019)*

2.1.3.2. Funcionamiento de Vuforia con Unity

Como ya se mencionó previamente, la plataforma de Unity permite crear, junto con Vuforia, experiencias de realidad aumentada en 2D y 3D. Unity Editor proporciona la interfaz gráfica de desarrollo y Vuforia Engine agrega las características que permiten trabajar con realidad aumentada. De esta forma, el paquete de Vuforia se importa a Unity y se visualiza como una opción en el menú “GameObject” dentro de la barra de herramientas principal de Unity. Desde aquí, para que un proyecto de Unity pueda acceder a comportamientos de realidad aumentada se utiliza una cámara³¹ especial llamada AR Camera: cuando se la activa, todas las características de Vuforia ya nombradas se pueden agregar al proyecto, como muestra la Ilustración 11. Vuforia también brinda algunos proyectos de muestra desde la tienda Unity Asset Store para que el desarrollador principiante pueda familiarizarse rápidamente con este entorno.

³¹ En ambientes de desarrollo tridimensional, una cámara es un dispositivo (virtual) que captura el mundo creado y lo muestra al jugador o desarrollador.



*Ilustración 11 Prestaciones de Vuforia Engine visualizadas en Unity
Fuente: Vuforia.com (2019)*

Así, los pasos que se deben seguir de manera general para empezar a trabajar con Vuforia en Unity son los siguientes:

1. Descargar e instalar Unity (de forma gratuita con una cuenta personal o de estudiante).
2. Crear una cuenta personal de Vuforia y generar una llave de licencia gratuita.
3. Descargar el paquete de Vuforia para Unity en la página oficial de Vuforia.
4. Importar el paquete descargado desde la interfaz de Unity.
5. Agregar una ARCamera desde el menú GameObject de Unity que se observa en la Ilustración 10.
6. Insertar la llave de la licencia de Vuforia en la ventana Inspector de Unity.
7. Empezar a desarrollar la aplicación.

2.1.3.3. Model Targets en Vuforia

Los Model Targets son un tipo de marcadores basados en modelos 3D. Esta prestación de Vuforia será muy útil para el presente proyecto ya que permite reconocer objetos físicos desde su representación tridimensional descargada de la web.

Para poder crear un Model Target se puede partir de dos opciones: descargar de internet un modelo 3D (como modelos CAD), o utilizar Vuforia Object Scanner (o escáneres de terceros) para escanear un objeto físico y crear un modelo en base a él.

Estos objetos pueden ser prácticamente de cualquier tamaño, pero deben ser rígidos y sus superficies poco brillantes y no transparentes, de lo contrario puede que Vuforia no logre identificarlos o que existan inconsistencias. El rastreo de Model Targets funciona eficientemente si el objeto se encuentra estático y la cámara se mueve alrededor de él, sin embargo, en Vuforia se puede cambiar la opción de Motion Hint³² de “static” a “adaptive” si se prevé que el objeto va a estar en movimiento, mejorando el rendimiento del reconocimiento y seguimiento del mismo (aunque no sea tan efectivo como en el primer caso). Además de estas, para que la tecnología de Vuforia trabaje de la mejor manera, los objetos deben tener propiedades como: superficies con patrones o colores definidos, suficiente complejidad en detalles geométricos, muy baja cantidad de partes móviles o flexibles (es mejor remover del modelo las partes que no siempre están presentes o cambian de aspecto), y forma y tamaño equivalentes al objeto real (es importante que la escala del modelo coincida con la mayor precisión posible con el tamaño del objeto real).

Un modelo debe ser creado como Model Target en una base de datos utilizando la aplicación Model Target Generator (MTG) de Vuforia, que permite configurar las características del modelo para hacerlo lo más óptimo posible (con las propiedades mencionadas anteriormente). Aquí también se define si se desea utilizar una “Guide View”, que es el contorno del modelo desde un cierto ángulo de visión con el que el usuario va a alinear el objeto durante la sesión de realidad aumentada, o una “Advanced View”, que necesita de entrenamiento con inteligencia artificial para detectar el objeto desde cualquier ángulo sin utilizar ningún tipo de guía durante la sesión. Una vez finalizadas estas configuraciones, se crea un archivo .vup del Model Target en una base de datos personal dentro de la aplicación MTG, la cual se puede importar desde el entorno Unity para empezar a trabajar con los Model Targets como marcadores de realidad aumentada.

³² Motion Hint es una propiedad de Vuforia que define si el Model Target va a ser o no estático, con el objetivo de adaptar y optimizar los procesos de reconocimiento y seguimiento para una mayor robustez.

2.2. Metodologías de Desarrollo de Software

Existe una gran variedad de tipos de metodologías de desarrollo de software. De manera general, se pueden identificar metodologías tradicionales, ágiles y modelos híbridos que mezclan ambos conceptos.

Las metodologías tradicionales están orientadas a la planificación y centradas en el proceso y el producto. También se las suele llamar secuenciales porque cada fase depende de la anterior, y se caracterizan por mantener documentación detallada de cada una de ellas. Este tipo de metodologías se utilizan cuando los requerimientos son previamente definidos y fijos, es decir, que no cambiarán durante el proceso de desarrollo.

Las metodologías de desarrollo ágil, en cambio, fueron diseñadas para adaptarse a cambios constantes, y se centran mayormente en los equipos de trabajo, en la interacción con el cliente y en buscar resultados rápidos. Son de carácter iterativo, haciendo que en cada ciclo se puedan redefinir los requerimientos, y se documenta solo en caso de ser necesario. Entre las metodologías ágiles más conocidas se encuentran Extreme Programming (XP), Scrum, Test Driven Development (TDD) y Feature Driven Development (FDD).

Finalmente, existen también las metodologías híbridas que pretenden fusionar dos o más metodologías (tradicionales y ágiles) para sacar provecho de sus ventajas específicas; al ser cada proyecto diferente, se originan nuevas aleaciones dependiendo de las particularidades y requerimientos del organismo. Dentro de las metodologías híbridas es común encontrar combinaciones del modelo de cascada con diferentes enfoques ágiles (frecuentemente Scrum o XP).

El experto en gestión de proyectos ágiles Chuck Cobb expone en uno de sus artículos que para escoger el enfoque que mejor se adapte a un proyecto se debe considerar dos factores: el nivel de incertidumbre (qué tan definidos están los requerimientos de software) y la relación con el cliente. Así, crea el gráfico que se muestra en la Ilustración 12, donde define los posibles escenarios basados en estos dos criterios y qué enfoque debería utilizarse para cada caso.

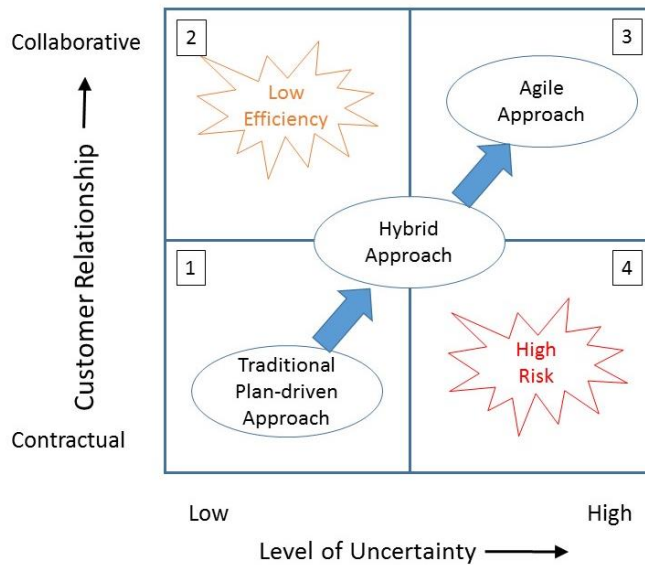


Ilustración 12 Diagrama de factores a considerar para planeación de proyectos
Fuente: Cobb (2017)

Analizando las características del proyecto a desarrollar se puede decir que la relación con el cliente es meramente contractual, ya que se acordó la entrega del producto final con el único propósito de mejorar la experiencia del comprador de instrumentos musicales, mas los requerimientos funcionales no serán modificados por el cliente después de su definición inicial; además, el nivel de incertidumbre se considera bajo, pues los requerimientos son pocos y están claramente definidos desde el inicio. Así, basado en el diagrama de Cobb, se concluye que el mejor enfoque para el desarrollo del presente trabajo es uno tradicional gestionado por planes.

A continuación se describen brevemente algunas de las metodologías tradicionales más importantes.

2.2.1. Descripción de Metodologías

2.2.1.1. Modelo en Cascada

Esta metodología es la más antigua (creada en 1970) después del rústico método de “codificar y corregir” y consiste en una serie de fases que deben ser completadas secuencialmente. Cada una de las cinco fases: análisis de requerimientos, diseño, desarrollo, verificación, y mantenimiento, debe presentar un entregable³³ para

³³ “Es cualquier producto medible y verificable que se elabora para completar un proyecto o parte del mismo”. (Gómez, s.f.)

poder continuar a la siguiente. Este modelo se caracteriza por ser muy rígido, pues es bastante costoso regresar a fases anteriores para hacer cambios; por esto, la metodología en cascada resulta útil cuando los requerimientos son muy claros y pueden ser definidos correctamente desde el inicio del desarrollo. Algunas de sus propiedades son:

- Es simple de entender y fácil de manejar.
- Es muy utilizada, por lo que existe mucha información al respecto.
- Organizarse resulta sencillo ya que las fases son secuenciales y no se mezclan entre ellas.
- Se enfoca mucho en la documentación.
- Si no se aplican iteraciones, no se podrán corregir imperfecciones o hacer cualquier mejora.
- Por lo general se acomoda bien en proyectos pequeños.

2.2.1.2. Modelo Incremental

El modelo incremental nace como derivado del modelo en cascada desde la necesidad de hacer mejoras al producto durante su desarrollo u obtener retroalimentación del cliente para asegurar su satisfacción con el mismo. Consiste en completar secuencialmente las fases (como en el modelo en cascada) durante varios “incrementos”, donde cada incremento entrega un producto funcional pero no final, dando la oportunidad de generar retroalimentación y corregir fallas en el siguiente incremento. En cada una de estas etapas llamadas incrementos se establecen las funcionalidades específicas a desarrollar en este tiempo y se crea un programa funcional que se incorporará al del anterior incremento. Algunas de sus propiedades son:

- Es flexible para agregar al producto nuevas características que en un inicio se pudieron haber pasado por alto.
- Se facilita y agiliza el proceso de pruebas al tener un producto de menor tamaño (los incrementos).
- Es más costoso en términos de tiempo que el modelo en cascada.
- Podrían darse problemas de compatibilidad al momento de incorporar los incrementos a la versión anterior.

- Algunos autores no consideran iterativo a este modelo, pero existe una variación llamada IID (Iterative and Incremental Development) que contiene esta cualidad.

2.2.1.3. Modelo en Espiral

Este modelo es fruto de otra evolución de las metodologías tradicionales. A finales de los años 80 surge el modelo de espiral, basado en el incremental y el de cascada, pero añade un concepto muy importante: los riesgos. Combinando estos tres elementos, esta metodología pretende determinar los riesgos (y sus posibles soluciones o alternativas) apenas se establezcan los objetivos de un prototipo o incremento. En cada iteración se van disminuyendo los riesgos y el prototipo se va volviendo más robusto; en este punto se adapta el modelo de cascada para llegar al producto final. Entre sus propiedades se tiene:

- Cada iteración cumple diferentes actividades, pero todas pasan por estas fases: determinación de objetivos, evaluación de riesgos, desarrollo y pruebas, y planeación de la siguiente iteración. En el modelo cada una de estas se visualiza como cuadrantes de un plano cartesiano.
- El principal enfoque son los riesgos, por lo que el nivel de detalle del diseño o la cantidad de esfuerzo que se aplique estarán determinadas por ellos.
- Es muy apta para grandes proyectos de carácter crítico. No es muy eficiente en proyectos pequeños debido al coste que implica la identificación y tratamiento de riesgos.
- Necesita de personal bien capacitado en manejo de riesgos.

2.2.1.4. Modelo RUP

RUP (Rational Unified Process) es otro modelo que fusiona lo secuencial con lo iterativo. Se diferencia de los expuestos anteriormente en que estos ciclos ocurren dentro de cada fase. Así, internamente en cada una de las cuatro fases que propone: inicio, elaboración, construcción y transición, se realizan una o más iteraciones que

abarcan distintas “disciplinas” hasta cumplir un hito³⁴ de fase. El ciclo de vida de RUP se representa generalmente en dos dimensiones, donde un eje representa el tiempo y las fases con sus iteraciones y el otro eje las disciplinas que se desarrollan. Estas disciplinas son aspectos técnicos y de administración que debe abarcar el proyecto (en mayor o menor proporción dependiendo de la fase en la que se encuentre), siendo estas las siguientes: modelado de negocio, requerimientos, análisis y diseño, implementación, pruebas, lanzamiento, gestión de configuración y cambios, gestión del proyecto, y entorno. Otras características del modelo RUP son:

- Cada disciplina tiene diferentes actividades a seguir y roles específicos que las cumplen.
- Para el modelado se utiliza UML³⁵ como estándar.
- Existe todo un marco de trabajo llamado RMC (Rational Method Composer) para acoplar el modelo a las necesidades y herramientas de la organización o del proyecto.
- Se basa en seis principios: adaptar el proceso, equilibrar las prioridades de las partes interesadas, colaborar entre equipos, demostrar valor de forma iterativa, elevar el nivel de abstracción y enfocarse constantemente en la calidad. (IBM Corp., 2021)
- Es muy aplicada en grandes y complejos proyectos.

2.2.2. Selección de Metodología

En base en las descripciones anteriores, en la Tabla 2 se comparan estos cuatro modelos diferenciando algunas características consideradas relevantes para el propósito de este trabajo.

Característica	Cascada	Incremental	Espiral	RUP
<i>Flexibilidad</i>	Muy baja	Media	Alta	Muy Alta
<i>Dificultad de uso</i>	Baja	Baja	Media	Media

³⁴ En gestión de proyectos es un punto específico dentro del ciclo de vida que marca un evento importante, generalmente la finalización de una fase, que suele venir acompañado de documentación y se utiliza para llevar el progreso del proyecto.

³⁵ Unified Modeling Language o lenguaje de modelado unificado en español, es un lenguaje estándar de diagramado orientado a objetos, usado para especificar, visualizar, construir y documentar un sistema de información. (Milovančević, y otros, 2019)

<i>Enfoque</i>	Los requerimientos están bien definidos desde un inicio	Los requerimientos están bien definidos pero es flexible a modificaciones	Basado en control de riesgos	Busca adaptarse a las necesidades específicas de la organización o proyecto
<i>Tamaño del proyecto al que se adapta mejor</i>	Pequeño	Pequeño/Mediano	Grande	Grande
<i>Iterativo</i>	No	Puede serlo	Sí	Sí
<i>Debilidad</i>	Dificultad para hacer cambios	Peligro de incompatibilidad al integrar los incrementos	Necesidad de experticia en tratamiento de riesgos	Desperdicio de recursos si el modelo adaptado se utilizará solo una vez
<i>Coste en tiempo</i>	Bajo	Bajo/Medio	Medio	Alto

*Tabla 2 Comparación entre los modelos Cascada, Incremental, Espiral y RUP
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Con esto se puede concluir que el modelo incremental, a más de ser uno de los más sencillos, es el que brinda las características que le son más útiles a este proyecto. Al pretender desarrollar una aplicación pequeña y con los requerimientos bien definidos los modelos de espiral y RUP se descartan, y aunque los requisitos no vayan a cambiar, se considera importante tener la opción de poder hacer correcciones si se encuentran fallos, por lo que el modelo de cascada también se abandona. Además, la amenaza de incompatibilidad entre incrementos disminuye por el reducido tamaño de la aplicación, ya que los incrementos serán pocos. Por otra parte, se puede adoptar la variación iterativo-incremental del modelo para aprovechar su flexibilidad.

2.2.3. Ciclo de Vida del Modelo Iterativo e Incremental

Como se vio anteriormente, el modelo incremental consiste en varios incrementos que recorren fases de forma lineal y terminan con un entregable que constituye una nueva versión funcional de la aplicación. La principal diferencia de esta adaptación iterativa del modelo incremental con el original es que en cada incremento modifica y mejora la última versión además de añadir nuevas funcionalidades.

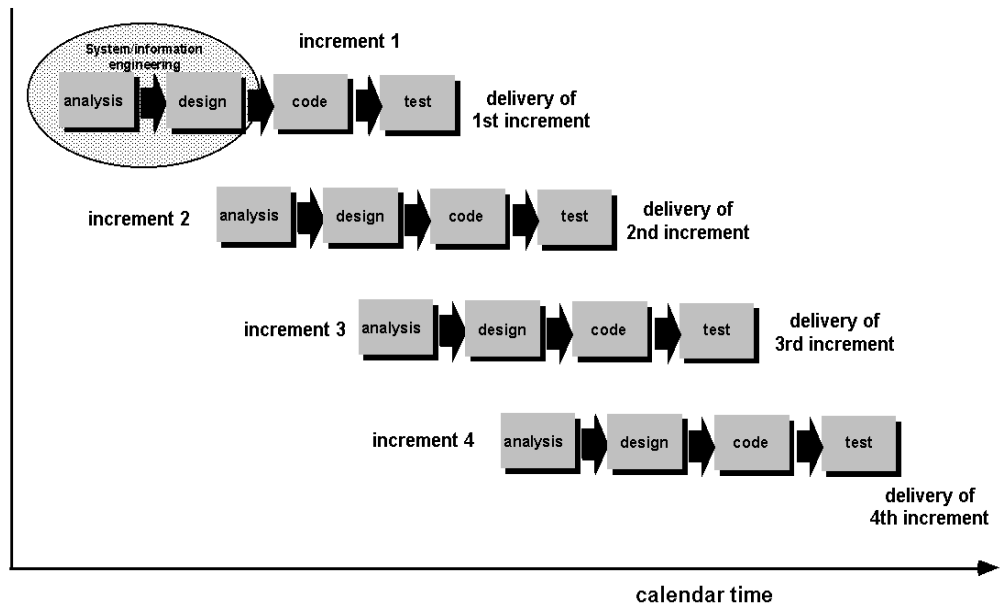
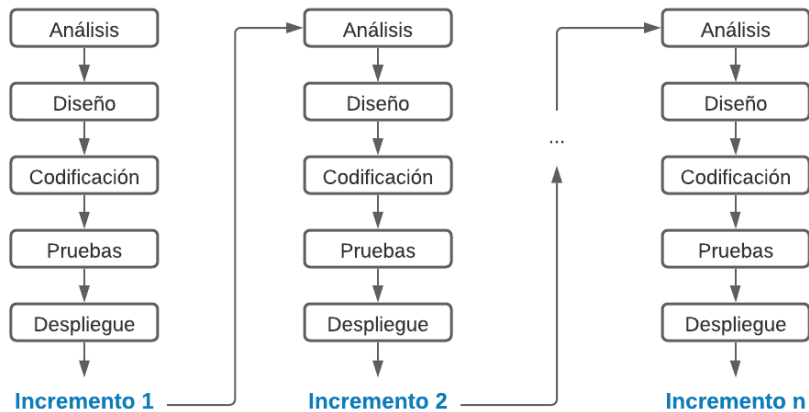


Ilustración 13 Modelo incremental
Fuente: Salve, Samreen, & Khatri-Valmik (2018)

En la Ilustración 13 se presenta el ciclo de vida típico del modelo incremental con cuatro incrementos, cada uno de ellos utiliza un modelo secuencial de cuatro fases: análisis, diseño, codificación y pruebas; donde el análisis y diseño del primer incremento se hace con respecto a todo el sistema. Como se puede observar en el eje horizontal que representa el tiempo, el modelo incremental tradicional no espera la finalización del anterior prototipo para empezar con su análisis, característica que cambia en el modelo incremental e iterativo (también llamado IID, siglas para Iterative and Incremental Development) pues cada incremento necesita la retroalimentación del anterior.

Se tiene claro que las etapas de este modelo pueden variar con cada proyecto, por lo que en este caso se adapta el modelo como muestra en la Ilustración 14 para una estructuración más entendible, que incorpora la propiedad iterativa.



*Ilustración 14 Modelo iterativo e incremental adaptado
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Tomando en cuenta que la aplicación será pequeña, se utilizarán solamente dos incrementos para el propósito de este trabajo, con las siguientes fases:

1. **Análisis:** se analiza las mejoras que se puede añadir con respecto a la versión anterior y se definen los requerimientos funcionales del incremento. En el primer incremento se especifica la perspectiva y funcionalidad de todo el proyecto, sus restricciones, suposiciones, dependencias, requerimientos de interfaces, requerimientos funcionales y no funcionales y otras propiedades.
2. **Diseño:** se decide cómo construir el producto. En el primer incremento, esta fase también se elabora en base al proyecto completo: se define un bosquejo de interfaz de usuario y se describe mediante diagramas la arquitectura del sistema, las clases, los modelos conceptuales de bases de datos y cualquier otro diseño general que se considere necesario. Por otro lado, en cada incremento se definen partes más específicas: diagramas de secuencia o actividades y planes de pruebas individuales.
3. **Codificación:** es la implementación propiamente dicha. Se genera el código fuente, bases de datos y manuales de usuario.
4. **Pruebas:** se pone en marcha el plan de pruebas establecido en la etapa de diseño para identificar y corregir errores en el código.
5. **Despliegue:** se entrega el producto al cliente para su revisión y retroalimentación.

Capítulo 3: Desarrollo de la Aplicación Móvil

3.1. Documentación de las Fases de Desarrollo

El desarrollo de la aplicación *AMUSED – Mentor básico de guitarra y ukelele* se abordará en dos incrementos, el primero orientado al reconocimiento de las partes de una guitarra y un ukelele (su anatomía) y el segundo a la enseñanza de acordes básicos en ambos instrumentos.

Para efectos de mejor entendimiento, el análisis de requerimientos y diseño generales (que se realizan en el primer incremento según la metodología) se presentarán antes de la documentación de los incrementos, de manera que en las fases específicas se desglosen solamente las funcionalidades concretas a desarrollar en este período.

El análisis de requerimientos se hace en base a la plantilla sugerida por PMOinformatica.com (Ver Anexo A), que cumple con el estándar IEEE 830³⁶.

3.1.1. Análisis de Requerimientos General

A continuación se detallan los requerimientos de software. En el Anexo B se encuentra este documento completo y aprobado por el dueño de la empresa cliente.

3.1.1.1. Propósito

Se tiene como objetivo describir en su totalidad los requerimientos de la primera versión de la aplicación móvil *AMUSED*, obtenidos mediante entrevista con la empresa Import Music.

3.1.1.2. Alcance del Producto

AMUSED busca enseñar de manera básica a tocar los instrumentos musicales: guitarra y ukelele acústicos, usando como base la tecnología de realidad aumentada. La aplicación estará enfocada a personas diestras o que se acomoden a usar su instrumento de esta manera.

³⁶ “El estándar IEEE 830-1998 para el SRS (en inglés) o ERS (Especificación de requerimientos de software) es un conjunto de recomendaciones para la especificación de los requerimiento o requisitos de software” (Icesi.edu.co, 2010)

El presente proyecto se crea con el objetivo de servir como elemento de publicidad en la venta de guitarras y ukeleles para la empresa Import Music. Además, pretende incentivar el aprendizaje autodidacta de estos instrumentos en los usuarios que la adquieran.

Los objetivos del producto son:

- Brindar una experiencia de usuario diferente al momento de comprar en la tienda de Import Music y al mismo tiempo impulsar a los clientes a adquirir un instrumento.
- Promocionar la venta de guitarras y ukeleles con la aplicación móvil gratuita.
- Enseñar al usuario las partes esenciales de su instrumento y los primeros pasos para empezar a tocarlo, incentivándolo al aprendizaje autodidacta.

3.1.1.3. Funcionalidades del Producto

Se plantean tres funcionalidades principales en base a los objetivos del producto, resultando en diez requerimientos funcionales:

F1. Anatomía de instrumentos

REQ-1: Identificación de anatomía de guitarra

REQ-2: Identificación de anatomía de ukelele

F2. Explicación de acordes

REQ-3: Ilustración de numeración de dedos

REQ-4: Glosario de acordes básicos de guitarra

REQ-5: Glosario de acordes básicos de ukelele

REQ-6: Explicación de posiciones de acordes en guitarra

REQ-7: Explicación de posiciones de acordes en ukelele

F3. Interfaz de usuario

REQ-8: Interfaz gráfica de una sola pantalla

REQ-9: Instrucciones de uso precisas

REQ-10: Mensaje de recomendaciones y posibles errores de uso

Como evolución previsible del sistema se plantean como objetivos deseables los siguientes:

- Reconocimiento de la mano con enumeración de dedos
- Explicación de posiciones de acordes para zurdos
- Glosario de acordes completo para ambos instrumentos
- Tutoriales de canciones sencillas en ambos instrumentos

3.1.1.4. Clases y Características de Usuarios

Solamente existirá una clase de usuario (comúnmente un aprendiz de guitarra o ukelele, un profesor de música, el dueño de la empresa Import Music o cualquier otro), el cual tendrá acceso a todas las funcionalidades de la aplicación.

3.1.1.5. Entorno Operativo

La aplicación se desenvolverá en dispositivos móviles táctiles con el sistema operativo Android. Para que las características de realidad aumentada funcionen correctamente, los dispositivos deben contar con una versión del sistema operativo igual o superior a la 6.0. Para ver una lista completa de los dispositivos recomendados por Vuforia se puede entrar a la siguiente página web: <https://library.vuforia.com/platform-support/vuforia-engine-recommended-devices.html>

3.1.1.6. Requerimientos Funcionales

A continuación se detallan cada una de las funcionalidades planteadas y se mencionan sus requerimientos funcionales, los cuales serán definidos más ampliamente en la fase de requerimientos de cada incremento.

F1. Anatomía de Instrumentos

Descripción: Identificar las partes de los instrumentos musicales mencionados mediante letreros virtuales.

Prioridad: Alta

Acciones iniciadoras y comportamiento esperado:

1. El usuario selecciona la opción “Identificar Anatomía”.
2. El usuario escoge el instrumento que quiere identificar.
3. El usuario enfoca la cámara de su dispositivo hacia el instrumento seleccionado.
4. El sistema reconoce el instrumento como modelo.

5. El sistema despliega letreros virtuales que identifican cada una de las partes anatómicas del instrumento.
6. El usuario mueve la cámara o su instrumento según desee.

Requerimientos funcionales:

REQ-1: Identificación de anatomía de guitarra. El software reconocerá la guitarra y aumentará letreros que identifiquen su anatomía. Para esto el usuario deberá escoger el instrumento deseado y enfocar la cámara de su dispositivo hacia su guitarra.

REQ-2: Identificación de anatomía de ukelele. El software reconocerá el ukelele y aumentará letreros que identifiquen su anatomía. Para esto el usuario deberá escoger el instrumento deseado y enfocar la cámara de su dispositivo hacia su ukelele.

F2. Explicación de acordes

Descripción: Plasmar sobre el diapasón del instrumento, a modo de diagrama de acordes, el acorde seleccionado por el usuario.

Prioridad: Alta

Acciones iniciadoras y comportamiento esperado:

1. El usuario selecciona la opción “Aprender Acordes”.
2. El usuario escoge el instrumento que va a utilizar.
3. La aplicación despliega un glosario de acordes al lado derecho de la pantalla.
4. El usuario presiona el botón para mostrar la numeración de dedos.
5. El sistema despliega una imagen demostrativa de la numeración de dedos.
6. El usuario escoge un acorde de la lista.
7. El usuario enfoca la cámara de su dispositivo hacia la parte superior del diapasón (cerca del cuello).
8. El sistema reconoce el instrumento como modelo.
9. La aplicación aumenta³⁷ el diagrama del acorde respectivo.
10. El usuario selecciona otro acorde del glosario.

Requerimientos funcionales:

³⁷ En este contexto se refiere a aumentar la realidad con elementos virtuales.

REQ-3: Ilustración de numeración de dedos. El sistema deberá ilustrar la convención de numeración de dedos mediante una imagen, a la cual el usuario accederá mediante un botón.

REQ-4: Glosario de acordes básicos de guitarra. La aplicación tendrá disponible 12 de los acordes más básicos para guitarra.

REQ-5: Glosario de acordes básicos de ukelele. La aplicación tendrá disponible 14 de los acordes más básicos para ukelele.

REQ-6: Explicación de posiciones de acordes en guitarra. El software reconocerá la guitarra y aumentará sobre él el diagrama de acordes del acorde seleccionado por el usuario.

REQ-7: Explicación de posiciones de acordes en ukelele. El software reconocerá el ukelele y aumentará sobre él el diagrama de acordes del acorde seleccionado por el usuario.

F3. Interfaz de usuario

Descripción: Optimizar la experiencia del usuario haciendo la interfaz gráfica muy sencilla e intuitiva mediante instrucciones claras y recomendaciones de uso.

Prioridad: Alta

Acciones iniciadoras y comportamiento esperado:

- Al iniciar la aplicación se muestra una sola pantalla con todas las funcionalidades disponibles.
- Al usuario seleccionar un instrumento, el sistema muestra en pantalla una figura guía junto con un mensaje informativo para que el usuario alinee su instrumento. Cuando el sistema reconoce el instrumento se retiran estos elementos de la pantalla.
- Al seleccionar la funcionalidad F2 (Explicación de acordes) el sistema despliega un mensaje para indicar que debe escoger un acorde del glosario. Una vez escogido se retira el mensaje.
- Si transcurren 30 segundos y el sistema no detecta un instrumento, se despliega un mensaje con recomendaciones y posibles errores.

Requerimientos funcionales:

REQ-8: Interfaz gráfica de una sola pantalla. El usuario podrá utilizar todas las funcionalidades de la aplicación sin cambiar de vista mediante botones y listas desplegables.

REQ-9: Instrucciones de uso precisas. El usuario recibirá las instrucciones adecuadas al momento de cambiar de funcionalidad.

REQ-10: Mensaje de recomendaciones y posibles errores de uso. Si el sistema no reconoce un instrumento tras 30 segundos de espera, desplegará un mensaje con recomendaciones y posibles errores debidos a la tecnología utilizada.

3.1.1.7. Requerimientos No Funcionales

Fiabilidad:

- La aplicación podrá reconocer mínimo el 70% de modelos de guitarra y ukelele acústicos. Aquellos que varíen mucho en las características físicas típicas pueden tener dificultad para ser identificados. El color de los instrumentos no afectará en su reconocimiento.
- Puede que la aplicación no logre reconocer los instrumentos cuando haya poca luz ambiental o la superficie del instrumento sea reflectiva.

Eficiencia:

- El reconocimiento virtual de los instrumentos no debe tardar más de 1 segundo. Si demora más será por limitaciones propias de la tecnología de realidad aumentada.

Usabilidad:

- El tiempo de aprendizaje del sistema por un usuario debe ser menor a 2 minutos.

Portabilidad:

- La aplicación podrá ser utilizada en el sistema operativo Android.
- Para instalarla se necesitará el archivo APK, proporcionado por la desarrolladora o el dueño de Import Music.

3.1.2. Diseño General

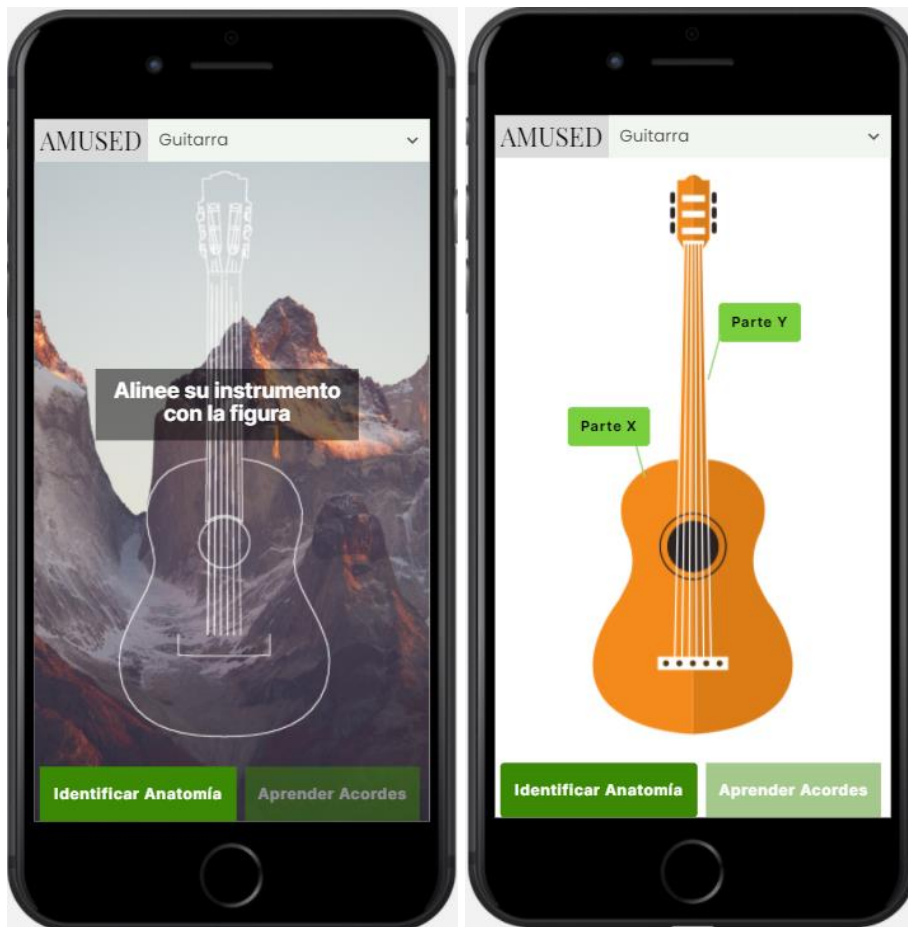
3.1.2.1. Definición de interfaz de usuario

Para este apartado se prioriza la tercera funcionalidad de los requerimientos funcionales (Interfaz de usuario) a lo largo de todo el diseño. En primer lugar, se implementará una única pantalla de interfaz de usuario (REQ-8), tomando en cuenta que la imagen de fondo representará la vista de la cámara del dispositivo. La aplicación contará con dos menús:

Menú de instrumentos. En la parte superior derecha se encontrará una lista desplegable para seleccionar el instrumento con el que se quiera trabajar. En este caso se tendrá dos opciones: guitarra y ukelele.

Menú de funcionalidades. En la parte inferior se ubicarán dos botones para escoger una u otra funcionalidad: “Identificar Anatomía” y “Aprender Acordes”.

En la Ilustraciones de la 15 a la 19 se muestra la maquetación y diseño ideal de la interfaz.



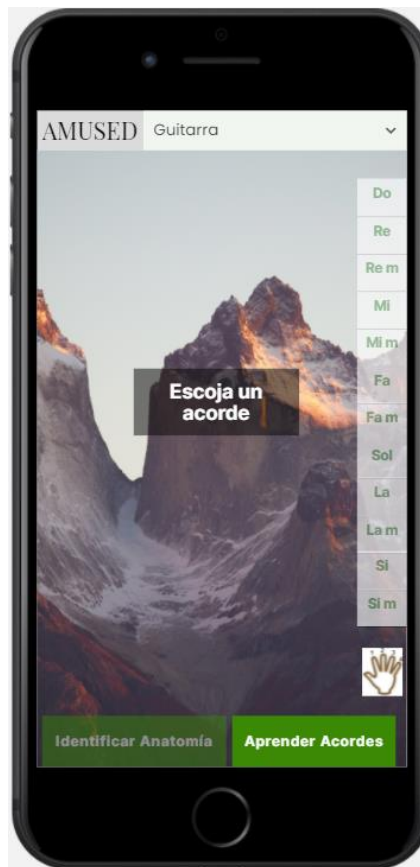
*Ilustración 15 Diseño de interfaz de usuario REQ-1
Fuente: Elaboración propia (2021)*

La Ilustración 15 muestra la interfaz que se expondrá al usuario antes de reconocer el instrumento (imagen de la izquierda) y después de reconocer el instrumento (imagen de la derecha) para el REQ-1. Se cumple con el REQ-9 con el cuadro de dialogo negro que informa al usuario sobre la siguiente acción a tomar, además de la figura guía que indica dónde alinear el instrumento.



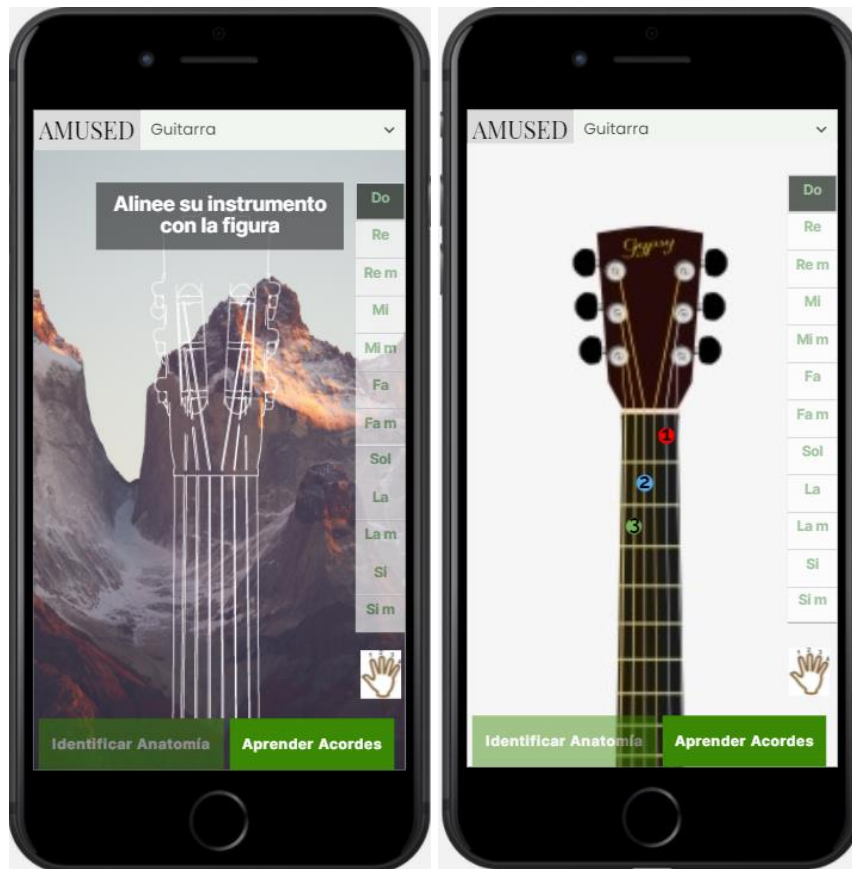
*Ilustración 16 Diseño de interfaz de usuario REQ-2
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Para el REQ-2, como muestra la Ilustración 16, se repite el diseño de la anterior ilustración pero con el instrumento ukelele.



*Ilustración 17 Diseño de interfaz de usuario F2 - Pantalla inicial
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Para la segunda funcionalidad la interfaz mostrará los elementos de la Ilustración 17. En el lado derecho se encontrará el glosario de acordes de los requerimientos REQ-4 o REQ-5, y debajo de él se ubicará un botón para la ilustración de numeración de dedos del REQ-3. Se cumple con el REQ-9 con el cuadro de dialogo negro que informa al usuario sobre la siguiente acción a tomar.



*Ilustración 18 Diseño de interfaz de usuario REQ-6
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Una vez seleccionado un acorde del glosario, en la Ilustración 18 se muestra la interfaz antes de reconocer el instrumento (imagen de la izquierda) y después de reconocer el instrumento (imagen de la derecha) para el REQ-6. Para el REQ-7 se visualizará la misma estructura pero con el instrumento ukelele. Se cumple con el REQ-9 con el cuadro de diálogo negro que informa al usuario sobre la siguiente acción a tomar, además de la figura guía que indica dónde alinear el instrumento.



Ilustración 19 Diseño de interfaz de usuario REQ-3

Al tocar el botón de numeración de dedos se desplegará una imagen de ayuda para el REQ-3, como muestra la Ilustración 19. Al volverlo a presionar se cerrará este cuadro.

Finalmente, para el REQ-10 se utilizará un recuadro negro como los utilizados para mensajes informativos que aparezca enfrente de los demás elementos de la aplicación.

3.1.2.2. Diagrama de arquitectura del sistema

La arquitectura del funcionamiento del sistema se trabajará por capas, como muestra el diagrama de la Ilustración 20.

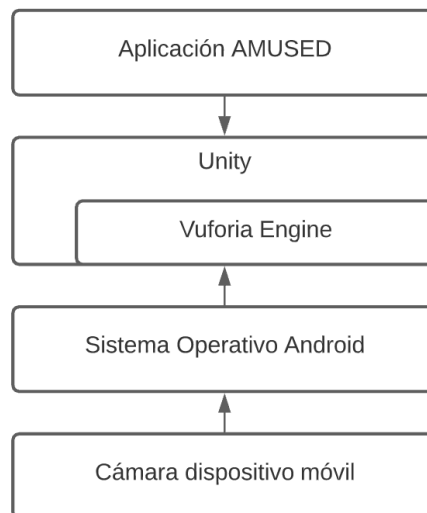


Ilustración 20 Diagrama de arquitectura

Fuente: Elaboración propia basada en Muñoz, Cornejo, Aracena, & Navarrete (2018)

El primer recuadro representa la capa de presentación, donde se encuentran las interfaces de usuario. Se trabaja en Unity (que subutiliza herramientas de Vuforia Engine para el manejo de realidad aumentada) para el desarrollo de la lógica de negocio; en esta capa se codifican los scripts que manejan el funcionamiento de la aplicación. El sistema operativo del dispositivo (en este caso Android) se encarga del almacenamiento de los datos: escenas, objetos virtuales, Model Targets, etc., de manera local, haciendo analogía a una capa de datos. Este se apoya de la cámara del dispositivo móvil para captar el entorno como entrada y mostrar los objetos aumentados como salida.

3.1.2.3. Diagrama de clases

La estructura de clases internas de Unity establece que las clases generadas en el proyecto heredarán de otra denominada MonoBehaviour³⁸ (la cual a su vez hereda y se relaciona otras clases que se obviarán en este esquema por no trabajar directamente con ellas), por lo que el diagrama de clases se plasma como en la Ilustración 21.

³⁸ Es una clase base de Unity de la cual derivan todos los scripts creados en C#, brindando una plantilla para que las clases tengan métodos como Start y Update, y tengan la capacidad de anclarse a objetos en el editor de este programa.

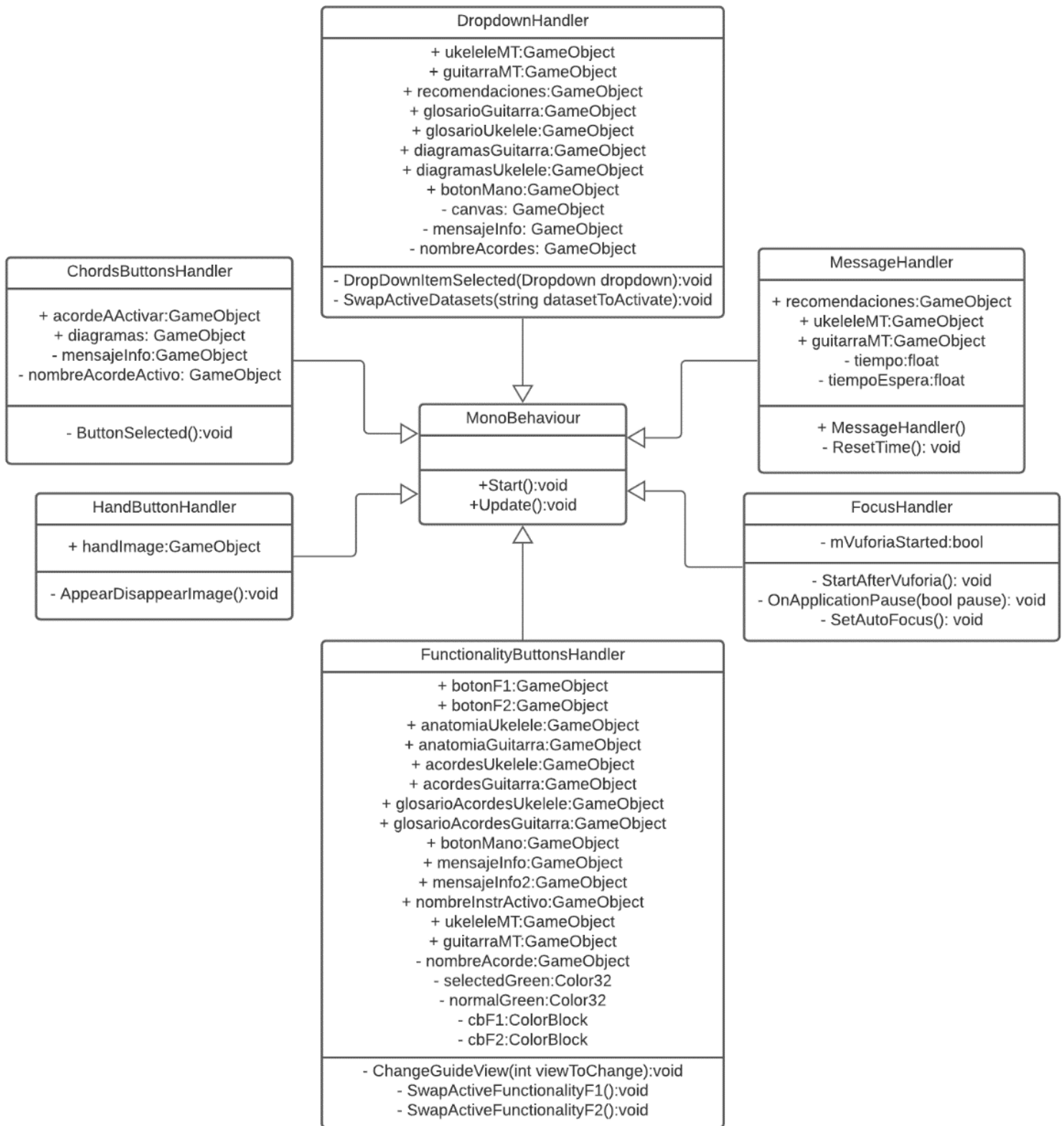


Ilustración 21 Diagrama de clases
Fuente: Elaboración propia (2021)

3.1.3. Incremento 1: Reconocimiento de Anatomía de Instrumentos

El presente incremento abarca la funcionalidad F1 descrita en el análisis de requerimientos: Anatomía de instrumentos. Debido a la naturaleza de la funcionalidad F3: Interfaz de usuario, también se abarcarán estos requerimientos a la par.

3.1.3.1. Análisis

A continuación se especificarán los casos de uso para los dos requerimientos de la funcionalidad F1, incluyendo en ellos los requerimientos de interfaz de usuario. Las siguientes tablas se completan basándose en la plantilla sugerida por PMOinformatica.com (Ver Anexo C).

Caso de Uso Identificación de Anatomía de Guitarra

Caso de Uso	Identificación de anatomía de guitarra	Identificador: CU1
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Referencias	REQ-1, REQ-8, REQ-9, REQ-10	
Precondición	-	
Postcondición	-	
Descripción	Identificar las partes de la guitarra mediante letreros virtuales, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Resumen	El usuario enfoca con la cámara de su dispositivo a su guitarra y la aplicación identifica sus partes con letreros aumentados. El sistema guía adecuadamente al usuario	

Tabla 3 Caso de Uso CU1

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Usuario	Selecciona la opción “Identificar Anatomía”
2	Usuario	Selecciona el instrumento guitarra de la lista desplegable
3	Sistema	Despliega una figura guía de la guitarra junto con un mensaje informativo: “Alinee su instrumento con la figura”
4	Usuario	Enfoca la cámara de su dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía
5	Sistema	Reconoce el instrumento como modelo y retira de la pantalla la figura guía y el mensaje informativo
6	Sistema	Despliega letreros virtuales que identifican cada una de las partes anatómicas del instrumento

7	Usuario	Mueve la cámara o el instrumento según desee
---	---------	--

Tabla 4 Curso normal del caso de uso CU1

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Cursos alternos

Nro.	Descripción de acciones alternas
5	Si tras 30 segundos no se reconoce el instrumento, el sistema mostrará un mensaje con recomendaciones y posibles causas de error

Tabla 5 Cursos alternos del caso de uso CU1

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Caso de Uso Identificación de Anatomía de Ukelele

Caso de Uso	Identificación de anatomía de ukelele	Identificador: CU2
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Referencias	REQ-2, REQ-8, REQ-9, REQ-10	
Precondición	-	
Postcondición	-	
Descripción	Identificar las partes del ukelele mediante letreros virtuales, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Resumen	El usuario enfoca con la cámara de su dispositivo a su ukelele y la aplicación identifica sus partes con letreros aumentados. El sistema guía adecuadamente al usuario	

Tabla 6 Caso de Uso CU2

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Usuario	Selecciona la opción "Identificar Anatomía"
2	Usuario	Selecciona el instrumento ukelele de la lista desplegable
3	Sistema	Despliega una figura guía del ukelele junto con un mensaje informativo: "Alinee su instrumento con la figura"
4	Usuario	Enfoca la cámara de su dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía
5	Sistema	Reconoce el instrumento como modelo y retira de la pantalla la figura guía y el mensaje informativo
6	Sistema	Despliega letreros virtuales que identifican cada una de las partes anatómicas del instrumento
7	Usuario	Mueve la cámara o el instrumento según desee

Tabla 7 Curso normal del caso de uso CU2

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Cursos alternos

Nro.	Descripción de acciones alternas
5	Si tras 30 segundos no se reconoce el instrumento, el sistema mostrará un mensaje con recomendaciones y posibles causas de error

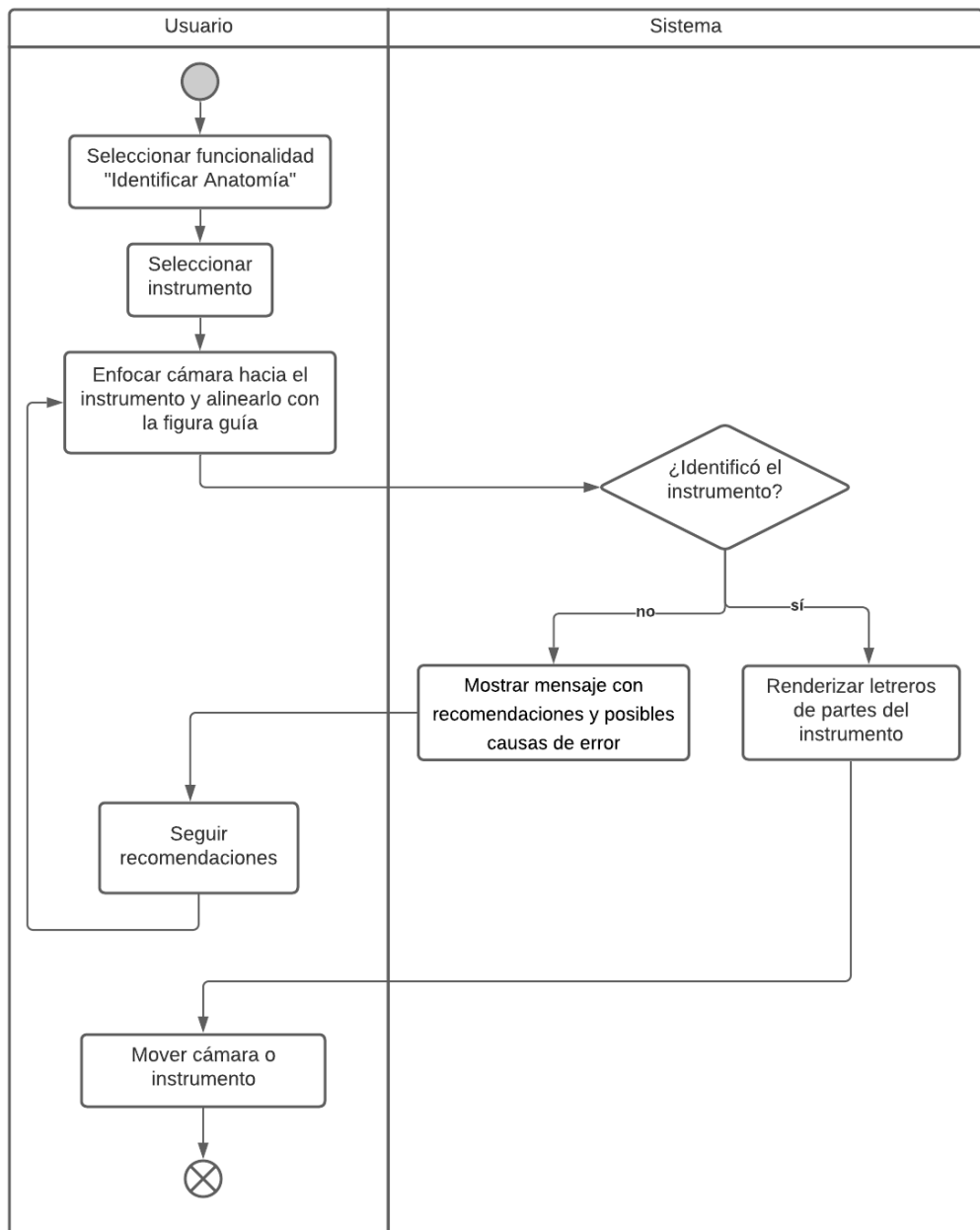
Tabla 8 Cursos alternos del caso de uso CU2

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

3.1.3.2. Diseño

3.1.3.2.1. Diagrama de flujo

El siguiente diagrama describe gráficamente cómo actuarán el usuario y el sistema en esta funcionalidad.



*Ilustración 22 Diagrama de flujo – Primer Incremento
Fuente: Elaboración propia (2021)*

3.1.3.2.2. Diagramas de secuencia

Para plasmar la interacción secuencial entre las clases involucradas y las acciones del usuario se presentan los siguientes diagramas.

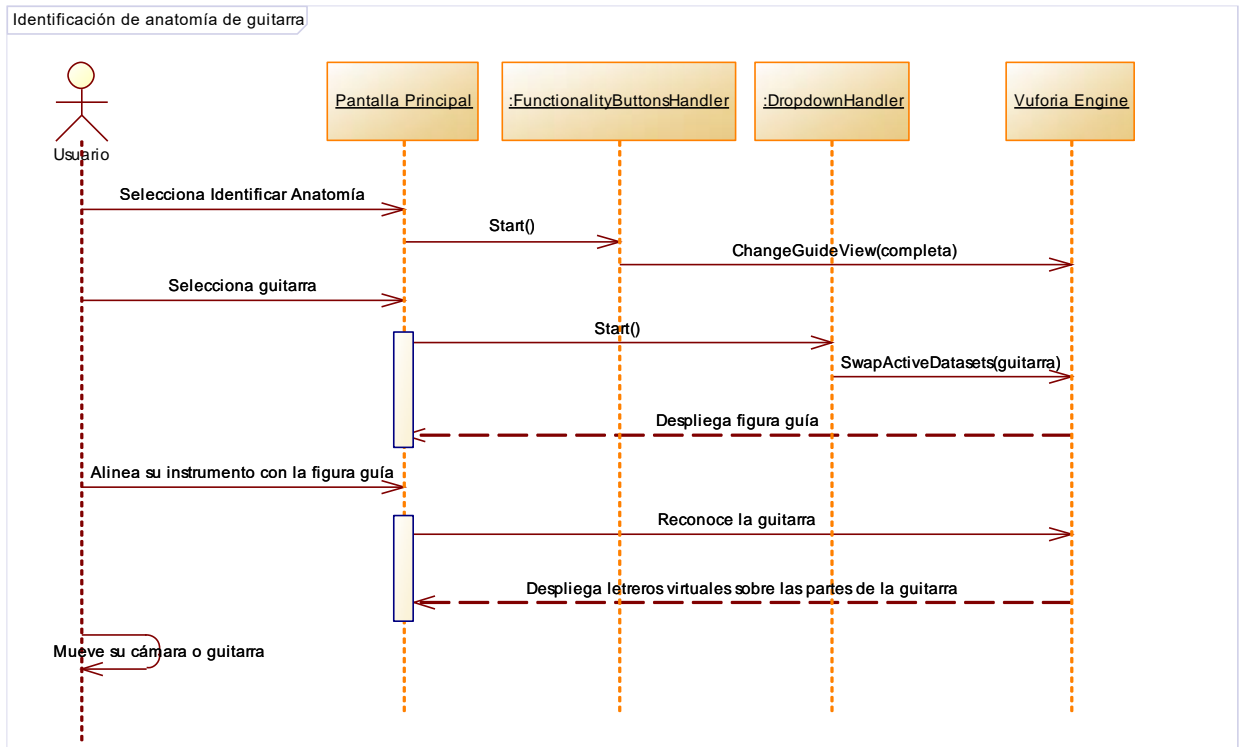


Ilustración 23 Diagrama de secuencia de identificación de anatomía de guitarra
Fuente: Elaboración propia (2021)

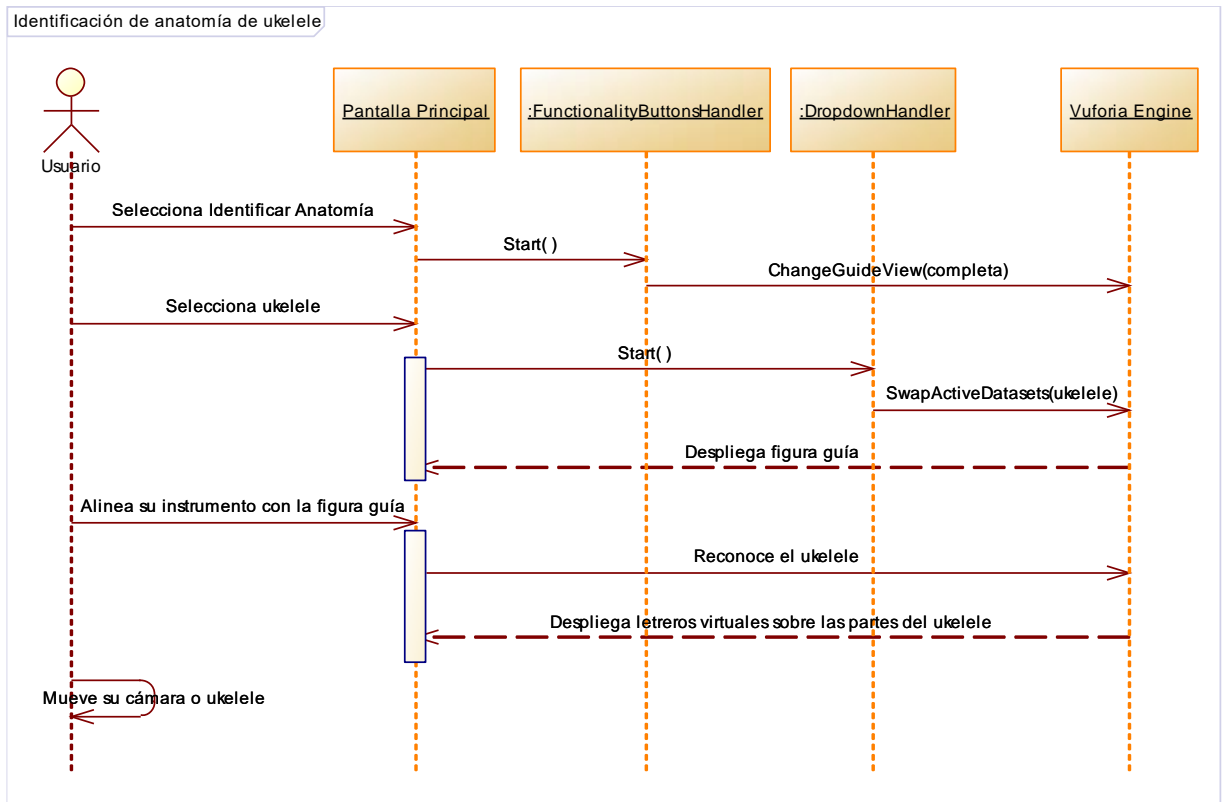


Ilustración 24 Diagrama de secuencia de identificación de anatomía de ukelele
Fuente: Elaboración propia (2021)

3.1.2.2.3. Plan de Pruebas

A continuación se presenta el plan de pruebas de aceptación basado en los casos de uso y requerimientos previamente definidos para este incremento. Para esto se utilizan casos de prueba, basados en la plantilla sugerida por Juntadeandalucia.es (Ver Anexo D).

Curso normal CU1	CP1
Descripción: Identificar las partes de la guitarra mediante letreros virtuales, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Enfocar la cámara del dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía 4. Mover la cámara o el instrumento lentamente según se desee 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Tras seleccionar guitarra de la lista desplegable, se muestra la figura guía de la guitarra junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” • Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo se retiran y se aumenta virtualmente los letreros que identifican cada una de las partes de la guitarra • Los letreros se mantienen aumentados tras mover la cámara o el instrumento 	
Resultado obtenido:	

Tabla 9 Caso de prueba CP1

Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

Curso normal CU2	CP2
Descripción: Identificar las partes del ukelele mediante letreros virtuales, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 	

3. Enfocar la cámara del dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía
4. Mover la cámara o el instrumento lentamente según se desee

Resultado esperado:

- Tras seleccionar ukelele de la lista desplegable, se muestra la figura guía del ukelele junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura”
- Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo se retiran y se aumenta virtualmente los letreros que identifican cada una de las partes del ukelele
- Los letreros se mantienen aumentados tras mover la cámara o el instrumento

Resultado obtenido:

Tabla 10 Caso de prueba CP2

Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

Curso alternativo CU1	CP3
<p>Descripción: Mostrar mensaje de recomendaciones y posibles causas de error una vez pasados 30 segundos de desplegar la figura guía de la guitarra</p>	
<p>Prerrequisitos -</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Esperar 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (sin alinear el instrumento) 4. Cerrar el mensaje de recomendaciones 5. Nuevamente esperar 30 segundos sin alinear el instrumento con la figura guía 6. Cerrar el mensaje de recomendaciones 7. Alinear el instrumento con la figura guía 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se muestra mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento) • Se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones • Si se alinea el instrumento con la figura guía, se aumentan los letreros correspondientes y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR • Se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara 	
<p>Resultado obtenido:</p>	

--

Tabla 11 Caso de prueba CP3
Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

Curso alternativo CU2	CP4
Descripción: Mostrar mensaje de recomendaciones y posibles causas de error una vez pasados 30 segundos de desplegar la figura guía del ukelele	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 3. Esperar 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (sin alinear el instrumento) 4. Cerrar el mensaje de recomendaciones 5. Nuevamente esperar 30 segundos sin alinear el instrumento con la figura guía 6. Cerrar el mensaje de recomendaciones 7. Alinear el instrumento con la figura guía 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Se muestra mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento) • Se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones • Si se alinea el instrumento con la figura guía, se aumentan los letreros correspondientes y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR • Se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara 	
Resultado obtenido:	

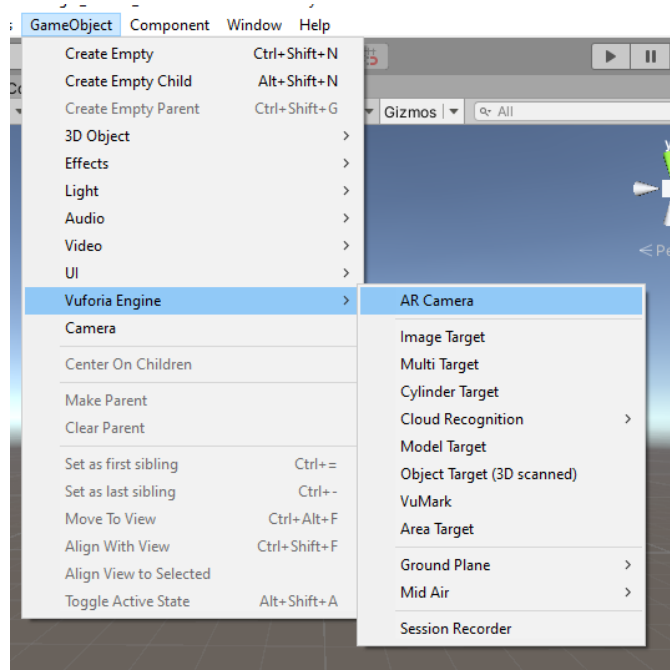
Tabla 12 Caso de prueba CP4
Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

3.1.3.3. Implementación

3.1.3.3.1. Configuración de Unity con Vuforia

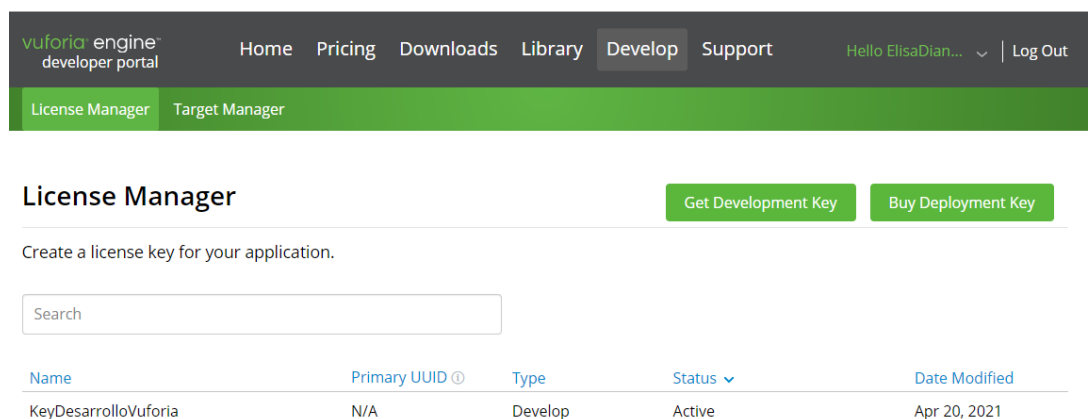
Para comenzar con el desarrollo es necesario configurar Vuforia en el entorno de desarrollo: se descarga el paquete de Vuforia y se lo importa desde Unity. Con esto se tiene disponible las herramientas para trabajar con RA, pero para acceder a ellas se

debe eliminar la cámara con la que trabaja Unity por defecto y agregar la ARCamera de las opciones de Vuforia Engine.



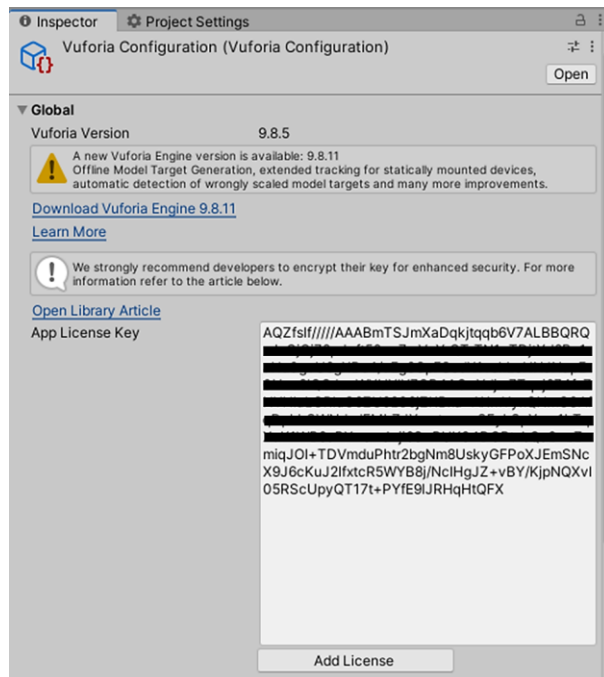
*Ilustración 25 Adición de ARCamera al proyecto
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Para poder empezar a trabajar con esta herramienta, se debe contar con una llave de licencia, la cual se crea gratuitamente en el portal web de Vuforia.



*Ilustración 26 Generación de llave para licencia de Vuforia
Fuente: Elaboración propia (2021)*

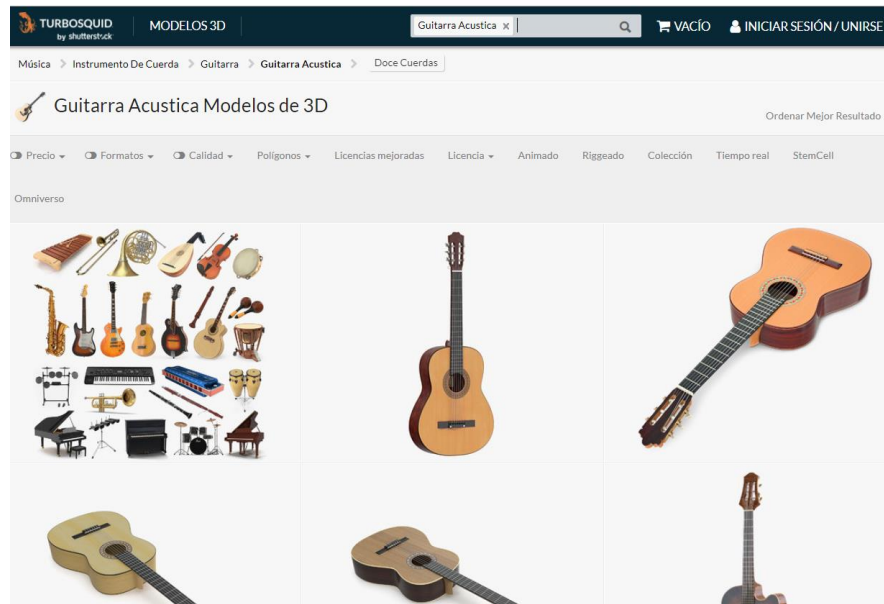
Esta llave se inserta en la configuración de Vuforia Engine, entrando por el objeto de ARCamera recién añadido.



*Ilustración 27 Inserción de licencia de Vuforia en Unity
Fuente: Elaboración propia (2021)*

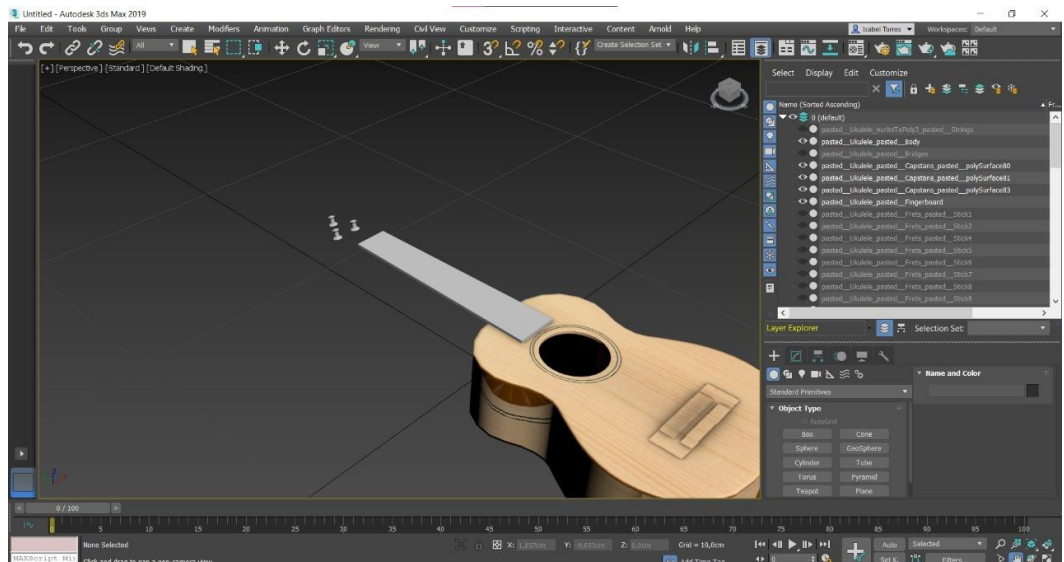
3.1.3.3.2. Generación de Model Targets

Para poder utilizar objetos 3D como blancos de realidad aumentada se deben generar Model Targets en base a modelos tridimensionales. Para esto primero se descargan modelos gratuitos en internet, en este caso de una guitarra y un ukelele acústicos. Para escogerlos se da prioridad al que tenga mayor cantidad de detalles y tenga un modelo lo más general posible para asegurar un óptimo reconocimiento del instrumento.



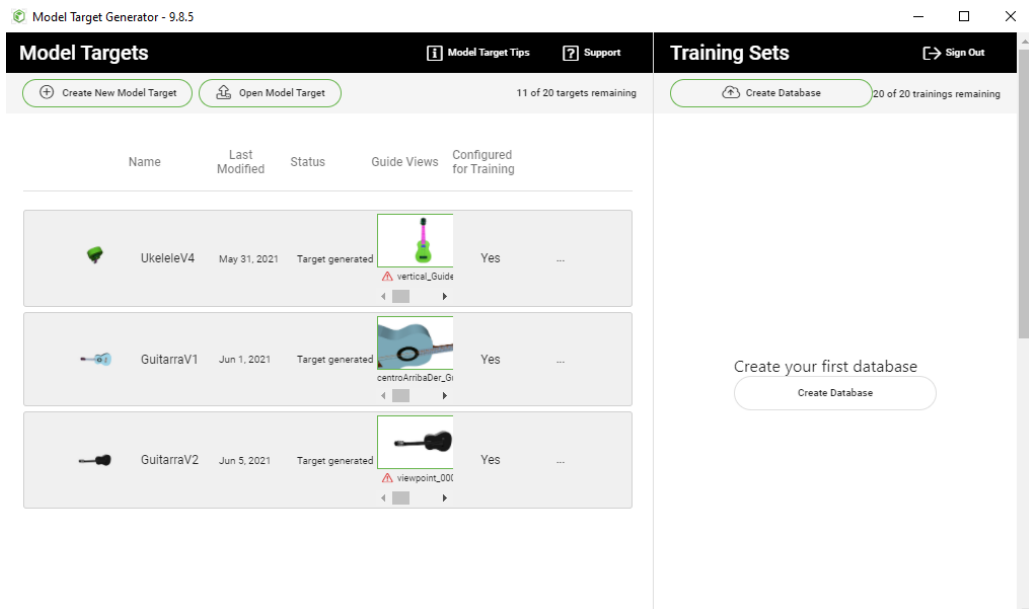
*Ilustración 28 Descarga de modelos 3D de los instrumentos
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Una vez descargados los modelos 3D es necesario hacerles algunas modificaciones para que cumplan con las mejores prácticas de Model Targets sugeridas en la página web de Vuforia. En este caso, se eliminan ciertas partes de los instrumentos que no se consideran importantes o que no son visibles a la cámara, usando cualquier programa de creación de gráficos o animación 3D.



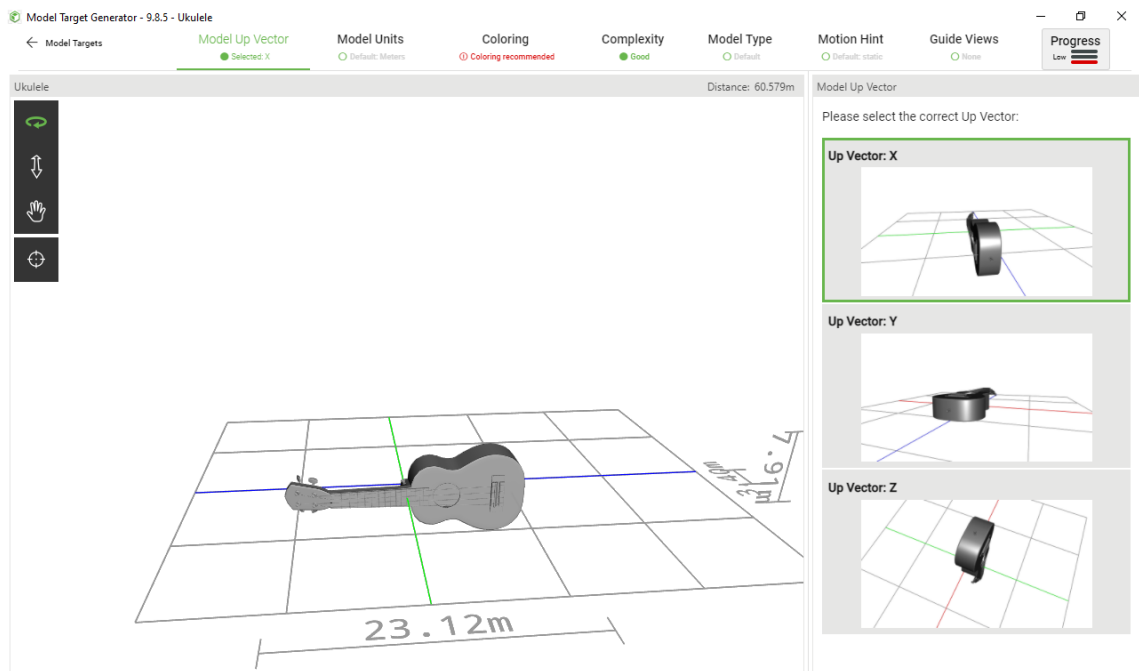
*Ilustración 29 Modificación de modelos 3D para cumplir con las mejores prácticas
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Una vez se tiene los modelos 3D óptimos, se procede a generar los Model Target utilizando la aplicación Model Target Generator (MGT) descargada de la página web de Vuforia.



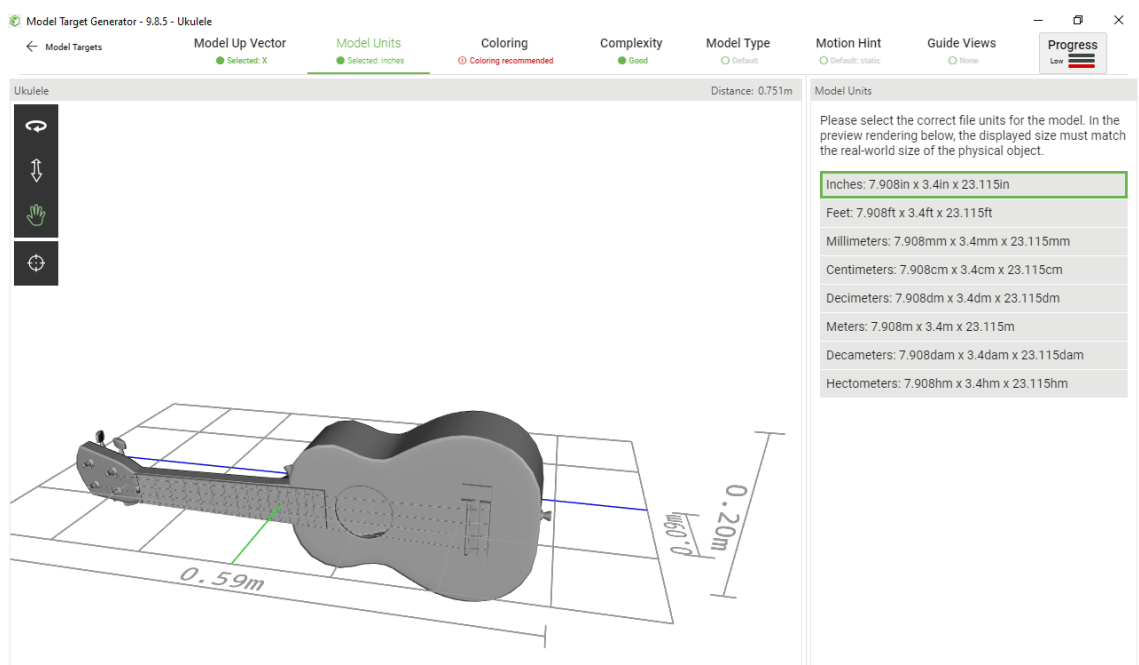
*Ilustración 30 Aplicación Model Target Generator
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Se crea un nuevo Model Target en base a los modelos 3D y se hace las respectivas configuraciones. Para el primer apartado se selecciona la orientación en la que generalmente se encuentra el instrumento.



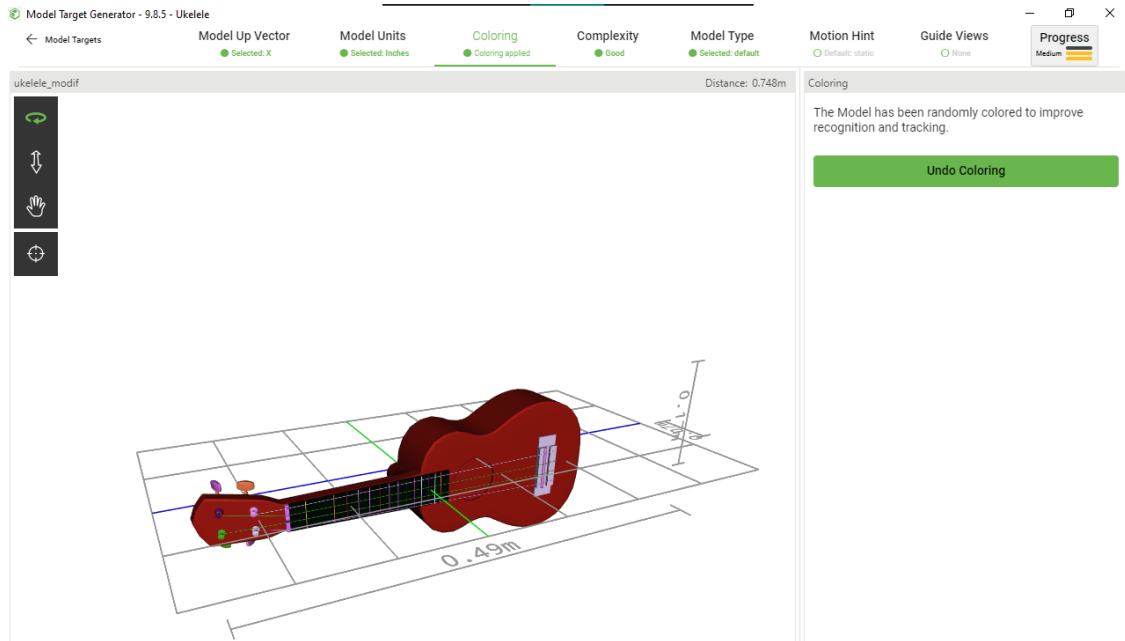
*Ilustración 31 Configuración Model Up Vector en MGT
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Después se selecciona la correcta unidad de medida. Es importante que las medidas del modelo se asemejen lo más posible al tamaño real del instrumento.



*Ilustración 32 Configuración Model Units en MGT
Fuente: Elaboración propia (2021)*

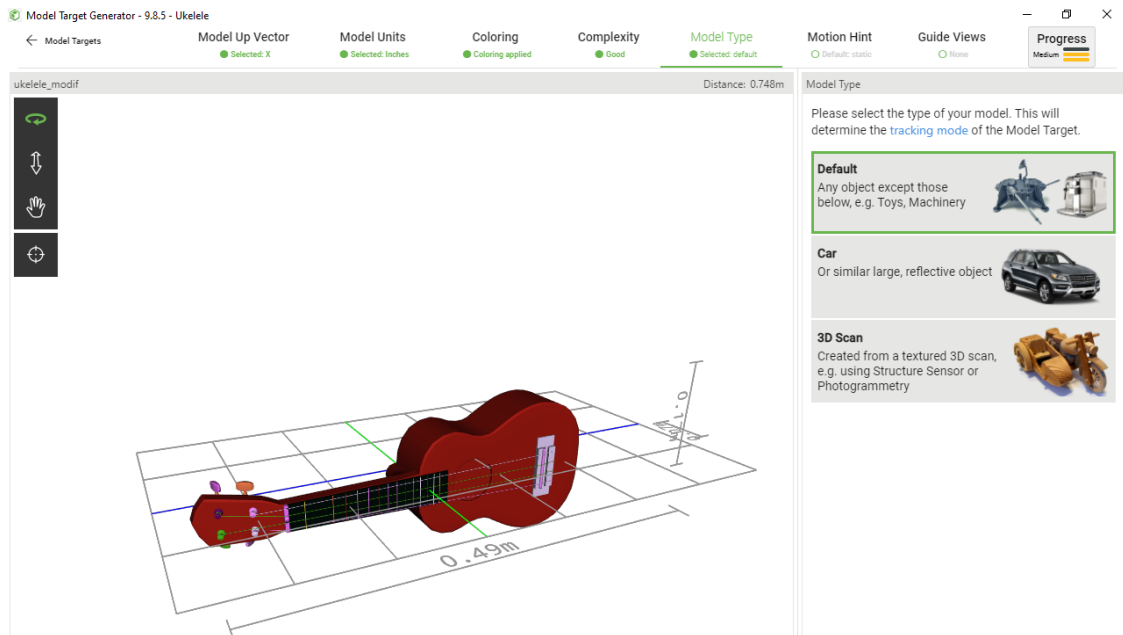
El reconocimiento de Model Targets es más efectivo cuando sus partes son claramente distinguibles, por lo que MGT permite aplicar colores aleatorios al modelo para que a Vuforia se le facilite su distinción.



*Ilustración 33 Configuración Coloring en MGT
Fuente: Elaboración propia (2021)*

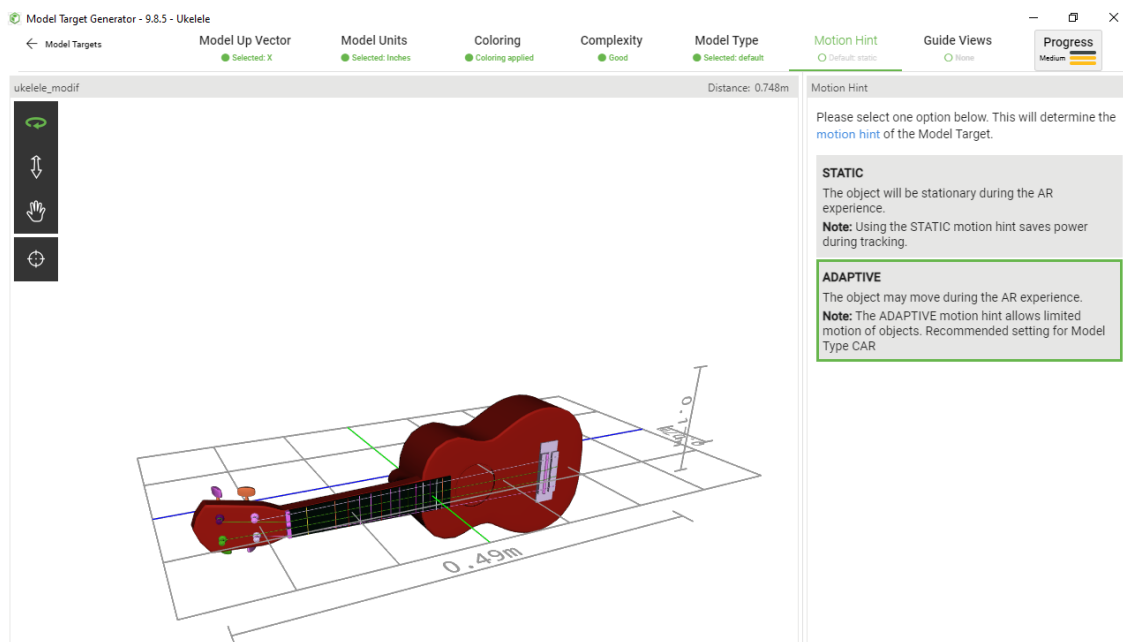
Es importante que el modelo sea lo suficientemente complejo para que sea capaz de distinguirlo de entre otros objetos, pero no lo demasiado como para que el rendimiento baje. El apartado de complejidad permite simplificar el modelo, pero en esta ocasión no se lo necesita.

En la sección de tipo de modelo se selecciona el que viene por defecto, ya que los otros dos casos son específicos y no aplican en esta ocasión.



*Ilustración 34 Configuración Model Type en MGT
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Para determinar la configuración de Motion Hint se debe tomar en cuenta si el objeto va a permanecer estático durante la experiencia de realidad aumentada. En este caso los instrumentos pueden estar en movimiento, por lo que se escoge la opción Adaptive.



*Ilustración 35 Configuración de Motion Hint en MGT
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Finalmente, se crean las vistas guía. Se escoge la opción de Guide View ya que las vistas avanzadas (Advanced View) proporcionan más funcionalidad de la que necesita el proyecto. Este apartado consiste en crear las posibles vistas del modelo que la aplicación va a captar. De esta manera, se crean las vistas que se observan en la parte derecha de la Ilustración 36, que son las que se considera que se va a requerir para identificar las partes del instrumento y explicar los acordes.

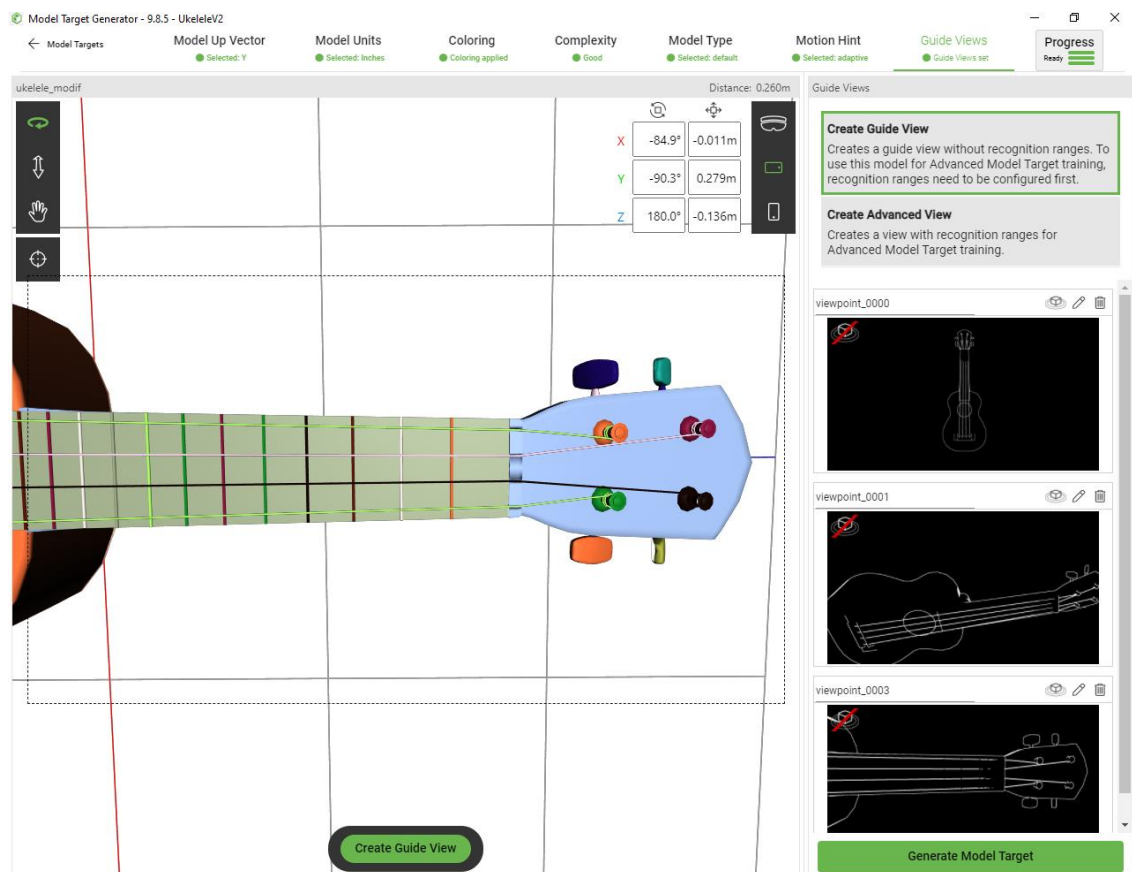


Ilustración 36 Configuración de Guide Views en MTG
Fuente: Elaboración propia (2021)

Después de estas configuraciones, los modelos de guitarra y ukelele están listos para ser utilizados. Se importan los paquetes generados al proyecto en Unity y en los objetos Model Target creados se selecciona el modelo correspondiente en el atributo de base de datos.

3.1.3.3.3. Creación de letreros aumentados

Para distinguir las distintas partes de los instrumentos se trabaja en Unity con el objeto 3D que representa al instrumento físico, llamado EditorPreview, dentro del Model Target del instrumento. Para hacer los letreros se utiliza un panel con texto, una

línea y una esfera, como muestra la Ilustración 37. Una vez creado un letrero se lo añade como Prefab³⁹ para poder utilizar la misma estructura y propiedades en todos los letreros de ambos instrumentos.



*Ilustración 37 Creación de letreros en Unity
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Una vez terminados los letreros se los ubica apuntando a la parte correspondiente de los instrumentos, quedando como indica la Ilustración 38.

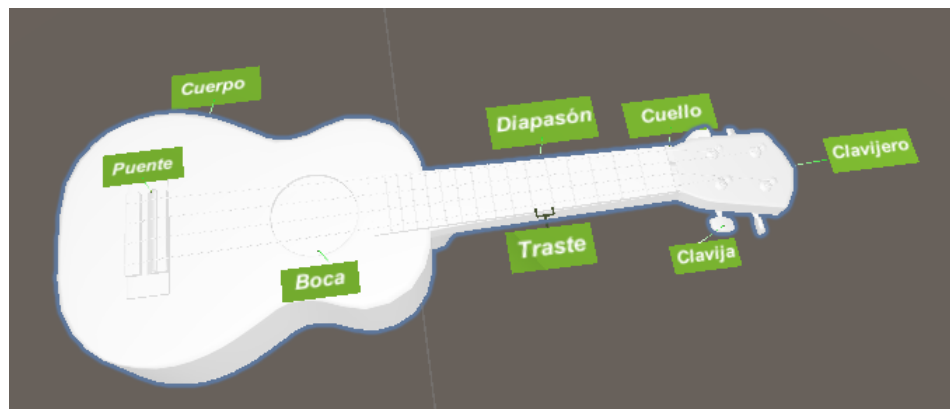


Ilustración 38 Asignación de letreros de partes de ukelele a su Model Target

Fuente: Elaboración propia (2021)

3.1.3.3.4. Desarrollo de interfaz de usuario

Con la funcionalidad principal completa se crea la interfaz con la que va a interactuar el usuario (cumpliendo con la funcionalidad F3), para lo que se hace uso del objeto Canvas de Unity, donde se van a colocar todos los elementos 2D que se mostrarán en la pantalla del dispositivo.

³⁹ Cuando un objeto de Unity se lo añade como Prefab este actúa como una plantilla, el cual se puede instanciar múltiples veces, adquiriendo como base las características y propiedades originales.

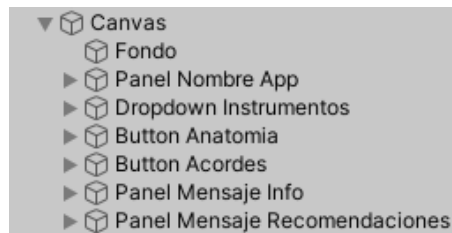


Ilustración 39 Objetos de interfaz de usuario
Fuente: Elaboración propia (2021)

Siguiendo el diseño planeado, se empieza con la creación de un pequeño panel con el nombre de la aplicación (objeto “Panel Nombre App” mostrado en la Ilustración 39) y un menú desplegable para seleccionar entre los dos instrumentos (objeto “Dropdown Instrumentos” de la Ilustración 39). A este último se ancla el script DropdownHandler.cs, que es la clase que administra cuál Model Target y dataset deben activarse con cada opción del menú.

Se crean también los botones que permiten cambiar entre funcionalidades (“Button Anatomía” y “Button Acordes”), aunque la programación de la clase FunctionalityButtonsHandler que manejará este tema se hará en el segundo incremento.

Por último se generan los paneles para mostrar mensajes (“Panel Mensaje Info” y “Panel Mensaje Recomendaciones”). El primero es el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” que se presenta al usuario cuando se activa la figura guía. El segundo es el mensaje de recomendaciones y posibles errores que aparece cuando han transcurrido 30 segundos y la aplicación no reconoce ningún instrumento; el script que lo administra es el de la clase MessageHandler, anclado al Canvas.

El código fuente del proyecto se encuentra disponible en el repositorio especificado en el Anexo E.

3.1.3.4. Pruebas

Tomando los casos de prueba de la fase de diseño, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de ellos.

Prueba curso normal CU1	CP1
Descripción: Identificar todas las partes de la guitarra mediante letreros virtuales, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Prerrequisitos	

-
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Enfocar la cámara del dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía 4. Mover la cámara o el instrumento lentamente según se desee
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tras seleccionar guitarra de la lista desplegable, se muestra la figura guía de la guitarra junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” • Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo se retiran y se aumenta virtualmente los letreros que identifican cada una de las partes de la guitarra • Los letreros se mantienen aumentados tras mover la cámara o el instrumento
<p>Resultado obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tras seleccionar guitarra de la lista desplegable, sí se muestra la figura guía de la guitarra junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura”. Ver Ilustración 40 • Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo sí se retiran y sí se aumentan virtualmente los letreros que identifican cada una de las partes de la guitarra. Ver Ilustración 41 • Los letreros sí se mantienen aumentados tras mover la cámara o el instrumento. Ver Ilustración 42

Tabla 13 Caso de prueba CPI – Fase Pruebas

Fuente: Elaboración propia (2021)



Ilustración 40 Figura guía de la guitarra con mensaje informativo
Fuente: Elaboración propia (2021)



Ilustración 41 Despliegue de letreros identificando partes de la guitarra
Fuente: Elaboración propia (2021)

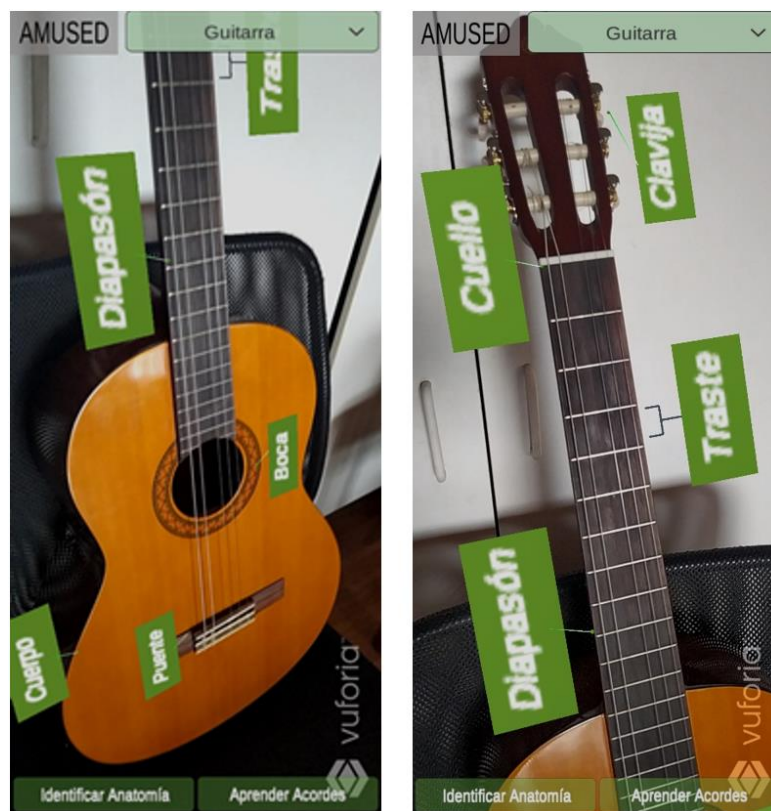


Ilustración 42 Letreros identificando partes de la guitarra desde diferentes ángulos
 Fuente: Elaboración propia (2021)

Prueba curso normal CU2	CP2
<p>Descripción: Identificar las partes del ukelele mediante letreros virtuales, acompañado de una interfaz sencilla y amigable</p>	
<p>Prerrequisitos -</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 3. Enfocar la cámara del dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía 4. Mover la cámara o el instrumento lentamente según se desee 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tras seleccionar ukelele de la lista desplegable, se muestra la figura guía del ukelele junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” • Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo se retiran y se aumenta virtualmente los letreros que identifican cada una de las partes del ukelele • Los letreros se mantienen aumentados tras mover la cámara o el instrumento 	

Resultado obtenido:

- Tras seleccionar ukelele de la lista desplegable, sí se muestra la figura guía del ukelele junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura”. Ver Ilustración 43
- Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo sí se retiran y sí se aumentan virtualmente los letreros que identifican cada una de las partes del ukelele. Ver Ilustración 44
- Los letreros sí se mantienen aumentados tras mover la cámara o el instrumento. Ver Ilustración 45

*Tabla 14 Caso de prueba CP2 – Fase Pruebas
Fuente: Elaboración propia (2021)*



*Ilustración 43 Figura guía del ukelele con mensaje informativo
Fuente: Elaboración propia (2021)*



Ilustración 44 Despliegue de letreros identificando partes del ukelele
 Fuente: Elaboración propia (2021)

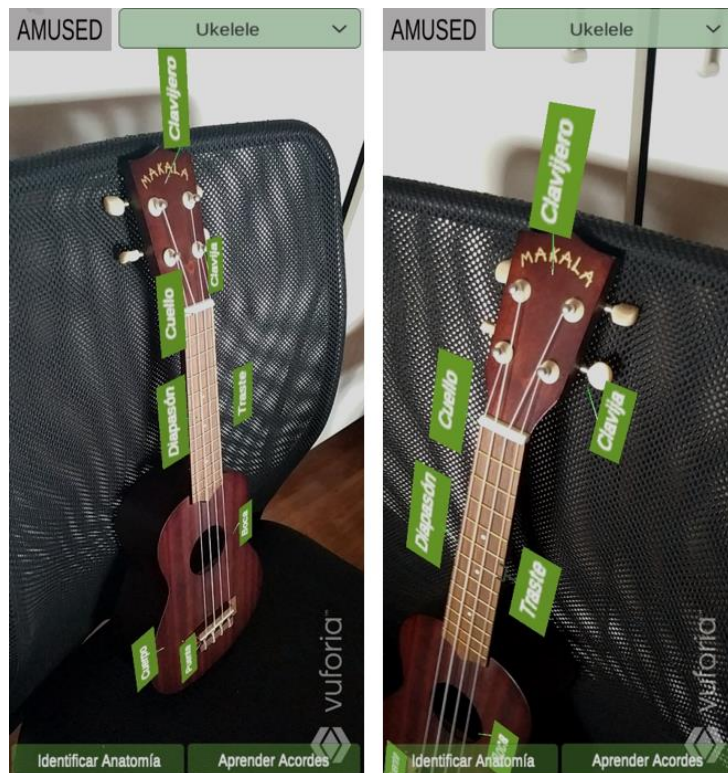


Ilustración 45 Letreros identificando partes del ukelele desde diferentes ángulos
 Fuente: Elaboración propia (2021)

Prueba curso alterno CU1	CP3
<p>Descripción: Mostrar mensaje de recomendaciones y posibles causas de error una vez pasados 30 segundos de desplegar la figura guía de la guitarra</p>	
<p>Prerrequisitos -</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Esperar 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (sin alinear el instrumento) 4. Cerrar el mensaje de recomendaciones 5. Nuevamente esperar 30 segundos sin alinear el instrumento con la figura guía 6. Cerrar el mensaje de recomendaciones 7. Alinear el instrumento con la figura guía 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se muestra mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento) • Se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones • Si se alinea el instrumento con la figura guía, se aumentan los letreros correspondientes y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR • Se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara 	
<p>Resultado obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sí se muestra mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento). Ver Ilustración 46 • Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones • Si se alinea el instrumento con la figura guía, sí se aumentan los letreros correspondientes y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR. Ver Ilustración 47 • Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara 	

*Tabla 15 Caso de prueba CP3 – Fase Pruebas
Fuente: Elaboración propia (2021)*

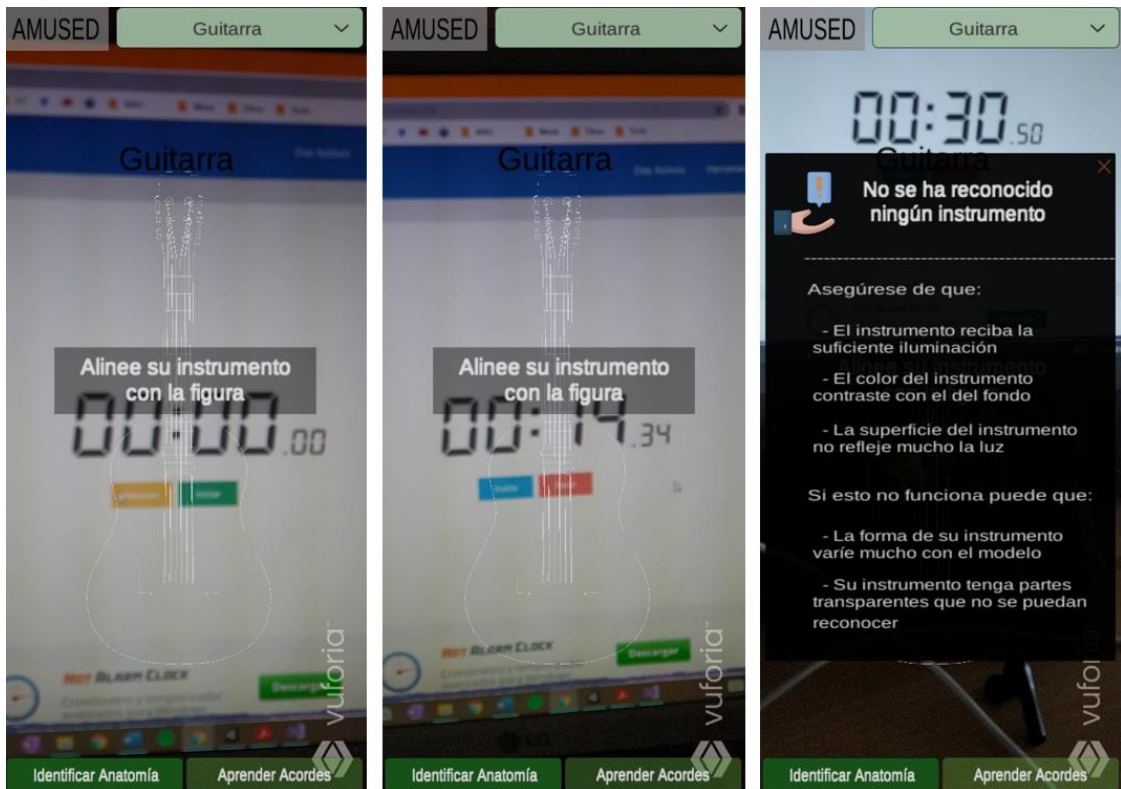


Ilustración 46 Mensaje de recomendaciones pasados 30 segundos de inactividad
Fuente: Elaboración propia (2021)

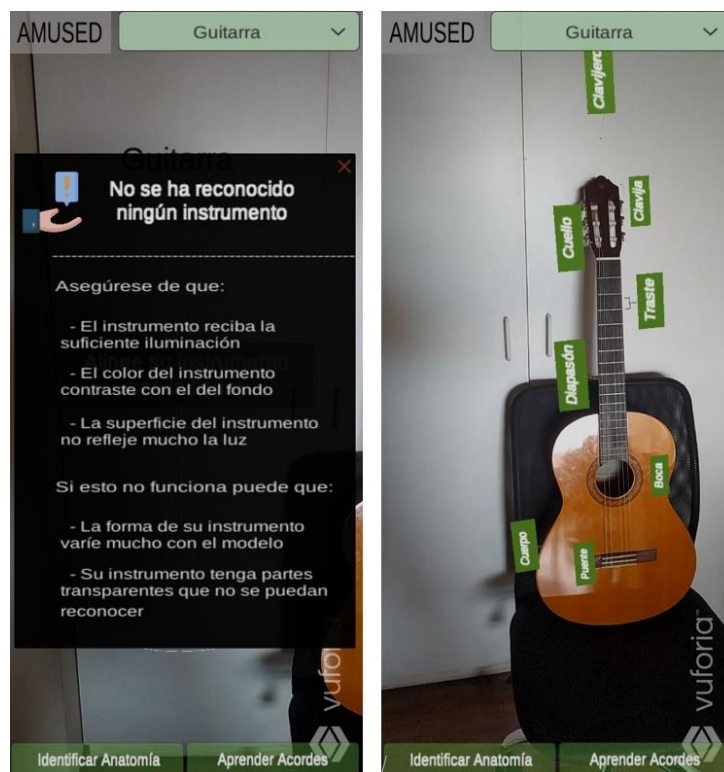
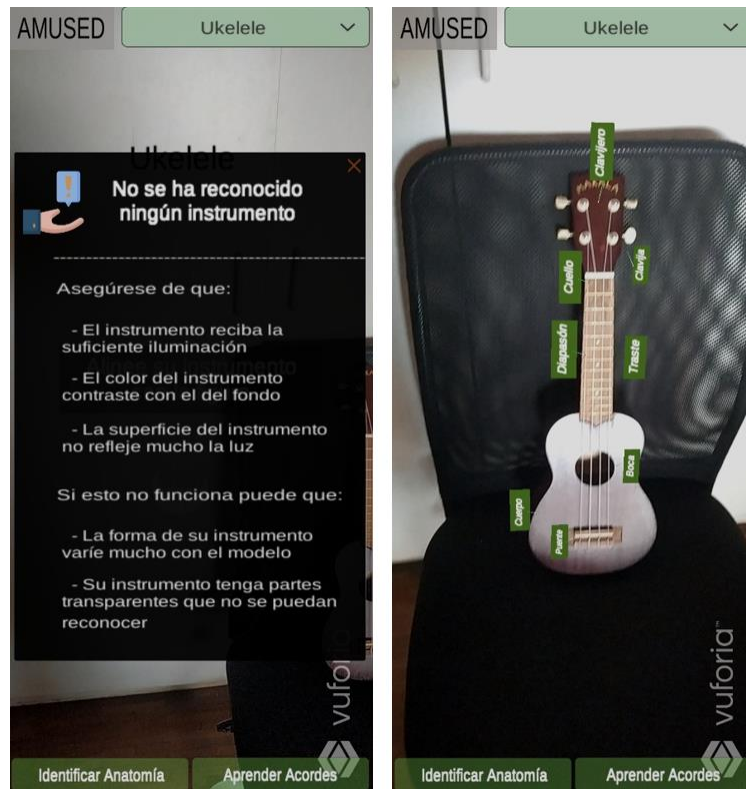


Ilustración 47 Desaparición del mensaje de recomendaciones si se reconoce la guitarra
Fuente: Elaboración propia (2021)

Prueba curso alterno CU2	CP4
<p>Descripción: Mostrar mensaje de recomendaciones y posibles causas de error una vez pasados 30 segundos de desplegar la figura guía del ukelele</p>	
<p>Prerrequisitos -</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 3. Esperar 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (sin alinear el instrumento) 4. Cerrar el mensaje de recomendaciones 5. Nuevamente esperar 30 segundos sin alinear el instrumento con la figura guía 6. Cerrar el mensaje de recomendaciones 7. Alinear el instrumento con la figura guía 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se muestra mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento) • Se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones • Si se alinea el instrumento con la figura guía, se aumentan los letreros correspondientes y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR • Se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara 	
<p>Resultado obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sí se muestra el mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento), tal como en el anterior caso de prueba en la Ilustración 46 • Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones • Si se alinea el instrumento con la figura guía, sí se aumentan los letreros correspondientes y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR. Ver la Ilustración 48 • Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara 	

Tabla 16 Caso de prueba CP4 – Fase Pruebas
Fuente: Elaboración propia (2021)



*Ilustración 48 Desaparición del mensaje de recomendaciones si se reconoce el ukelele
Fuente: Elaboración propia (2021)*

3.1.3.5. Despliegue

Se entrega el producto del primer incremento. Para la aprobación del funcionamiento de esta versión se hizo la revisión de los casos de prueba con el cliente y se obtuvo la retroalimentación respectiva, información contenida en el documento del Anexo F.

Para el segundo incremento quedó pendiente la corrección de dos defectos menores:

- La orientación de los letreros aumentados no concuerda con la orientación de los demás elementos de la aplicación.
- El mensaje de recomendaciones es muy extenso. Se sugiere acortarlo y añadir un elemento de “Más información” para abrir otro recuadro con más detalles.

3.1.4. Incremento 2: Enseñanza de Acordes Básicos de Guitarra y Ukelele

El presente incremento abarca la funcionalidad F2 descrita en el análisis de requerimientos: Explicación de acordes. Debido a la naturaleza de la funcionalidad F3: Interfaz de usuario, también se abarcarán estos requerimientos a la par, de la misma forma que se hizo en el incremento anterior.

3.1.4.1. Análisis

Se especifican los casos de uso para los cinco requerimientos que abarca la funcionalidad F2, incluyendo en ellos los requerimientos de interfaz de usuario de la funcionalidad F3. Las tablas se completan basándose en la plantilla del Anexo C.

Caso de Uso Ilustración de Numeración de Dedos

Caso de Uso	Ilustración de numeración de dedos	Identificador: CU3
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Referencias	REQ-3, REQ-8	
Precondición	-	
Postcondición	-	
Descripción	Mostrar mediante una imagen cuál es la numeración utilizada para los dedos de la mano izquierda	
Resumen	El usuario presiona el botón con ícono de mano y el sistema despliega una imagen ilustrativa. Vuelve a presionar el botón para cerrar la imagen	

Tabla 17 Caso de Uso CU3

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Usuario	Selecciona la opción “Aprender Acordes”
2	Usuario	Presiona el botón con ícono de mano
3	Sistema	Despliega imagen ilustrativa de numeración de dedos de la mano izquierda
4	Usuario	Presiona nuevamente el botón con ícono de mano
5	Sistema	Retira la imagen ilustrativa de la pantalla

Tabla 18 Curso normal del caso de uso CU3

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Caso de Uso Glosario Acordes Básicos de Guitarra

Caso de Uso	Glosario de acordes básicos de guitarra	Identificador: CU4
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	

Referencias	REQ-4, REQ-8, REQ-9
Precondición	-
Postcondición	CU6
Descripción	Brindar un glosario básico de 12 acordes de guitarra
Resumen	El sistema despliega un glosario básico de acordes de guitarra para que el usuario escoja entre ellos

Tabla 19 Caso de Uso CU4

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Usuario	Selecciona la opción “Aprender Acordes”
2	Usuario	Selecciona el instrumento guitarra de la lista desplegable
3	Sistema	Despliega al lado derecho de la pantalla un botón por cada uno de los siguientes acordes: <ul style="list-style-type: none"> • Do • Re • Re m⁴⁰ • Mi • Mi m • Fa • Fa m • Sol • La • La m • Si • Si m
4	Sistema	Despliega en el centro de la pantalla un mensaje informativo para que el usuario escoja un acorde de la lista
5	Usuario	Escoge un acorde de la lista

Tabla 20 Curso normal del caso de uso CU4

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Caso de Uso Glosario Acordes Básicos de Ukelele

Caso de Uso	Glosario de acordes básicos de ukelele	Identificador: CU5
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Referencias	REQ-5, REQ-8, REQ-9	
Precondición	-	
Postcondición	CU7	
Descripción	Brindar un glosario básico de 14 acordes de ukelele	

⁴⁰ La m minúscula es una abreviación utilizada en música para “menor”.

Resumen	El sistema despliega un glosario básico de acordes de ukelele para que el usuario escoja entre ellos
----------------	--

Tabla 21 Caso de Uso CU5

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Usuario	Selecciona la opción “Aprender Acordes”
2	Usuario	Selecciona el instrumento ukelele de la lista desplegable
3	Sistema	Despliega al lado derecho de la pantalla un botón por cada uno de los siguientes acordes: <ul style="list-style-type: none"> • Do • Do m • Re • Re m • Mi • Mi m • Fa • Fa m • Sol • Sol m • La • La m • Si • Si m
4	Sistema	Despliega en el centro de la pantalla un mensaje informativo para que el usuario escoja un acorde de la lista
5	Usuario	Escoge un acorde de la lista

Tabla 22 Curso normal del caso de uso CU5

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Caso de Uso Explicación de Acordes en Guitarra

Caso de Uso	Explicación de posiciones de acordes en guitarra	Identificador: CU6
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Referencias	REQ-6, REQ-8, REQ-9, REQ-10	
Precondición	CU4	
Postcondición	-	
Descripción	Identificar la guitarra del usuario y aumentar el diagrama del acorde seleccionado, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Resumen	El usuario enfoca con la cámara de su dispositivo a su guitarra y la aplicación aumenta el diagrama de acordes	

	previamente seleccionado. El sistema guía adecuadamente al usuario
--	--

Tabla 23 Caso de Uso CU6

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Sistema	Despliega una figura guía de la guitarra junto con un mensaje informativo: “Alinee su instrumento con la figura”
2	Usuario	Enfoca la cámara de su dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía
3	Sistema	Reconoce el instrumento como modelo y retira de la pantalla la figura guía y el mensaje informativo
4	Sistema	Aumenta el diagrama del acorde seleccionado previamente
5	Usuario	Mueve la cámara o el instrumento según desee

Tabla 24 Curso normal del caso de uso CU6

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Cursos alternos

Nro.	Descripción de acciones alternas
3	Si tras 30 segundos no se reconoce el instrumento, el sistema mostrará un mensaje con recomendaciones y posibles causas de error

Tabla 25 Cursos alternos del caso de uso CU6

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Caso de Uso Explicación de Acordes en Ukelele

Caso de Uso	Explicación de posiciones de acordes en ukelele	Identificador: CU7
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Referencias	REQ-7, REQ-8, REQ-9, REQ-10	
Precondición	CU5	
Postcondición	-	
Descripción	Identificar el ukelele del usuario y aumentar el diagrama del acorde seleccionado, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Resumen	El usuario enfoca con la cámara de su dispositivo a su ukelele y la aplicación aumenta el diagrama de acordes previamente seleccionado. El sistema guía adecuadamente al usuario	

Tabla 26 Caso de Uso CU7

Fuente: Elaboración propia en base a pmoinformatica.com (2014)

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Sistema	Despliega una figura guía del ukelele junto con un mensaje informativo: “Alinee su instrumento con la figura”
2	Usuario	Enfoca la cámara de su dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía
3	Sistema	Reconoce el instrumento como modelo y retira de la pantalla la figura guía y el mensaje informativo
4	Sistema	Aumenta el diagrama del acorde seleccionado previamente
5	Usuario	Mueve la cámara o el instrumento según desee

Tabla 27 Curso normal del caso de uso CU7

Fuente: Elaboración propia en base a *pmoinformatica.com* (2014)

Cursos alternos

Nro.	Descripción de acciones alternas
3	Si tras 30 segundos no se reconoce el instrumento, el sistema mostrará un mensaje con recomendaciones y posibles causas de error

Tabla 28 Cursos alternos del caso de uso CU7

Fuente: Elaboración propia en base a *pmoinformatica.com* (2014)

3.1.4.2. Diseño

3.1.4.2.1. Diagrama de flujo

El siguiente diagrama describe gráficamente cómo actuarán el usuario y el sistema en las funcionalidades de este incremento. La ilustración de numeración de dedos no se encuentra en el flujo ya que el usuario puede presionar el botón en cualquier momento.

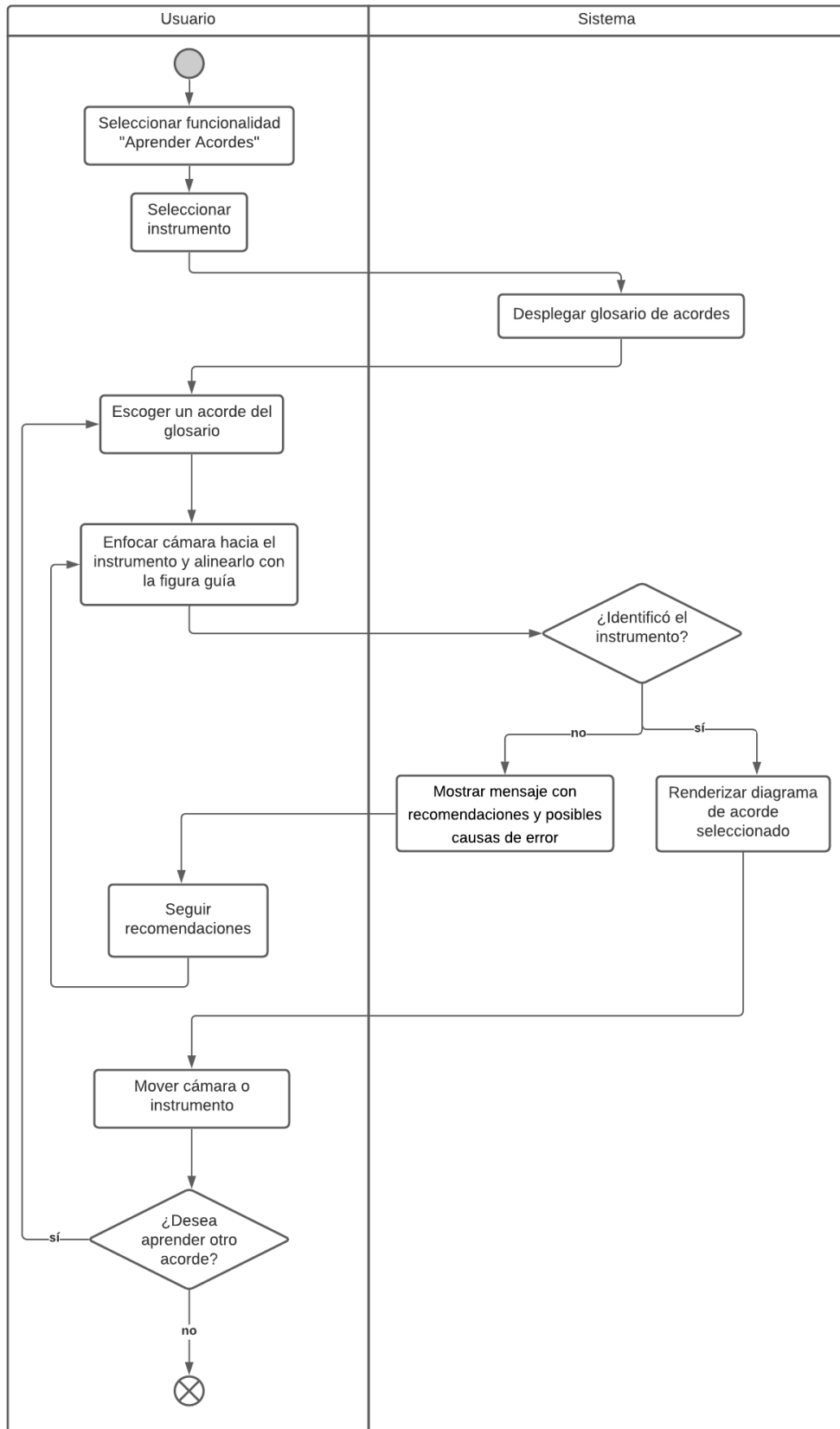


Ilustración 49 Diagrama de flujo - Segundo Incremento
 Fuente: Elaboración propia (2021)

3.1.4.2.2. Diagramas de secuencia

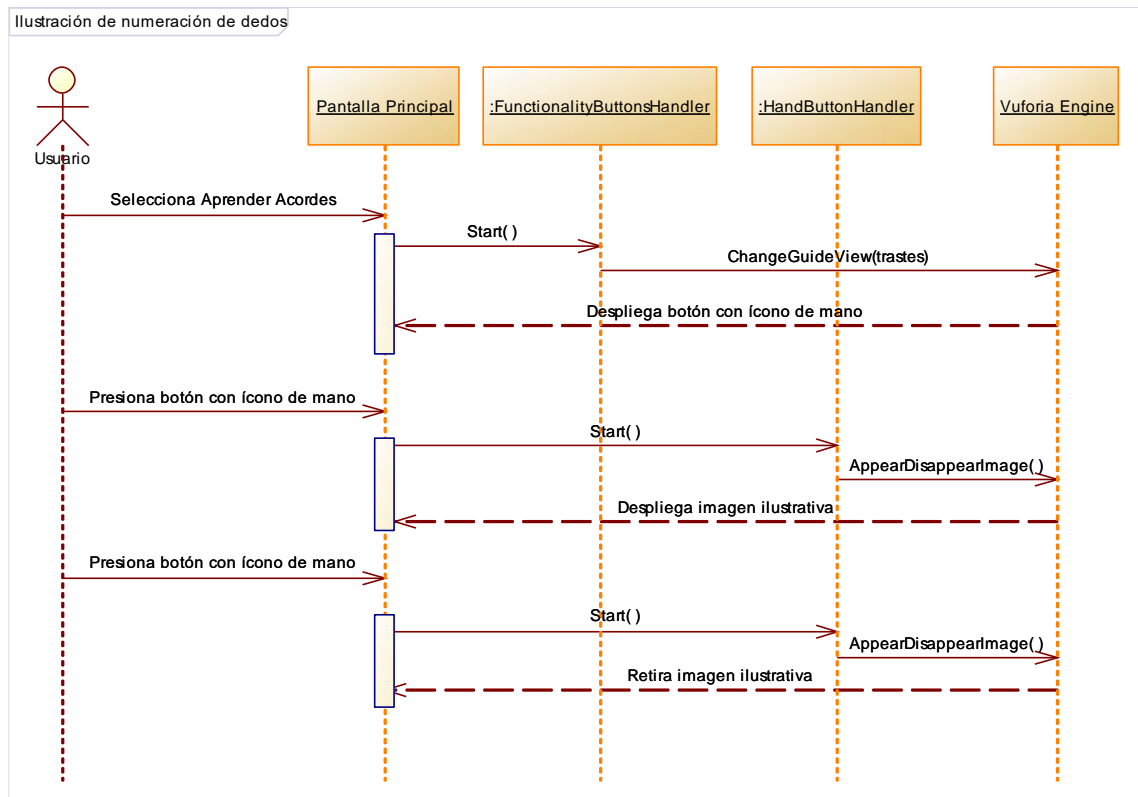


Ilustración 50 Diagrama de secuencia de ilustración de numeración de dedos
Fuente: Elaboración propia (2021)

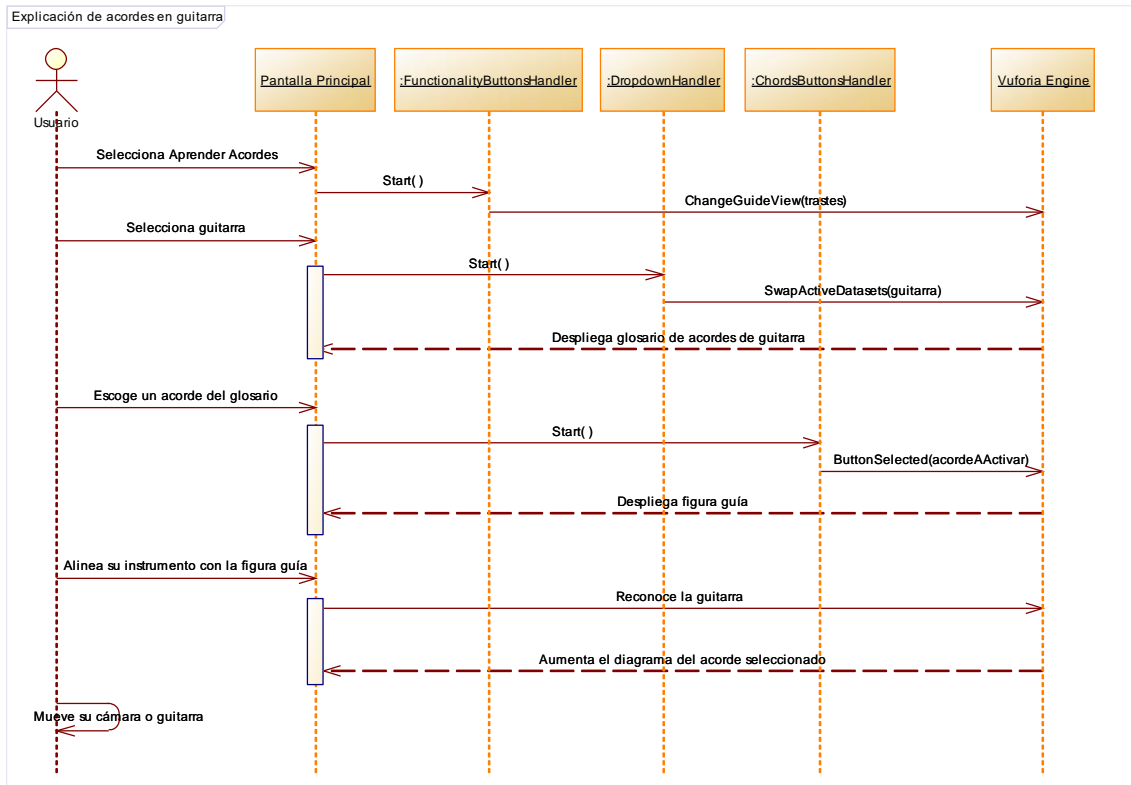


Ilustración 51 Diagrama de secuencia de explicación de acordes en guitarra
Fuente: Elaboración propia (2021)

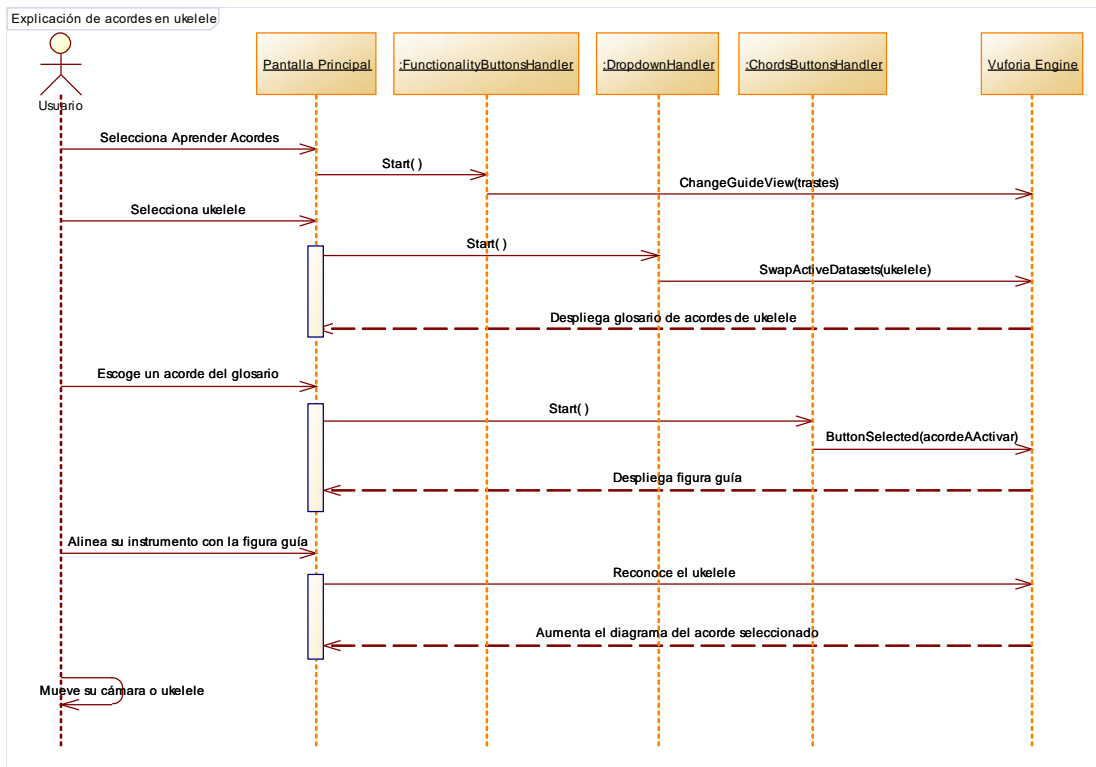


Ilustración 52 Diagrama de secuencia de explicación de acordes en ukelele
Fuente: Elaboración propia (2021)

3.1.4.2.3. Plan de Pruebas

Con la misma dinámica del anterior incremento, se presenta el plan de pruebas de aceptación basado en los casos de uso. Se utiliza la plantilla sugerida por Juntadeandalucia.es que se encuentra en el Anexo D.

Curso normal CU3	CP5
Descripción: Mostrar mediante una imagen cuál es la numeración utilizada para los dedos de la mano izquierda	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Presionar el botón con el ícono de mano 3. Presionar el botón nuevamente para cerrar la imagen 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Al seleccionar la opción Aprender Acordes, el botón con ícono de mano aparece en la esquina inferior derecha • Al presionar el botón con ícono de mano, el sistema despliega una imagen ilustrativa de la numeración convencional de los dedos de la mano izquierda • Si la imagen se encuentra abierta, presionar nuevamente el botón la cierra 	
Resultado obtenido:	

Tabla 29 Caso de prueba CP5

Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

Curso normal CU4	CP6
Descripción: Brindar un glosario básico de 12 acordes de guitarra	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Escoger un acorde del glosario 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Tras seleccionar el instrumento guitarra, se despliega al lado derecho de la pantalla un 	

<p>botón por cada uno de los siguientes acordes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Do <input type="radio"/> Re <input type="radio"/> Re m <input type="radio"/> Mi <input type="radio"/> Mi m <input type="radio"/> Fa <input type="radio"/> Fa m <input type="radio"/> Sol <input type="radio"/> La <input type="radio"/> La m <input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Si m <ul style="list-style-type: none"> • Junto con el despliegue del glosario de acordes, el sistema muestra un mensaje informativo para que el usuario escoja un acorde de la lista • Tras seleccionar un acorde, se retira el mensaje informativo
<p>Resultado obtenido:</p>

Tabla 30 Caso de prueba CP6

Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

Curso normal CU5	CP7
<p>Descripción: Brindar un glosario básico de 14 acordes de ukelele</p>	
<p>Prerrequisitos -</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 3. Escoger un acorde del glosario 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tras seleccionar el instrumento ukelele, se despliega al lado derecho de la pantalla un botón por cada uno de los siguientes acordes: <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Do <input type="radio"/> Do m <input type="radio"/> Re <input type="radio"/> Re m <input type="radio"/> Mi <input type="radio"/> Mi m <input type="radio"/> Fa <input type="radio"/> Fa m <input type="radio"/> Sol <input type="radio"/> Sol m 	

<ul style="list-style-type: none"> ○ La ○ La m ○ Si ○ Si m <ul style="list-style-type: none"> ● Junto con el despliegue del glosario de acordes, el sistema muestra un mensaje informativo para que el usuario escoja un acorde de la lista ● Tras seleccionar un acorde, se retira el mensaje informativo
Resultado obtenido:

Tabla 31 Caso de prueba CP7

Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

Curso normal CU6	CP8
Descripción:	
Identificar la guitarra del usuario y aumentar el diagrama del acorde seleccionado, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Prerrequisitos	
Curso normal CU4	
Pasos:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Enfocar la cámara del dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía 2. Mover la cámara o el instrumento lentamente según se desee 3. Escoger uno por uno los demás acordes del glosario 	
Resultado esperado:	
<ul style="list-style-type: none"> ● Al iniciar se muestra ya en la pantalla la figura guía de la guitarra junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” ● Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo se retiran y se aumenta virtualmente el diagrama del acorde seleccionado en el curso normal CU4 ● El diagrama se mantiene aumentado tras mover la cámara o el instrumento ● Cada uno de los botones de acordes aumenta el diagrama correspondiente 	
Resultado obtenido:	

Tabla 32 Caso de prueba CP8

Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

Curso normal CU7	CP9
Descripción:	
Identificar el ukelele del usuario y aumentar el diagrama del acorde seleccionado, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Prerrequisitos	

Curso normal CU5
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Enfocar la cámara del dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía 2. Mover la cámara o el instrumento lentamente según se desee 3. Escoger uno por uno los demás acordes del glosario
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Al iniciar se muestra ya en la pantalla la figura guía del ukelele junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” • Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo se retiran y se aumenta virtualmente el diagrama del acorde seleccionado en el curso normal CU5 • El diagrama se mantiene aumentado tras mover la cámara o el instrumento • Cada uno de los botones de acordes aumenta el diagrama correspondiente
Resultado obtenido:

Tabla 33 Caso de prueba CP9

Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

Curso alternativo CU6	CP10
Descripción: Mostrar mensaje de recomendaciones y posibles causas de error una vez pasados 30 segundos de desplegar la figura guía de la guitarra	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Escoger un acorde del glosario 4. Esperar 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (sin alinear el instrumento) 5. Cerrar el mensaje de recomendaciones 6. Nuevamente esperar 30 segundos sin alinear el instrumento con la figura guía 7. Cerrar el mensaje de recomendaciones 8. Alinear el instrumento con la figura guía 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Se muestra mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento) • Se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones 	

<ul style="list-style-type: none"> • Si se alinea el instrumento con la figura guía, se aumenta el diagrama del acorde correspondiente y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR • Se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara
Resultado obtenido:

Tabla 34 Caso de prueba CP10

Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

Curso alternativo CU7	CP11
Descripción:	
Mostrar mensaje de recomendaciones y posibles causas de error una vez pasados 30 segundos de desplegar la figura guía del ukelele	
Prerrequisitos	
-	
Pasos:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 3. Escoger un acorde del glosario 4. Esperar 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (sin alinear el instrumento) 5. Cerrar el mensaje de recomendaciones 6. Nuevamente esperar 30 segundos sin alinear el instrumento con la figura guía. 7. Cerrar el mensaje de recomendaciones 8. Alinear el instrumento con la figura guía 	
Resultado esperado:	
<ul style="list-style-type: none"> • Se muestra mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento) • Se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones • Si se alinea el instrumento con la figura guía, se aumenta el diagrama del acorde correspondiente y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR • Se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara 	
Resultado obtenido:	

Tabla 35 Caso de prueba CP11

Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

Para los requerimientos no funcionales de toda la aplicación se decide presentar los siguientes casos de prueba.

Fiabilidad	CP12
<p>Descripción: La aplicación podrá reconocer mínimo el 70% de modelos de guitarra y ukelele acústicos con buena iluminación y superficies no reflectivas</p>	
<p>Prerrequisitos -</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Alinear 10 guitarras acústicas diferentes con la figura guía, bajo una buena iluminación 4. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 5. Alinear 10 ukeleles acústicos diferentes con la figura guía, bajo una buena iluminación 6. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 7. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable y escoger un acorde cualquiera 8. Alinear 10 guitarras acústicas diferentes con la figura guía, bajo una buena iluminación 9. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable y escoger un acorde cualquiera 10. Alinear 10 ukeleles acústicos diferentes con la figura guía, bajo una buena iluminación 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De las 10 guitarras acústicas, la aplicación podrá reconocer al menos 7 de ellas en ambas funcionalidades • De los 10 ukeleles acústicos, la aplicación podrá reconocer al menos 7 de ellos en ambas funcionalidades • De los instrumentos que no reconozcan se debe conocer la causa y esta debe constar en el mensaje de recomendaciones que se presenta al usuario 	
<p>Resultado obtenido:</p>	

Tabla 36 Caso de prueba CP12

Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

Eficiencia	CP13
<p>Descripción: La aplicación de debe tardar menos de 1 segundo en reconocer los instrumentos</p>	
<p>Prerrequisitos Conocer los instrumentos que puede reconocer la aplicación en el caso de prueba CP12</p>	

<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Alinear una guitarra acústica (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación 4. Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía 5. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 6. Alinear un ukelele acústico (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación 7. Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía 8. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 9. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable y escoger un acorde cualquiera 10. Alinear una guitarra acústica (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación 11. Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía 12. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable y escoger un acorde cualquiera 13. Alinear un ukelele acústico (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación 14. Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para ambos instrumentos, la aplicación tarda menos de 1 segundo en reconocerlos en la funcionalidad de Identificar Anatomía • Para ambos instrumentos, la aplicación tarda menos de 1 segundo en reconocerlos en la funcionalidad de Aprender Acordes
<p>Resultado obtenido:</p>

Tabla 37 Caso de prueba CP13

Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

Usabilidad	CP14
<p>Descripción: El tiempo de aprendizaje del sistema por el usuario debe ser menor a 2 minutos</p>	
<p>Prerrequisitos Conocer los instrumentos que puede reconocer la aplicación en el caso de prueba CP12</p>	

<p>Pasos: Con 5 sujetos de prueba distintos, realizar lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Entregar la aplicación al nuevo usuario por 2 minutos cronometrados, junto con una guitarra y un ukelele (que se conocen que la aplicación reconoce). La persona tendrá este tiempo para aprender su funcionamiento 2. Finalizado este tiempo, se verifica si el usuario puede realizar las siguientes actividades, calificando cada una entre: No encontró – Tardó en encontrar – Encontró a la primera <ol style="list-style-type: none"> a. Identifique las partes de una guitarra acústica b. Identifique las partes de un ukelele acústico c. Obtenga ayuda para identificar la convención de numeración de dedos de la mano d. Obtenga el diagrama del acorde Do aumentado en una guitarra e. Obtenga el diagrama del acorde Re aumentado en un ukelele
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todos los usuarios obtienen la calificación “Encontró a la primera” en todas las actividades a las que se les sujeta
<p>Resultado obtenido:</p>

Tabla 38 Caso de prueba CP14

Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

Portabilidad	CP15
<p>Descripción: La aplicación puede ser utilizada en dispositivos móviles con sistema operativo Android mediante la instalación con el archivo APK proporcionado</p>	
<p>Prerrequisitos -</p>	
<p>Pasos: Con 5 dispositivos Android diferentes, realizar lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Descargar el archivo APK con un link de descarga o mediante un mensaje directo por medio de cualquier plataforma 2. Instalar la aplicación y probarla 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para todos los dispositivos Android, el archivo APK se descarga correctamente • Para todos los dispositivos Android, la aplicación se instala y funciona correctamente 	
<p>Resultado obtenido:</p>	

Tabla 39 Caso de prueba CP15

Fuente: Elaboración propia en base a juntadeandalucia.es (2021)

3.1.4.3. Implementación

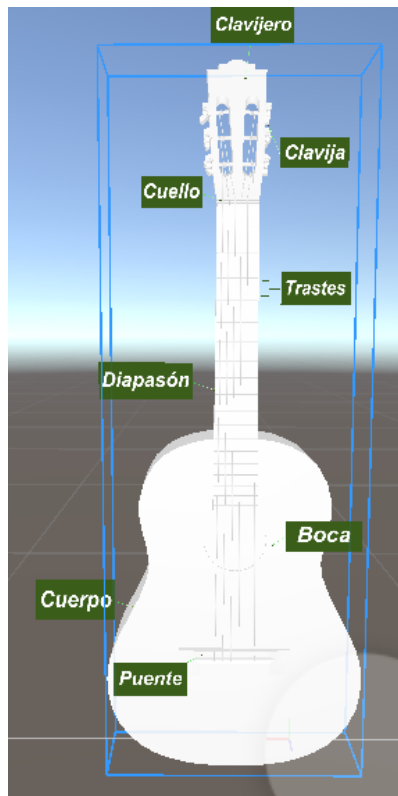
3.1.4.3.1. Corrección de Defectos del Primer Incremento

De acuerdo con las observaciones plasmadas en el documento de pruebas de aceptación del primer incremento, se corrige la orientación de algunos elementos y se acorta el mensaje de recomendaciones.

Para cambiar la orientación de los letreros de la anatomía de los instrumentos, se modifica el objeto Prefab de cada letrero rotándolo y escalándolo para que coincida con la orientación vertical del instrumento y de la aplicación en general, como se muestra en las Ilustraciones 53 y 54.

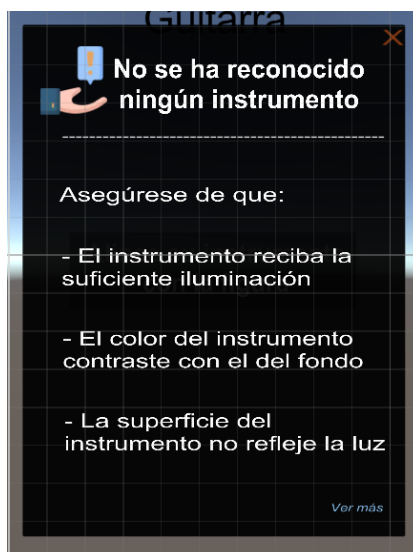


*Ilustración 53 Cambio de orientación de Prefabs de letreros
Fuente: Elaboración propia (2021)*

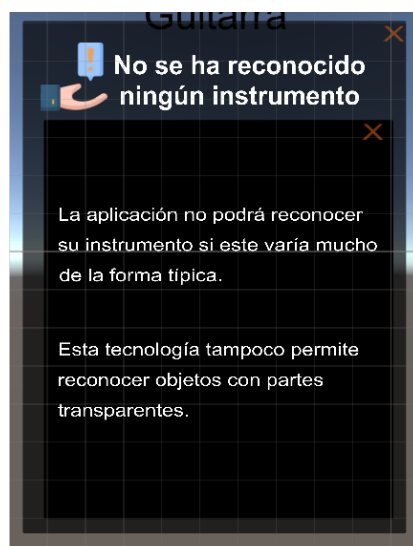


*Ilustración 54 Corrección de orientación de letreros a vertical
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Para acortar el mensaje de recomendaciones con el objetivo de que sea más amigable para el usuario, se sigue la recomendación del cliente, añadiendo un botón de “Ver más” que abre otro recuadro con información más a detalle. De esta manera, como se observa en las Ilustraciones 55 y 56, el mensaje principal muestra las recomendaciones más importantes y el secundario otras no tan comunes.



*Ilustración 55 Mensaje principal de recomendaciones
Fuente: Elaboración propia (2021)*



*Ilustración 56 "Ver más" en mensaje de recomendaciones
Fuente: Elaboración propia (2021)*

3.1.4.3.2. Ilustración de numeración de dedos

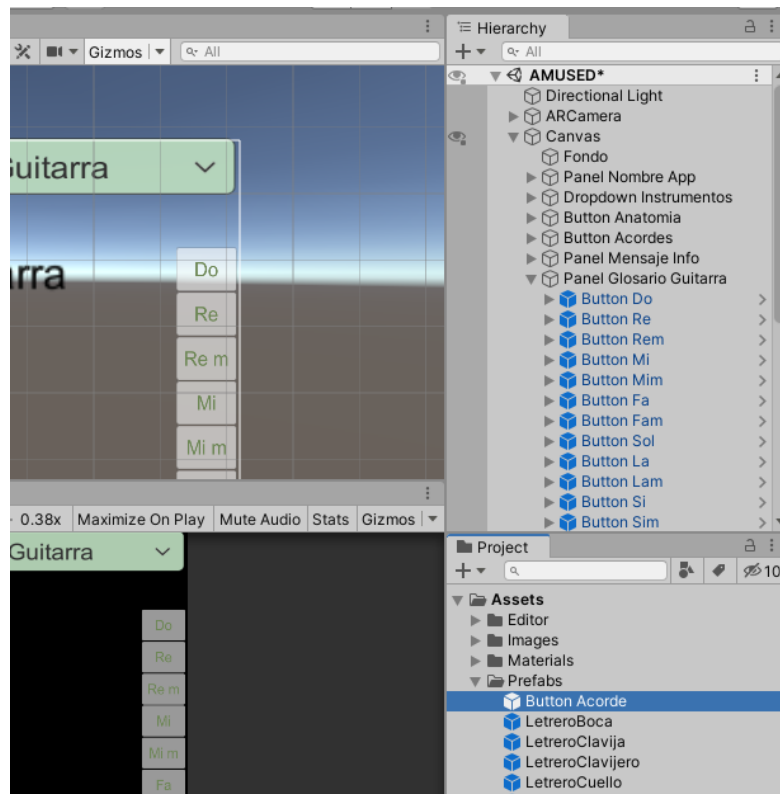
Para este requerimiento se coloca un botón con la imagen de una mano en la esquina inferior derecha. Con el script `HandButtonHandler.cs` se controla el abrir y cerrar la imagen ilustrativa de numeración de dedos.



Ilustración 57 Botón de ilustración de numeración de dedos
Fuente: Elaboración propia (2021)

3.1.4.3.3. Glosarios de acordes

Se crea una lista de botones de acordes para los glosarios de ambos instrumentos, situados al lado derecho de la pantalla. Para mantener un formato común, también se crea un botón Prefab para instanciarlo tantas veces como se desee. De esta manera, se instancia 12 botones para cada acorde de guitarra dentro de un panel (objeto “Panel Glosario Guitarra” de la Ilustración 58) y 14 botones para cada acorde de ukelele dentro de otro panel (objeto “Panel Glosario Ukelele”). Dentro del script DropdownHandler.cs se maneja cuál panel debe aparecer visible para el usuario con cada instrumento.



*Ilustración 58 Instancias de botón Prefab en panel para glosario de acordes
Fuente: Elaboración propia (2021)*

3.1.4.3.4. Explicación de acordes

Para explicar los acordes, como se mencionó previamente, se utilizan los diagramas de los acordes para aumentarlos en el instrumento del usuario. Para esto se empieza con la creación de un objeto Prefab por cada uno de los dedos de la mano, como se muestra en la Ilustración 59 (los seleccionados en la parte inferior derecha). Para el dedo 1 (índice) se utiliza el color rojo, para el dedo 2 (medio) el azul, para el dedo 3 (anular) el verde, y para el dedo 4 (meñique) el amarillo. Debido a que algunos acordes necesitan que el dedo 1 haga puente⁴¹, se usa un cilindro; para los demás se utiliza esferas.

⁴¹ Se le dice puente a un dedo cuando presiona todas (o varias) cuerdas a la vez.

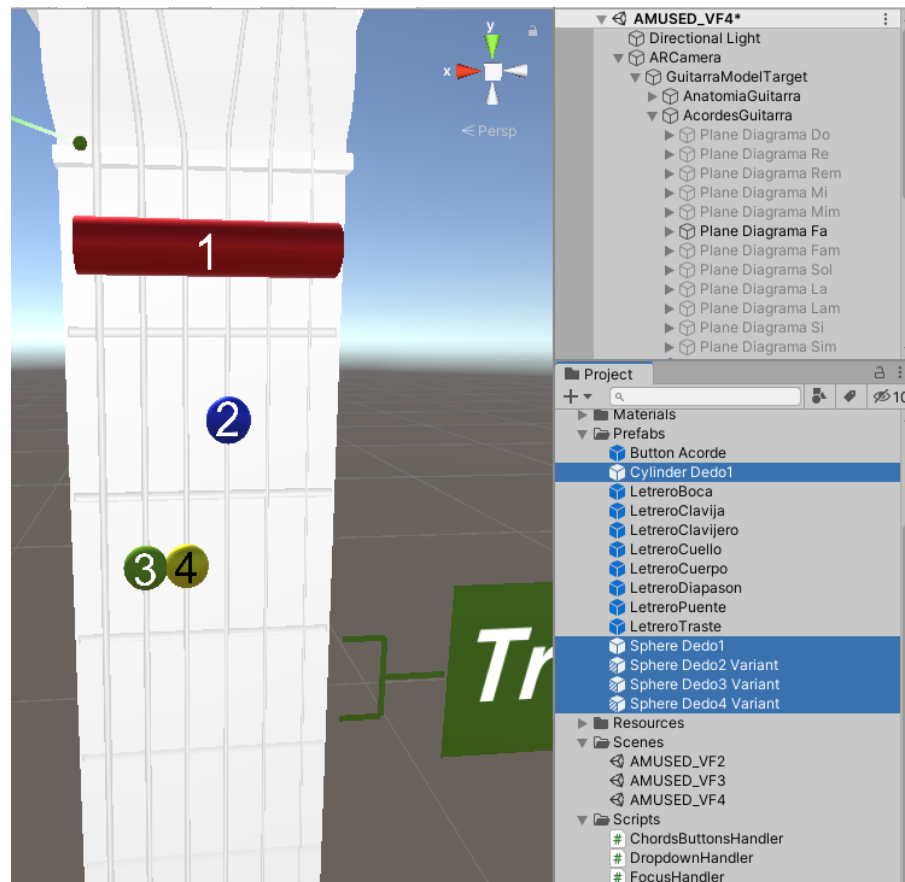


Ilustración 59 Prefabs para diagramas de acordes
Fuente: Elaboración propia (2021)

Dentro de los objetos Model Target de cada instrumento, se crea un plano por cada diagrama, donde se instancian los Prefabs según las posiciones que correspondan al acorde. En el objeto “AcordesGuitarra” del panel superior derecho de la Ilustración 59 se distinguen los distintos planos creados para cada uno de los acordes de guitarra. En el panel izquierdo de la misma ilustración se observa cómo queda plasmado el diagrama del acorde Fa, mismo procedimiento que se sigue para todos los acordes en ambos instrumentos.

En el script ChordsButtonsHandler.cs se asocian los botones de los glosarios con el aumento de su respectivo diagrama.

3.1.4.3.5. Enfoque de la cámara

Finalmente, ya que Vuforia no aplica un enfoque automático cuando hace uso de la cámara, se utiliza el script FocusHandler.cs para activar esta característica cada

vez que la aplicación prenda la cámara y así mejorar la capacidad de reconocimiento de los instrumentos.

El código fuente del proyecto se encuentra disponible en el repositorio especificado en el Anexo E.

3.1.4.4. Pruebas

Tomando los casos de prueba de la fase de diseño, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de ellos.

Prueba curso normal CU3	CP5
Descripción: Mostrar mediante una imagen cuál es la numeración utilizada para los dedos de la mano izquierda	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Presionar el botón con el ícono de mano 3. Presionar el botón nuevamente para cerrar la imagen 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Al seleccionar la opción Aprender Acordes, el botón con ícono de mano aparece en la esquina inferior derecha • Al presionar el botón con ícono de mano, el sistema despliega una imagen ilustrativa de la numeración convencional de los dedos de la mano izquierda • Si la imagen se encuentra abierta, presionar nuevamente el botón la cierra 	
Resultado obtenido: <ul style="list-style-type: none"> • Sí se muestra el botón con ícono de mano en el lugar indicado al seleccionar la opción Aprender Acordes. Ver Ilustración 60 • Sí se despliega la imagen ilustrativa al presionar dicho botón. Ver Ilustración 6 • Al presionar nuevamente el botón, la imagen se cierra correctamente 	

*Tabla 40 Caso de prueba CP5 – Fase Pruebas
Fuente: Elaboración propia (2021)*

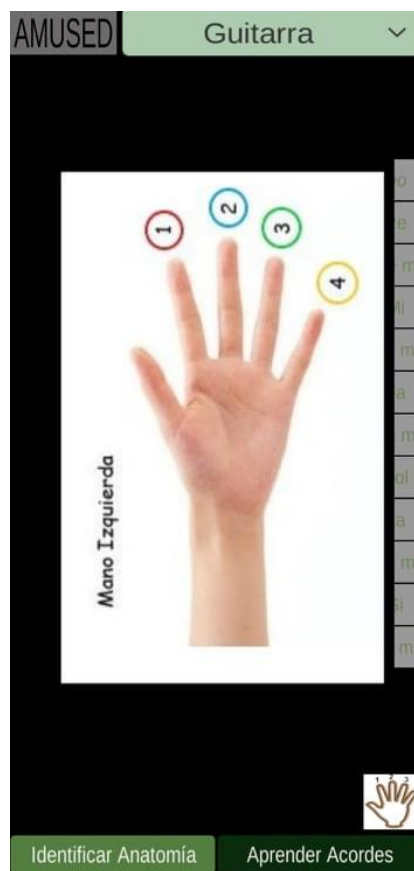


Ilustración 60 Aparición de imagen ilustrativa de numeración de dedos
Fuente: Elaboración propia (2021)

Prueba curso normal CU4	CP6
<p>Descripción: Brindar un glosario básico de 12 acordes de guitarra</p>	
<p>Prerrequisitos -</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Escoger un acorde del glosario 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tras seleccionar el instrumento guitarra, se despliega al lado derecho de la pantalla un botón por cada uno de los siguientes acordes <ul style="list-style-type: none"> ○ Do ○ Re ○ Re m ○ Mi ○ Mi m ○ Fa 	

- Fa m
- Sol
- La
- La m
- Si
- Si m
- Junto con el despliegue del glosario de acordes, el sistema muestra un mensaje informativo para que el usuario escoja un acorde de la lista
- Tras seleccionar un acorde, se retira el mensaje informativo

Resultado obtenido:

- Se muestran correctamente los acordes indicados para la guitarra. Ver Ilustración 61
- El mensaje informativo “escoja un acorde” se muestra adecuadamente. Ver Ilustración 61
- Si se selecciona un acorde, sí se retira el mensaje de “escoja un acorde”. Ver Ilustración 62

*Tabla 41 Caso de prueba CP6 – Fase Pruebas
Fuente: Elaboración propia (2021)*



*Ilustración 61 Despliegue de glosario de acordes de guitarra
Fuente: Elaboración propia (2021)*



Ilustración 62 Pantalla tras seleccionar un acorde de guitarra
Fuente: Elaboración propia (2021)

Prueba curso normal CU5	CP7
<p>Descripción: Brindar un glosario básico de 14 acordes de ukelele</p>	
<p>Prerrequisitos -</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 3. Escoger un acorde del glosario 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tras seleccionar el instrumento ukelele, se despliega al lado derecho de la pantalla un botón por cada uno de los siguientes acordes: <ul style="list-style-type: none"> ○ Do ○ Do m ○ Re ○ Re m ○ Mi ○ Mi m 	

- Fa
 - Fa m
 - Sol
 - Sol m
 - La
 - La m
 - Si
 - Si m
- Junto con el despliegue del glosario de acordes, el sistema muestra un mensaje informativo para que el usuario escoja un acorde de la lista
 - Tras seleccionar un acorde, se retira el mensaje informativo

Resultado obtenido:

- Se muestran correctamente los acordes indicados para el ukelele. Ver Ilustración 63
- El mensaje informativo “escoja un acorde” se muestra adecuadamente. Ver Ilustración 63
- Si se selecciona un acorde, sí se retira el mensaje de “escoja un acorde”. Ver Ilustración 64

*Tabla 42 Caso de prueba CP7 – Fase Pruebas
Fuente: Elaboración propia (2021)*



*Ilustración 63 Despliegue de glosario de acordes de ukelele
Fuente: Elaboración propia (2021)*



Ilustración 64 Pantalla tras seleccionar un acorde de ukelele
Fuente: Elaboración propia (2021)

Prueba curso normal CU6	CP8
<p>Descripción: Identificar la guitarra del usuario y aumentar el diagrama del acorde seleccionado, acompañado de una interfaz sencilla y amigable</p>	
<p>Prerrequisitos Curso normal CU4</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Enfocar la cámara del dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía 2. Mover la cámara o el instrumento lentamente según se desee 3. Escoger uno por uno los demás acordes del glosario 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Al iniciar se muestra ya en la pantalla la figura guía de la guitarra junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” • Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo se retiran y se aumenta virtualmente el diagrama del acorde seleccionado en el curso normal CU4 • El diagrama se mantiene aumentado tras mover lentamente la cámara o el instrumento • Cada uno de los botones de acordes aumenta el diagrama correspondiente 	

Resultado obtenido:

- Al terminar el curso normal CU4, la pantalla muestra la figura guía de la guitarra junto con el mensaje indicado. Ver Ilustración 62
- Al alinear el instrumento con la guía, se aumenta correctamente el diagrama seleccionado y se retiran los elementos innecesarios. Ver Ilustraciones 65 y 66
- El diagrama sí se mantiene aumentado tras el movimiento. Ver Ilustración 67
- Cada botón aumenta el diagrama que corresponde al acorde. Ver Ilustraciones 65 y 66 (se pueden comparar los diagramas con los de la Ilustración 8)

Tabla 43 Caso de prueba CP8 – Fase Pruebas

Fuente: Elaboración propia (2021)

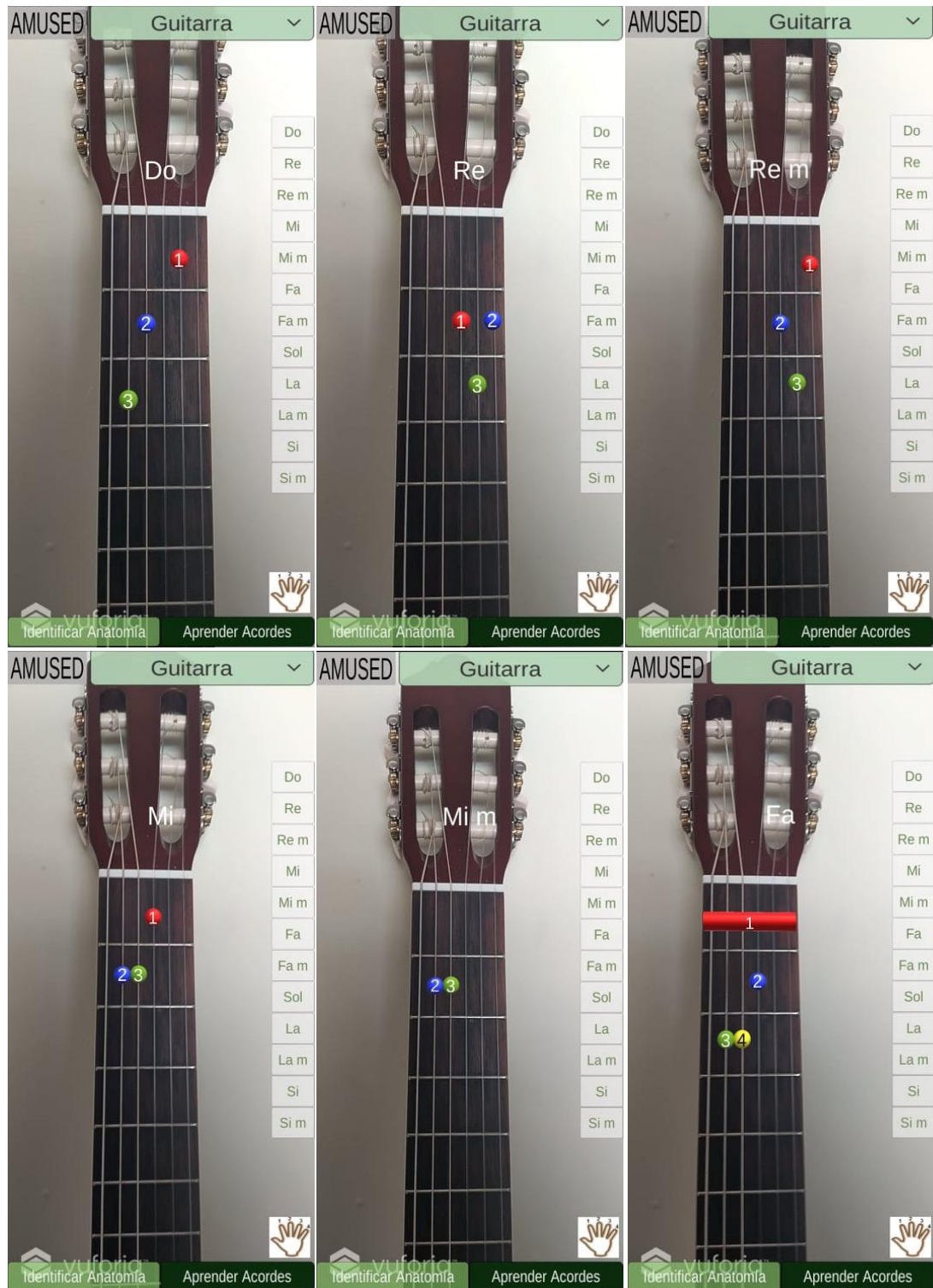


Ilustración 65 Diagramas de acordes de guitarra aumentados (Do - Fa)
 Fuente: Elaboración propia (2021)

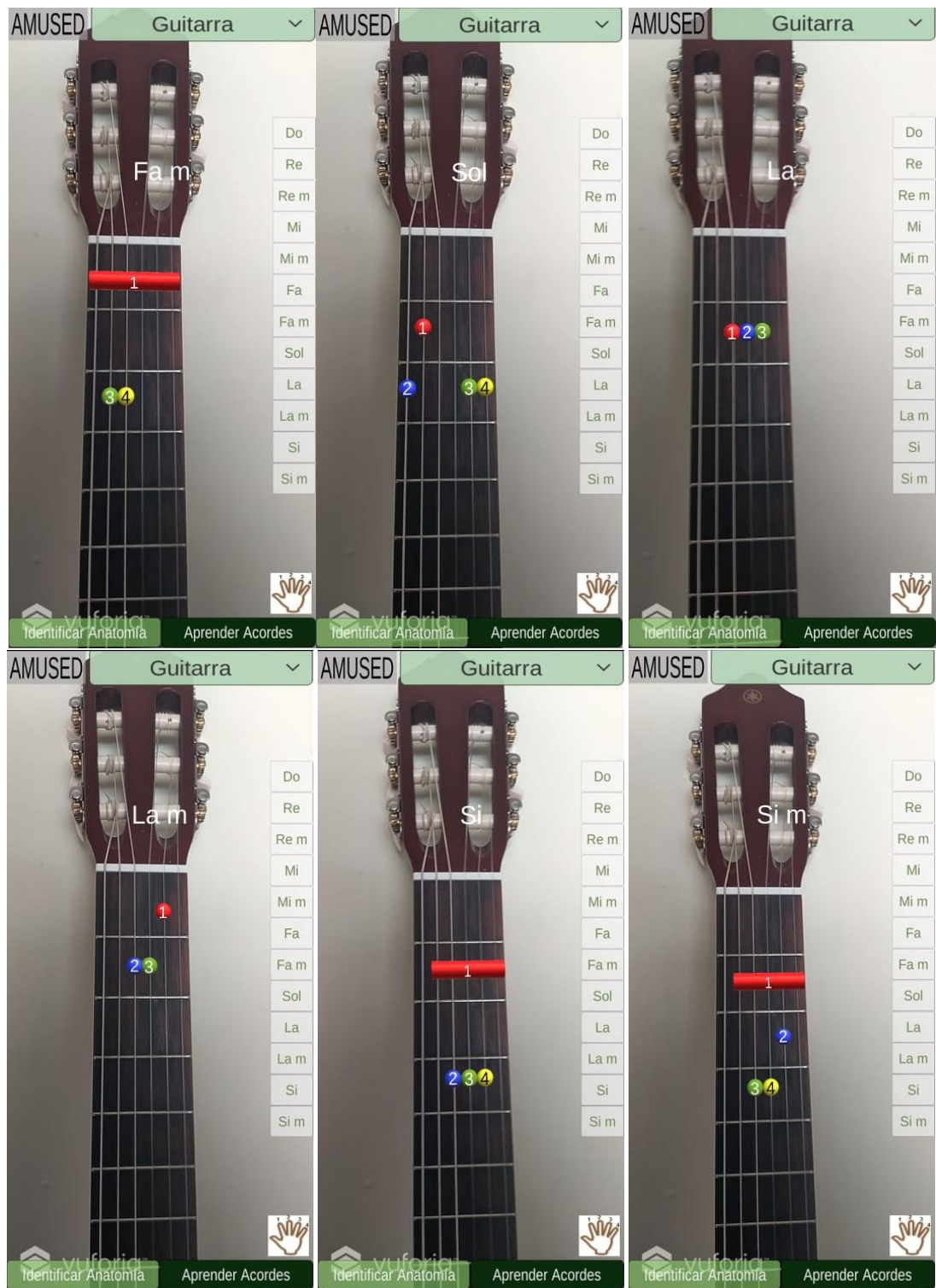


Ilustración 66 Diagramas de acordes de guitarra aumentados (Fa m - Si m)
Fuente: Elaboración propia (2021)

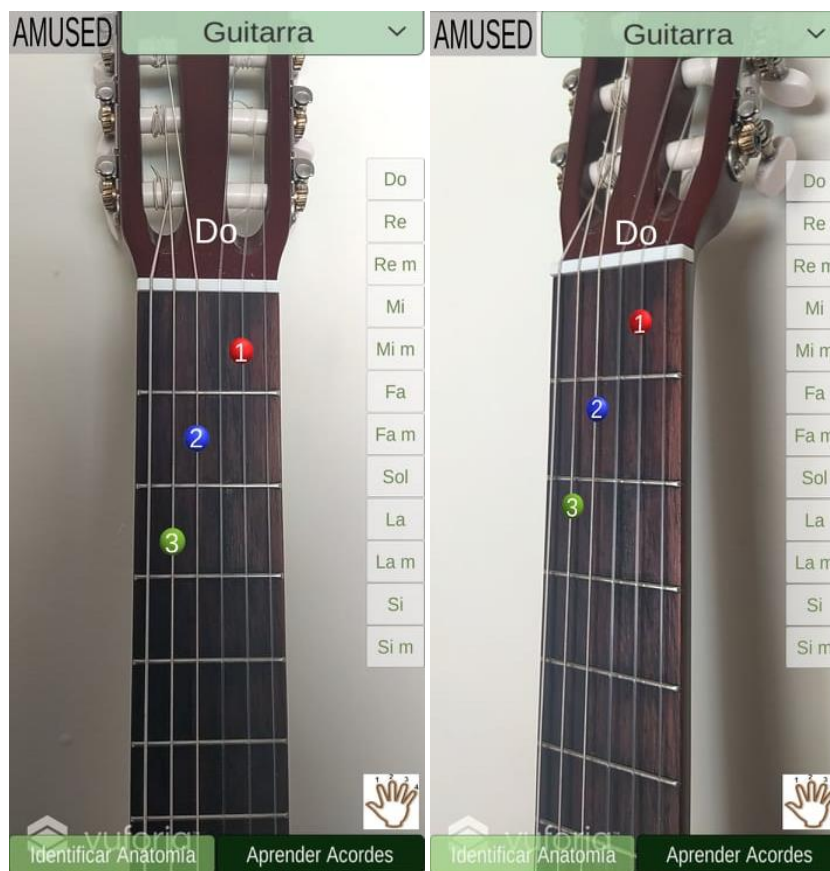


Ilustración 67 Movimiento de cámara tras aumento de diagrama en guitarra
Fuente: Elaboración propia (2021)

Prueba curso normal CU7	CP9
<p>Descripción: Identificar el ukelele del usuario y aumentar el diagrama del acorde seleccionado, acompañado de una interfaz sencilla y amigable</p>	
<p>Prerrequisitos Curso normal CU5</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Enfocar la cámara del dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía 2. Mover la cámara o el instrumento lentamente según se desee 3. Escoger uno por uno los demás acordes del glosario 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Al iniciar se muestra ya en la pantalla la figura guía del ukelele junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” • Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo se retiran y se aumenta virtualmente el diagrama del acorde seleccionado en el curso normal CU5 • El diagrama se mantiene aumentado tras mover la cámara o el instrumento 	

- Cada uno de los botones de acordes aumenta el diagrama correspondiente

Resultado obtenido:

- Al terminar el curso normal CU5, la pantalla muestra la figura guía del ukelele junto con el mensaje indicado. Ver Ilustración 64
- Al alinear el instrumento con la guía, se aumenta correctamente el diagrama seleccionado y se retiran los elementos innecesarios. Ver Ilustraciones 68, 69 y 70
- El diagrama sí se mantiene aumentado tras el movimiento. Ver Ilustración 71
- Cada botón aumenta el diagrama que corresponde al acorde. Ver Ilustraciones 68, 69 y 70 (se pueden comparar los diagramas con los de la Ilustración 9)

*Tabla 44 Caso de prueba CP9 – Fase Pruebas
Fuente: Elaboración propia (2021)*

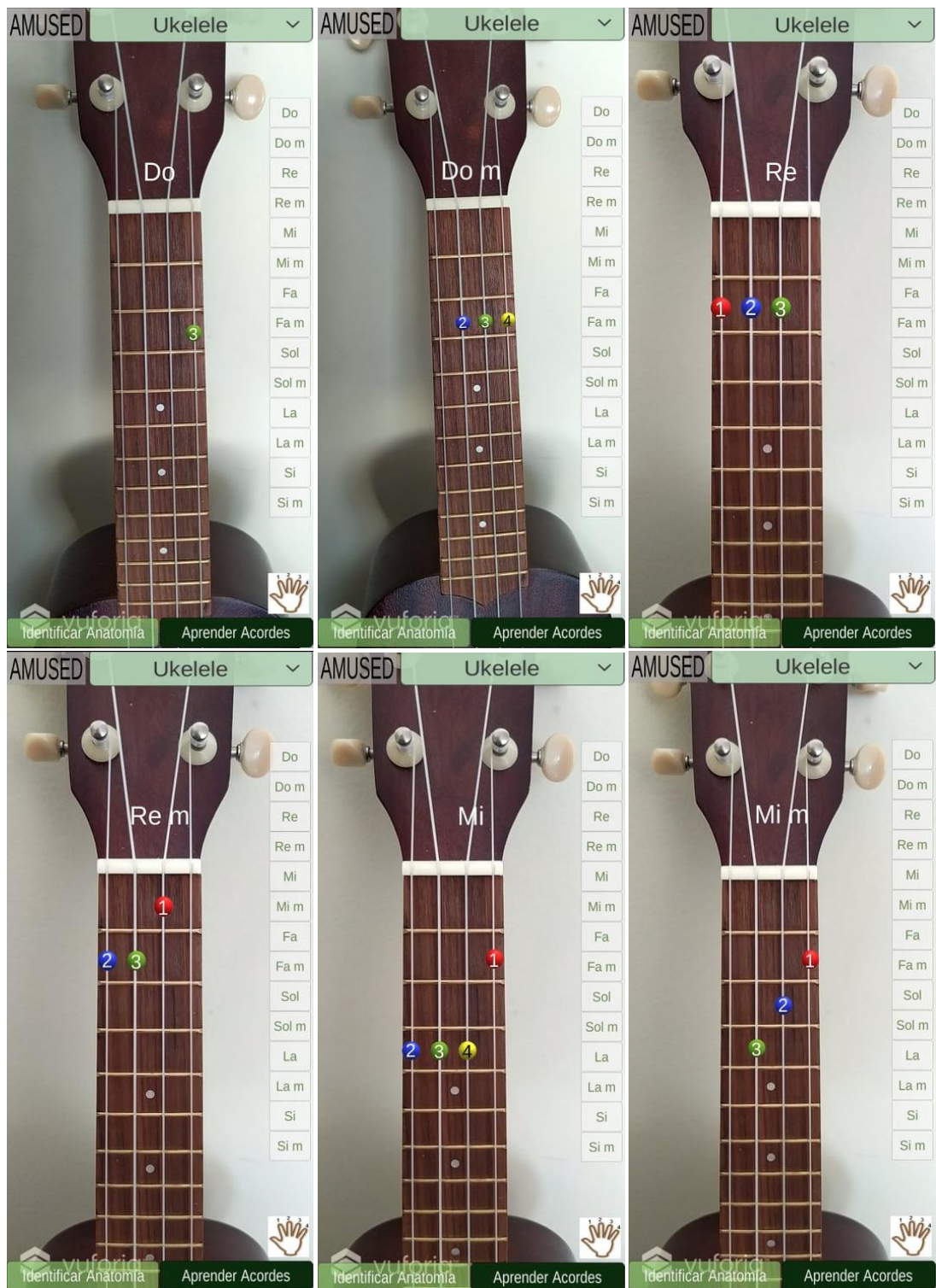


Ilustración 68 Diagramas de acordes de ukelele aumentados (Do - Mi m)
Fuente: Elaboración propia (2021)

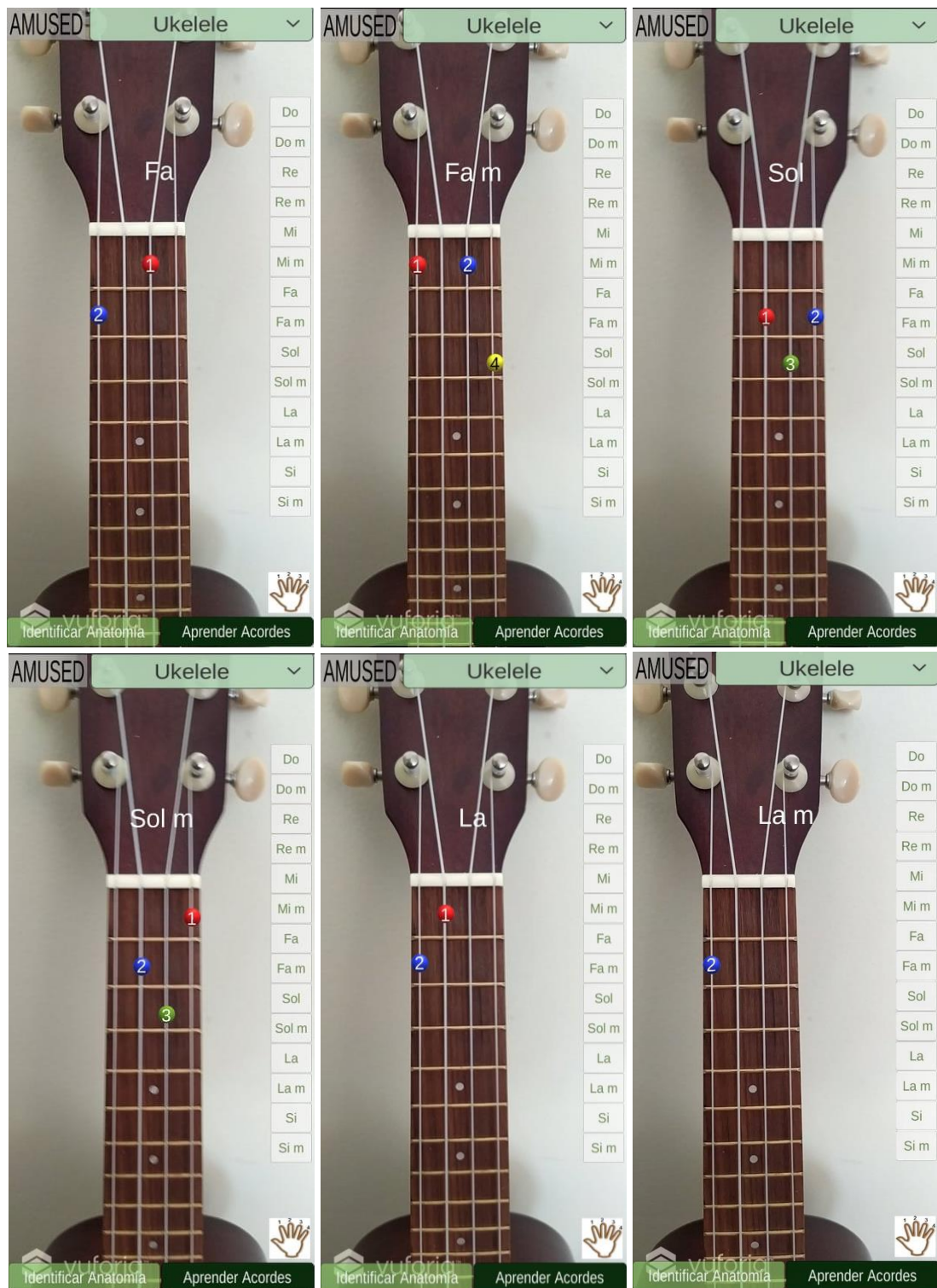
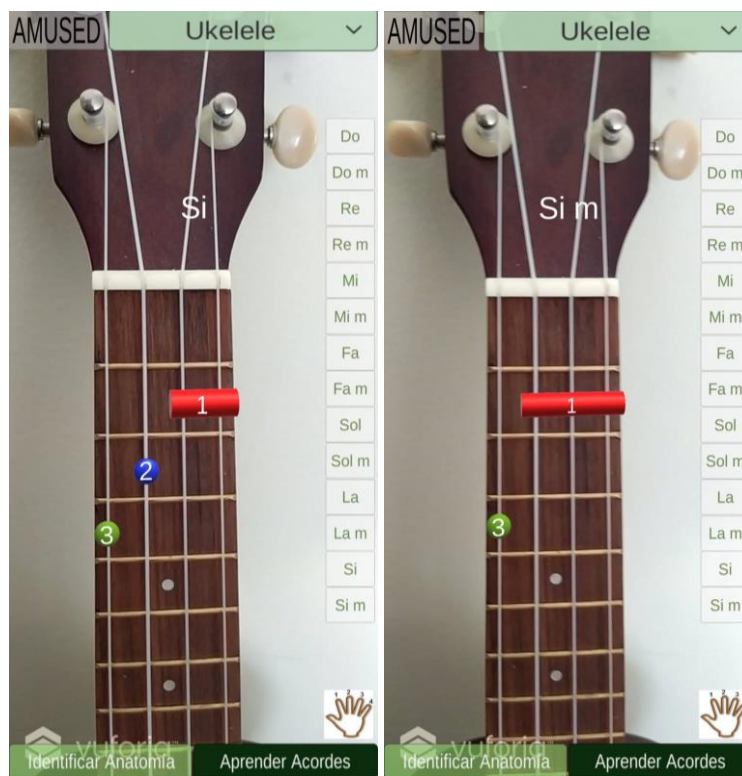
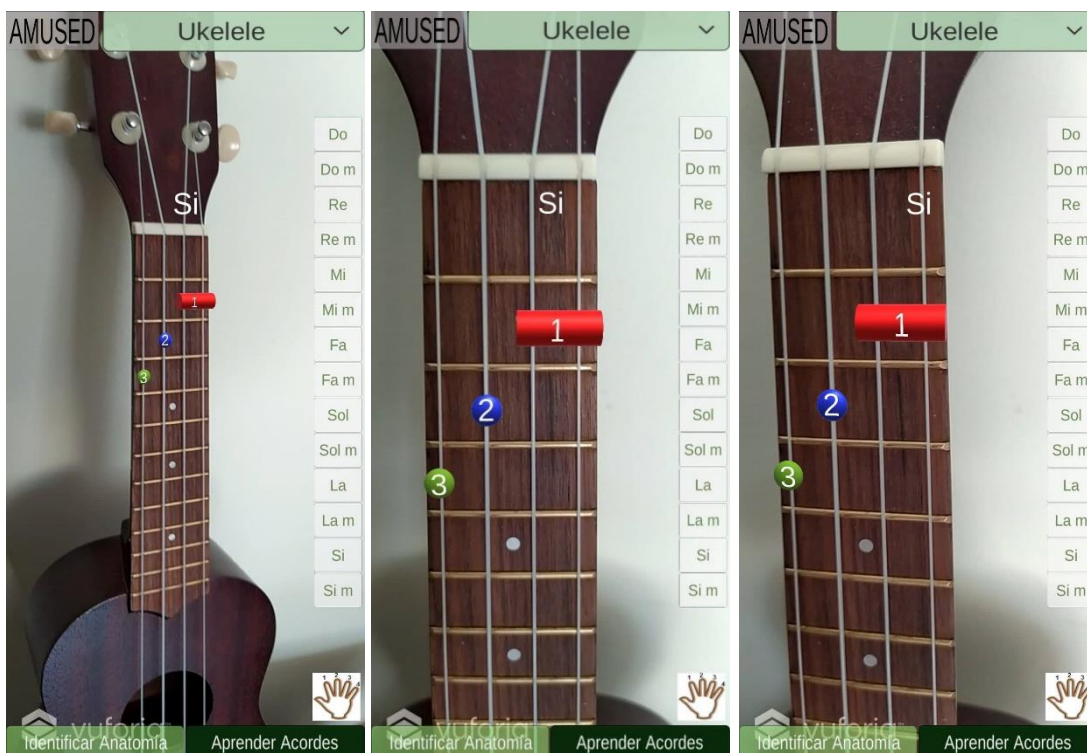


Ilustración 69 Diagramas de acordes de ukelele aumentados (Fa - La m)
Fuente: Elaboración propia (2021)



*Ilustración 70 Diagramas de acordes de ukelele aumentados (Si - Si m)
Fuente: Elaboración propia (2021)*



*Ilustración 71 Movimiento de cámara tras aumento de diagrama en ukelele
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Prueba curso alterno CU6	CP10
<p>Descripción: Mostrar mensaje de recomendaciones y posibles causas de error una vez pasados 30 segundos de desplegar la figura guía de la guitarra</p>	
<p>Prerrequisitos -</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Escoger un acorde del glosario 4. Esperar 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (sin alinear el instrumento) 5. Cerrar el mensaje de recomendaciones 6. Nuevamente esperar 30 segundos sin alinear el instrumento con la figura guía 7. Cerrar el mensaje de recomendaciones 8. Alinear el instrumento con la figura guía 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se muestra mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento) • Se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones • Si se alinea el instrumento con la figura guía, se aumenta el diagrama del acorde correspondiente y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR • Se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara 	
<p>Resultado obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se muestra correctamente el mensaje de recomendaciones tras el tiempo esperado si no se ha reconocido el instrumento. Ver Ilustración 72 • Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones • El mensaje de recomendaciones no se muestra a ningún momento mientras la experiencia de AR está activa • Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera de aparición del mensaje de recomendaciones tras perder de vista el objetivo 	

Tabla 45 Caso de prueba CP10 – Fase Pruebas
Fuente: Elaboración propia (2021)



Ilustración 72 Tiempo de espera para mensaje de recomendaciones en guitarra
Fuente: Elaboración propia (2021)

Prueba curso alterno CU7	CP11
<p>Descripción: Mostrar mensaje de recomendaciones y posibles causas de error una vez pasados 30 segundos de desplegar la figura guía del ukelele</p>	
<p>Prerrequisitos -</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 3. Escoger un acorde del glosario 4. Esperar 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (sin alinear el instrumento) 5. Cerrar el mensaje de recomendaciones 6. Nuevamente esperar 30 segundos sin alinear el instrumento con la figura guía 7. Cerrar el mensaje de recomendaciones 8. Alinear el instrumento con la figura guía 	
<p>Resultado esperado:</p>	

- Se muestra mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento)
- Se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones
- Si se alinea el instrumento con la figura guía, se aumenta el diagrama del acorde correspondiente y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR
- Se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara

Resultado obtenido:

- Se muestra correctamente el mensaje de recomendaciones tras el tiempo esperado si no se ha reconocido el instrumento. Ver Ilustración 73
- Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones
- El mensaje de recomendaciones no se muestra a ningún momento mientras la experiencia de AR está activa
- Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera de aparición del mensaje de recomendaciones tras perder de vista el objetivo

Tabla 46 Caso de prueba CP11 – Fase Pruebas
Fuente: Elaboración propia (2021)

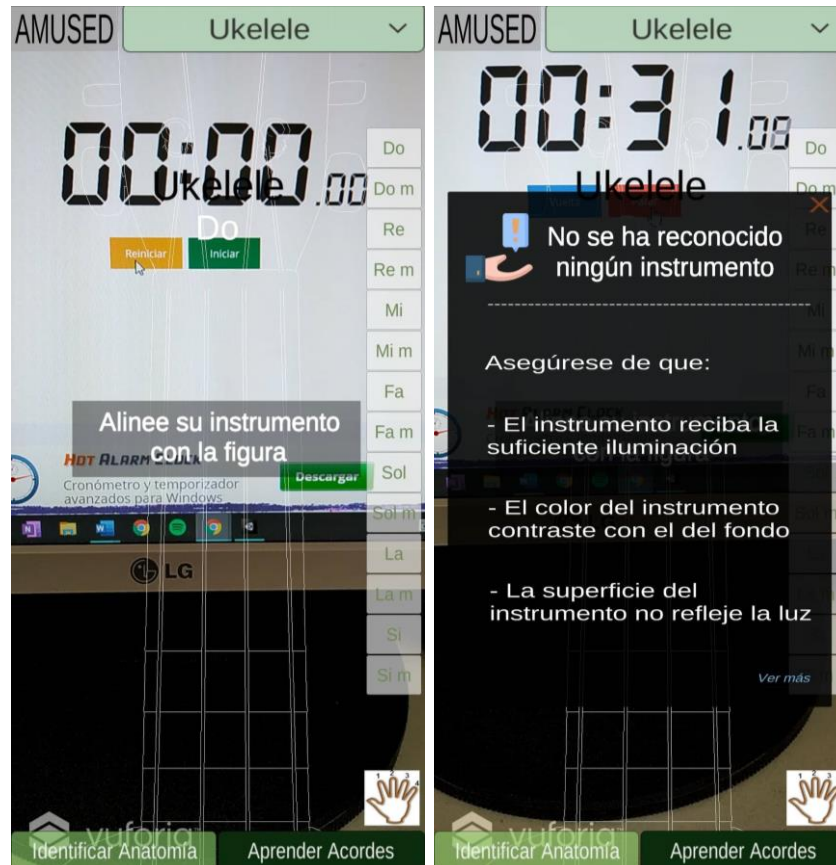


Ilustración 73 Tiempo de espera para mensaje de recomendaciones en ukelele
Fuente: Elaboración propia (2021)

Finalmente, se presentan las pruebas para los requerimientos no funcionales.

Prueba Fiabilidad	CP12
<p>Descripción: La aplicación podrá reconocer mínimo el 70% de modelos de guitarra y ukelele acústicos con buena iluminación y superficies no reflectivas</p>	
<p>Prerrequisitos -</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Alinear 10 guitarras acústicas diferentes con la figura guía, bajo una buena iluminación 4. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 5. Alinear 10 ukeleles acústicos diferentes con la figura guía, bajo una buena iluminación 6. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 7. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable y escoger un acorde cualquiera 8. Alinear 10 guitarras acústicas diferentes con la figura guía, bajo una buena iluminación 9. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable y escoger un acorde cualquiera. 10. Alinear 10 ukeleles acústicos diferentes con la figura guía, bajo una buena iluminación 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De las 10 guitarras acústicas, la aplicación podrá reconocer al menos 7 de ellas en ambas funcionalidades • De los 10 ukeleles acústicos, la aplicación podrá reconocer al menos 7 de ellos en ambas funcionalidades. • De los instrumentos que no reconozcan se debe conocer la causa y esta debe constar en el mensaje de recomendaciones que se presenta al usuario 	
<p>Resultado obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En la primera funcionalidad, la aplicación reconoció las 10 guitarras a las que se les puso a prueba (ver Ilustración 74), aunque dos de ellas (las dos últimas fotos en la Ilustración) tuvieron pequeñas fallas • En la segunda funcionalidad, la aplicación también reconoció las 10 guitarras (ver Ilustración 75), sin embargo en una de ellas tuvo problemas para identificar correctamente los trastes (última foto de la Ilustración). • En la primera funcionalidad, la aplicación reconoció los 10 ukeleles (ver Ilustración 76), aunque en uno de ellos (última foto de la Ilustración) tuvo algunas fallas • En la segunda funcionalidad, la aplicación reconoció los 10 ukeleles sin inconvenientes. Ver Ilustración 77 • Aunque todos los instrumentos fueron reconocidos, las fallas se debieron a las 	

variaciones en la forma típica del instrumento: mayor longitud o menor ancho del diapasón, clavijero más delgado y no rectangular, e importantes diferencias en el diseño y pintura del cuerpo

Tabla 47 Caso de prueba CP12 – Fase Pruebas

Fuente: Elaboración propia (2021)



Ilustración 74 Prueba de fiabilidad de primera funcionalidad en guitarras
Fuente: Elaboración propia (2021)

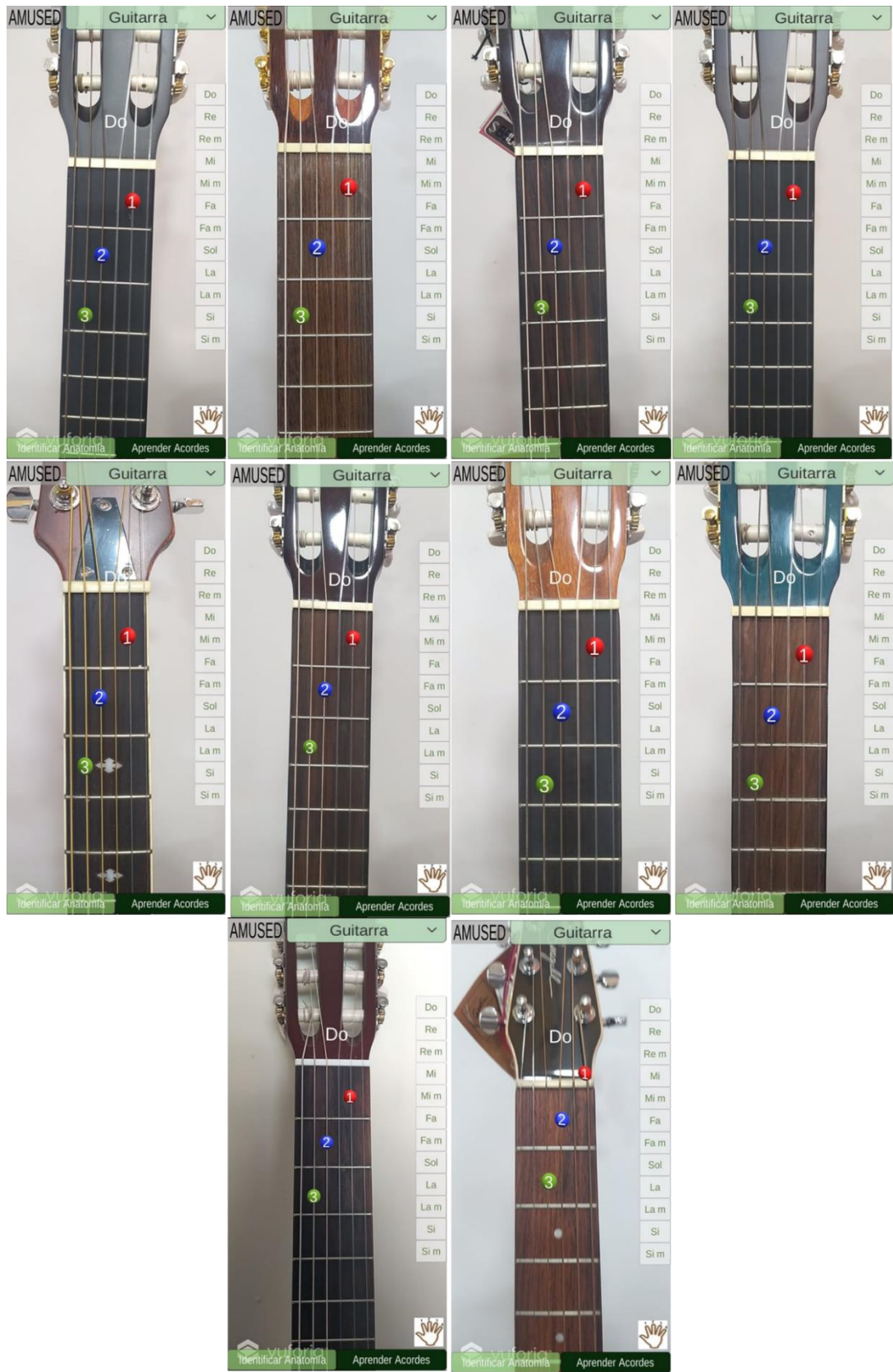


Ilustración 75 Prueba de fiabilidad de segunda funcionalidad en guitarras
Fuente: Elaboración propia (2021)

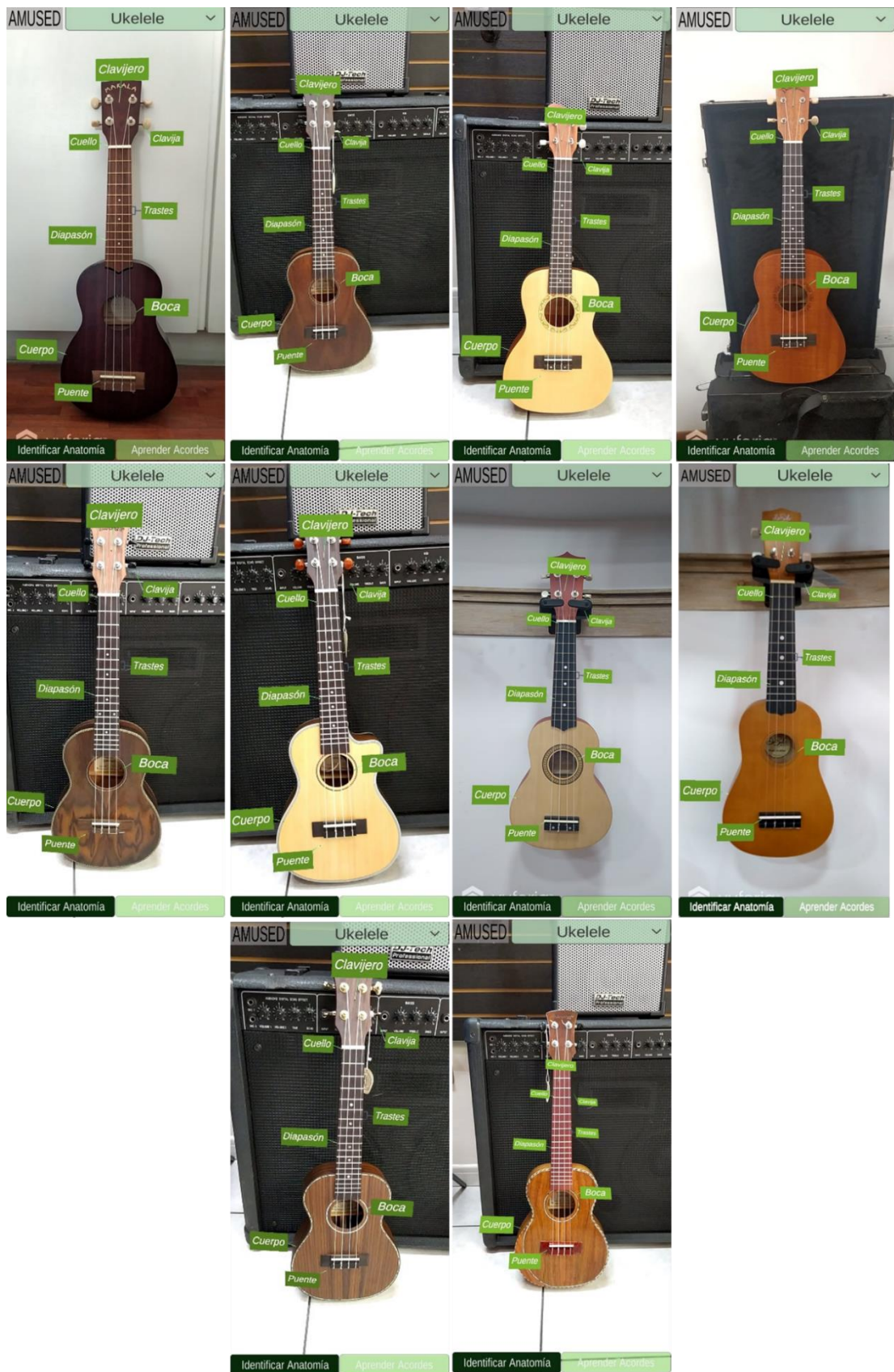


Ilustración 76 Prueba de fiabilidad de primera funcionalidad en ukeleles
Fuente: Elaboración propia (2021)



*Ilustración 77 Prueba de fiabilidad de segunda funcionalidad en ukeleles
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Prueba Eficiencia	CP13
<p>Descripción: La aplicación de debe tardar menos de 1 segundo en reconocer los instrumentos</p>	
<p>Prerrequisitos Conocer los instrumentos que puede reconocer la aplicación en el caso de prueba CP12</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Alinear una guitarra acústica (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación 4. Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía 5. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 6. Alinear un ukelele acústico (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación 7. Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía 8. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 9. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable y escoger un acorde cualquiera 10. Alinear una guitarra acústica (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación 11. Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía 12. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable y escoger un acorde cualquiera 13. Alinear un ukelele acústico (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación 14. Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para ambos instrumentos, la aplicación tarda menos de 1 segundo en reconocerlos en la funcionalidad de Identificar Anatomía • Para ambos instrumentos, la aplicación tarda menos de 1 segundo en reconocerlos en la funcionalidad de Aprender Acordes 	
<p>Resultado obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para la primera funcionalidad, la aplicación tarda alrededor de medio segundo para reconocer ambos instrumentos • Para la segunda funcionalidad, la aplicación tarda alrededor de medio segundo para reconocer ambos instrumentos 	

Tabla 48 Caso de prueba CP13 – Fase Pruebas
Fuente: Elaboración propia (2021)

Prueba Usabilidad	CP14
<p>Descripción: El tiempo de aprendizaje del sistema por el usuario debe ser menor a 2 minutos</p>	
<p>Prerrequisitos Conocer los instrumentos que puede reconocer la aplicación en el caso de prueba CP12</p>	
<p>Pasos: Con 5 sujetos de prueba distintos, realizar lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Entregar la aplicación al nuevo usuario por 2 minutos cronometrados, junto con una guitarra y un ukelele (que se conocen que la aplicación reconoce). La persona tendrá este tiempo para aprender su funcionamiento 2. Finalizado este tiempo, se verifica si el usuario puede realizar las siguientes actividades, calificando cada una entre: No encontró – Tardó en encontrar – Encontró a la primera <ol style="list-style-type: none"> a. Identifique las partes de una guitarra acústica b. Identifique las partes de un ukelele acústico c. Obtenga ayuda para identificar la convención de numeración de dedos de la mano d. Obtenga el diagrama del acorde Do aumentado en una guitarra e. Obtenga el diagrama del acorde Re aumentado en un ukelele 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todos los usuarios obtienen la calificación “Encontró a la primera” en todas las actividades a las que se les sujeta 	
<p>Resultado obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todos los usuarios de prueba obtuvieron la calificación “Encontró a la primera” en todas las actividades propuestas. Ver Anexo G 	

*Tabla 49 Caso de prueba CP14 – Fase Pruebas
Fuente: Elaboración propia (2021)*

Prueba Portabilidad	CP15
<p>Descripción: La aplicación puede ser utilizada en dispositivos móviles con sistema operativo Android mediante la instalación con el archivo APK proporcionado</p>	
<p>Prerrequisitos -</p>	
<p>Pasos: Con 5 dispositivos Android diferentes, realizar lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Descargar el archivo APK con el link de descarga https://drive.google.com/uc?id=1tVI03czwJrFJkIUIZ5Q1Ek5M0eFx56Nu&export=d 	

[ownload](#) o directamente con el instalador

2. Aceptar que el dispositivo instale aplicaciones de esta fuente (si fuera necesario)
3. Instalar la aplicación y probarla

Resultado esperado:

- Para todos los dispositivos Android, el archivo APK se descarga correctamente
- Para todos los dispositivos Android, la aplicación se instala y funciona correctamente

Resultado obtenido:

- En los 5 dispositivos la aplicación se descargó e instaló correctamente. Los teléfonos utilizados para esta prueba fueron:
 - Huawei P30 Lite
 - Xiaomi Mi 8
 - Google Pixel 5
 - Xiaomi Poco x3 NFC
 - Samsung Galaxy A51
- Ver Ilustraciones 78 a 82

Tabla 50 Caso de prueba CP15 – Fase Pruebas
Fuente: Elaboración propia (2021)



Ilustración 78 Descarga e instalación en Huawei P30 Lite
Fuente: Elaboración propia (2021)

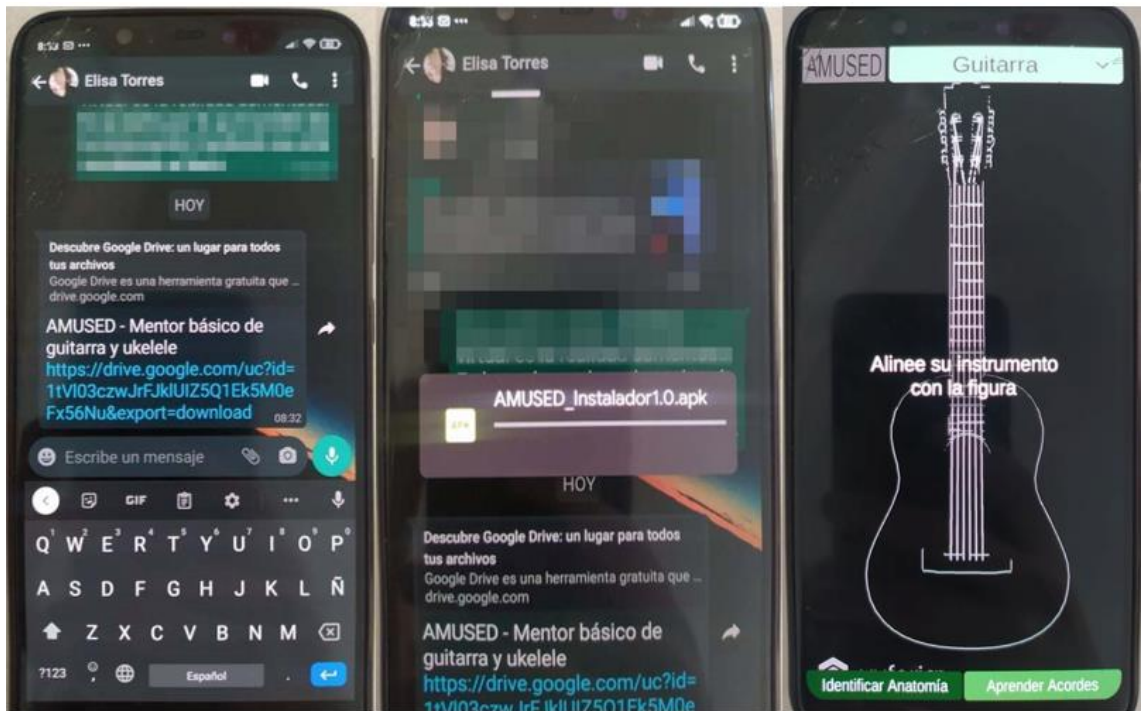


Ilustración 79 Descarga e instalación en Xiaomi Mi 8
Fuente: Elaboración propia (2021)

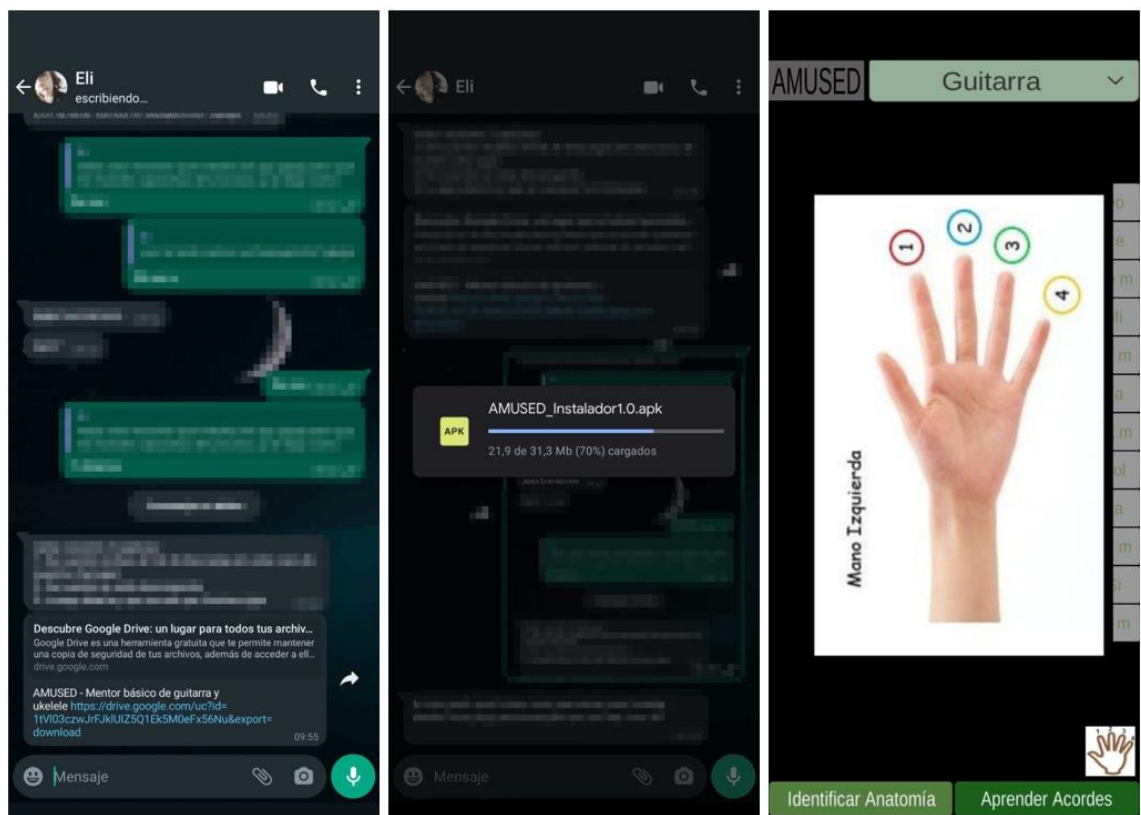
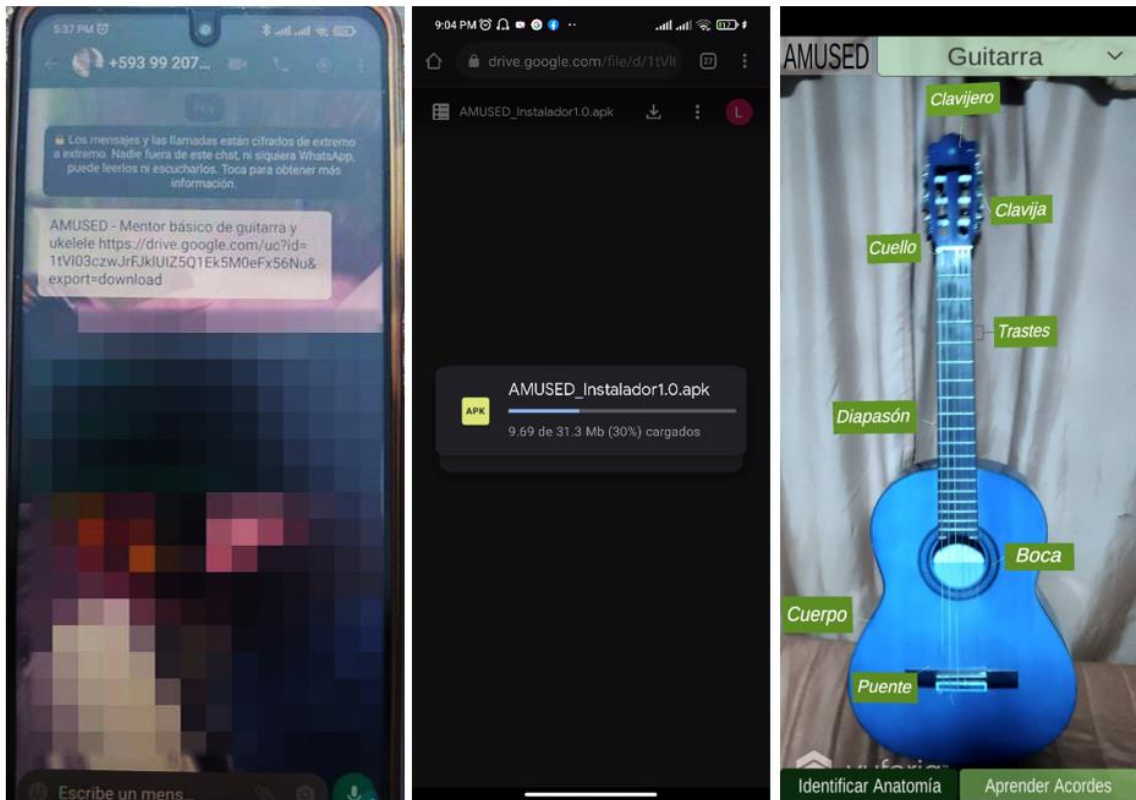
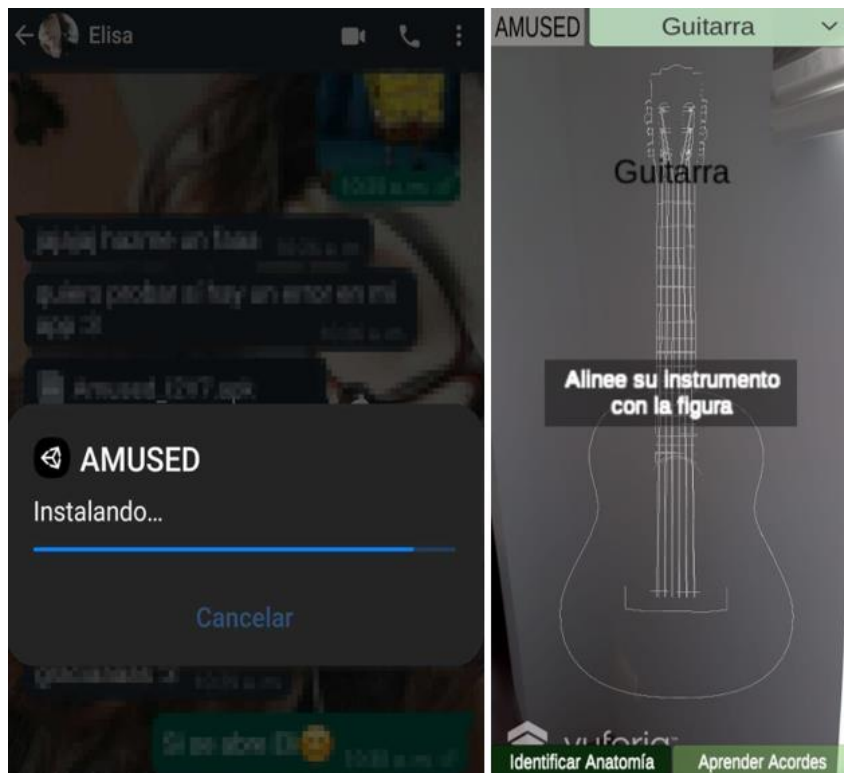


Ilustración 80 Descarga e instalación en Google Pixel 5
Fuente: Elaboración propia (2021)



*Ilustración 81 Descarga e instalación en Xiaomi Poco x3 NFC
Fuente: Elaboración propia (2021)*



*Ilustración 82 Descarga e instalación en Samsung Galaxy A51
Fuente: Elaboración propia (2021)*

3.1.4.5. Despliegue

Se entrega el producto del segundo incremento. Para la aprobación del funcionamiento del producto final se hizo la revisión de los casos de prueba del segundo incremento con el cliente y se obtuvo la retroalimentación respectiva, información contenida en el documento del Anexo H. También se hizo la entrega del manual técnico (Anexo I) y del manual de usuario (Anexo J).

Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- La realidad aumentada no es un concepto reciente, su evolución ha estado atada a los avances en el hardware y poco a poco ha ido teniendo más alcance. Hoy en día la mayoría de personas poseen un teléfono inteligente con cámara que les permite acceder a ella, y con cada nuevo modelo (con mejoras de hardware) las limitaciones de la AR disminuyen. Así, se puede afirmar que esta tecnología es una herramienta con mucho potencial y en indudable crecimiento, que puede sin problema llegar a abarcar mucho más que la educación musical y mejorar una enorme cantidad de experiencias en casi cualquier área de conocimiento.
- Al establecer al inicio de este proyecto el análisis de requerimientos y el diseño generales, se aprecia que la metodología de desarrollo incremental e iterativa (IID) resulta muy efectiva para construir sistemas donde los requisitos están previamente bien definidos, ya que aunque permite hacer cambios fácilmente sobre la codificación y pruebas en cada nuevo incremento, estas dos fases iniciales se plantean de forma global una sola vez y son más costosas de modificar en etapas posteriores. Esta metodología puede permitir el desarrollo paralelo de incrementos, por lo que el análisis y diseño generales son el sustento del proyecto. De esta manera, con requerimientos fijos desde un principio, se avanza rápida y eficientemente sin restringirse a retroalimentaciones a lo largo de su desarrollo.
- Vuforia es una herramienta productiva y completa para trabajar con realidad aumentada. Si bien es cierto que al no tener un entorno de desarrollo propio hace necesario el conocimiento de otra plataforma diferente como es Unity, hace justicia con su facilidad de incorporación al IDE, su amplia documentación, las múltiples funcionalidades para trabajar la AR y sus aplicaciones complementarias (como Model Target Generator) que permiten incluso trabajar con entrenamientos de inteligencia artificial para optimizar la experiencia que se va a brindar al usuario.

4.2. Recomendaciones

- Una metodología de desarrollo con enfoque híbrido es una buena solución para proyectos con requerimientos suficientemente bien definidos y una relación no tan cercana con el cliente, ya que permite avanzar rápidamente por fases consecutivas de una metodología tradicional (aprovechando que no son necesarios cambios importantes en los requerimientos) sin perder la capacidad de retroalimentación y corrección que tienen las metodologías ágiles para hacer cambios sugeridos por el cliente o por el mismo desarrollador. Sin embargo, en desarrollos de una sola vez como es este trabajo, se recomienda inclinarse más por una metodología ágil, ya que las metodologías como IID no suelen estar estandarizadas y finalmente no resultan eficientes si no se va a reutilizar la sistemática creada.
- Es importante mantener una comunicación constante con el cliente a lo largo del desarrollo del proyecto para asegurarse que todo marcha correctamente. En este caso, en las pruebas de aceptación de cada incremento el cliente pudo aprobar y dar su retroalimentación sobre el entregable, haciendo que se consigan hacer correcciones a tiempo y que el cliente se encuentre satisfecho con el avance. Junto con esto, se aconseja documentar con firma cualquier tipo de acuerdo o aprobación para tener constancia de que ambas partes están al tanto de dicha información, sobre todo con el objetivo de evitar posibles malentendidos a futuro.
- La utilización de Model Targets para el reconocimiento de los instrumentos musicales tardó más de lo esperado por menospreciar el proceso de selección del modelo tridimensional. En la web hay una gran variedad de modelos y se recomienda tomarse todo el tiempo necesario para asegurar que se escoge el que mejor se ajusta al propósito, tomando en cuenta el número de partes que posee (muy pocas aminoran la probabilidad de reconocimiento pero demasiadas ralentizan el programa), el tamaño (debe asemejarse mucho al real), la forma (necesariamente muy parecida al objeto físico) y el formato en el que se descarga (que sea compatible con la herramienta de generación de Model Targets). Esto ahorrará mucho tiempo al momento de generar los

modelos como marcadores 3D y evitará la mayoría de errores que pueden surgir con el reconocimiento del objeto.

Glosario

A

Acelerómetro

“Dispositivo que mide la vibración o la aceleración del movimiento de una estructura.” (Omega.com, 2021) 7

Acorde

Combinación de al menos tres notas que produce un sonido armónico. 14

Afinar

Poner en el tono justo a un instrumento musical. 12

Android Studio

Es el entorno de desarrollo integrado oficial para aplicaciones Android, basado en los lenguajes Kotlin, Java y C++. 21, 22

API

Siglas para Application Programming Interface o interfaz de programación de aplicaciones en español. Es un 20

ARKit

Plataforma para desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada en dispositivos Apple. 20

Aumentar

En este contexto se refiere a aumentar la realidad con elementos virtuales. 42

C

Cámara

En ambientes de desarrollo tridimensional, una cámara es un dispositivo (virtual) que captura el mundo creado y lo muestra al jugador o desarrollador. En una escena se puede tener una cantidad ilimitada de cámaras que determinarán que partes, tamaños y perspectivas del mundo se visualizarán. (Unity Technologies, 2016) 27

Cordova

Entorno de desarrollo de aplicaciones móviles Android, iOS y Windows con HTML, CSS y JavaScript. (Apache.org, 2012) 24

E

Entregable

“Es cualquier producto medible y verificable que se elabora para completar un proyecto o parte del mismo [...]. Los entregables ayudan a comprobar el avance del trabajo en el proyecto para ser monitoreado”. (Gómez, n.d.) 31

F

Flutter

Kit de herramientas para el desarrollo de aplicaciones nativas Android, iOS y Web. (Flutter.dev, 2021) 24

Fotogrametría

Técnica que utiliza la intersección de fotografías para obtener medidas confiables de objetos o entornos físicos. (CNR, 2019) 8

G

Giroscopio

Componente que dentro de un dispositivo es capaz de determinar su orientación mediante un sistema de movimiento rotatorio. (Linares, 2016) 7

H

Hito

En gestión de proyectos es un punto específico dentro del ciclo de vida que marca un evento importante, generalmente la finalización de una fase, que suele venir acompañado de documentación y se utiliza para llevar el progreso del proyecto. 33

HMDs

Siglas para Head Mounted Display que en español se traduce como pantallas montadas en la cabeza, y hacen referencia a dispositivos similares a cascos o gafas que se colocan frente a los ojos y son capaces de reproducir aplicaciones de realidad virtual, realidad mixta o realidad aumentada. Un ejemplo de HMD es Microsoft HoloLens 19

I

IEEE 830

"El estándar IEEE 830-1998 para el SRS(en inglés) o ERS (Especificación de requerimientos de software) es un conjunto de recomendaciones para la especificación de los requerimiento o requisitos de software el cuál tiene como producto final la documentación de los acuerdos entre el cliente y el grupo de desarrollo para así cumplir con la totalidad de exigencias estipuladas." 38

L

Lenguajes de marcado

Es una forma de codificar un documento donde, junto con el texto, se incorporan etiquetas con información adicional relativa a la estructura del texto o su formato de presentación. (Morales, 2018) 2

Lumin

Lumin es una pantalla táctil tipo Tableta diseñada para ser muy intuitiva y simple, dirigida especialmente hacia personas mayores. (Lumin Health, 2020) 20

M

m

La m minúscula es una abreviación utilizada en música para “menor”80, 81, 82

MonoBehaviour

Es una clase base de Unity de la cual derivan todos los scripts creados en C#, brindando una plantilla para que las clases tengan métodos como Start y Update, y tengan la capacidad de anclarse a objetos en el editor de este programa. 50

Motion Hint

Motion Hint es una propiedad de Vuforia que define si el Model Target va a ser o no estático, con el objetivo de adaptar y optimizar los procesos de reconocimiento y seguimiento para una mayor robustez..... 28

Multi-target

Es una técnica de rastreo para realidad aumentada en la que se combinan varias imágenes en una estructura geométrica definida, lo que permite detectar un objeto desde cualquier ángulo de visión. 20

Multitouch

Capacidad de un dispositivo de reconocer más de un estímulo táctil simultáneamente. (Linowes & Babilinski, 2017) 6

P

Pisar

Se dice pisar a presionar el dedo contra una cuerda sobre el diapasón. 13

Prefab

Cuando un objeto de Unity se lo añade como Prefab este actúa como una plantilla, el cual se puede instanciar múltiples veces, adquiriendo como base las características y propiedades originales. 68

Puntear

Apoyarse o tirar de una cuerda para que emita su sonido..... 13

R

Realidad Mixta

Es una tecnología que mezcla realidad virtual con realidad aumentada, creando un modelo 3D del mundo físico y superponiendo objetos virtuales sobre él. (Editeca, 2018) 19

Realidad Virtual

Este tipo de tecnología es una experiencia completamente inmersiva en donde el usuario se inserta en un mundo completamente virtual 4

S

SDK

Un kit de desarrollo de software es un conjunto de herramientas que permiten el desarrollo de aplicaciones específicas para una plataforma de hardware o sistema operativo, generalmente ofrecido por su fabricante. (Redhat.com, 2021) 3

SLAM

Siglas para Simultaneous Localization And Mapping, traducido al español como localización y mapeo simultáneo. 10

T

Timbre

Cualidad de un sonido que permite distinguirlo de otro de igual frecuencia e intensidad. 17

Tocar al aire

Tocar al aire hace referencia a tocar una o varias cuerdas sin apoyar los dedos sobre ningún traste. 13

Tono

“Cualidad de los sonidos, dependiente de su frecuencia, que permite ordenarlos de graves a agudos” (RAE & ASALE, 2020) 14

Triangulación

Es una técnica geométrica que divide un plano uniformemente en triángulos mediante la partición recursiva de una figura en dos triángulos iguales..... 10

U

UML

Unified Modeling Language o lenguaje de modelado unificado en español, es un lenguaje estándar de diagramado orientado a objetos, usado para especificar, visualizar, construir y documentar un sistema de información. (Milovančević, y otros, 2019)..... 34

Unity

Plataforma gratuita de desarrollo de videojuegos y otras experiencias interactivas en 2D y 3D, compatible con C#. Con las versiones disponibles Unity Professional o Unity Pro, se puede desarrollar aplicaciones para una gran cantidad de plataformas entre las que se encuentran21, 24, 25

Unreal

Plataforma de desarrollo de videojuegos 3D basada en el lenguaje C++. 23

UWP

Siglas para Universal Windows Platform o plataforma universal de Windows en español. Las aplicaciones UWP son aquellas que se ejecutan en cualquier dispositivo Windows como PCs, Xbox, HoloLens, etc., y se pueden encontrar en su tienda oficial. (Microsoft.com, 2021)..... 19

V

Visual Studio

Entorno de desarrollo integrado compatible con varios lenguajes de programación como C# y C++. 21

X

Xcode

Entorno de desarrollo integrado para aplicaciones de dispositivos Apple, compatible con lenguajes como Objective-C y Swift principalmente. 21, 22

Bibliografía

- Agustina, W. W., Sumarto, S., & Trisno, B. (2019). Augmented reality based on stem for supporting science literacy in vocational education. *Annual Conference of Science and Technology 30 August 2018*. Malang: IOP Publishing Ltd.
- Alexander, M. (5 de octubre de 2020). *CIO*. Obtenido de Agile vs. waterfall: Project methodologies compared: <https://www.cio.com/article/3584559/agile-vs-waterfall-project-methodologies-compared.html>
- Apache.org*. (2012). Obtenido de Apache Cordova: <https://cordova.apache.org/>
- Assemblr Team. (2019). 3 Different Types of Augmented Reality (AR). *Assemblr Blog*, <https://blog.assemblrworld.com/3-different-types-of-marker/>.
- Caicedo Comenares, E. Y. (agosto de 2012). *Manual Técnico*. Obtenido de SOFTWARE DE ADMINISTRACIÓN PARA LA GESTIÓN DE CASOS DEL COMITÉ DE ASUNTOS ESTUDIANTILES DE LA UNAD GC-CAE: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/1784/MANUAL%20TECNICO.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- CNR. (8 de abril de 2019). *Centro Nacional de Registros*. Obtenido de Fotogrametría Centro Nacional de Registros: <https://www.cnr.gob.sv/fotogrametria/>
- Cobb, C. (27 de febrero de 2017). *Agile Project Management*. Obtenido de Agile Project Management Training: <https://managedagile.com/practical-ways-project-planning/>
- Editeca. (31 de enero de 2018). *Editeca*. Obtenido de Realidad mixta – ¿Qué es y qué oportunidades nos ofrecerá?: <https://editeca.com/realidad-mixta/#:~:text=Mientras%2C%20la%20realidad%20aumentada%20supone,f%C3%ADsico%20con%20el%20mundo%20digital.>
- Edwards-Stewart, A., Hoyt, T., & Reger, G. (2016). Classifying different types of augmented reality technology. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 199-202.
- Flutter.dev*. (2021). Obtenido de Flutter - Beautiful native apps in record time: <https://flutter.dev/>
- funnYD. (s.f.). *Manual Técnico del Sistema funnYD*. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6089/Manua>

1%20T%C3%A9cnico%20del%20Sistema%20funnyD.pdf?sequence=3&isAllowed=y

- Garzón Merino, J. (julio de 2017). *Desarrollo de un videojuego en un entorno móvil con Unity3D [The Dark World - The Age Of Darkness]*. Obtenido de Universidad de Valladolid: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/24495/TFG-B%201042.pdf;jsessionid=53636C4280EB1BCDACD4B83BA3EBB6BD?sequence=1>
- Gill, A. Q., Henderson-Sellers, B., & Niazi, M. (2018). Scaling for agility: A reference model for hybrid traditional-agile software development methodologies. *Information Systems Frontiers*, 315-341.
- Goás, C. (5 de abril de 2017). ¿Sabes cuáles son los instrumentos musicales más populares y económicos? *Mundiario*. Obtenido de <https://www.mundiario.com/articulo/economia/cuales-son-instrumentos-musicales-mas-populares-asequibles-todos-bolsillos/20170405101916084776.html>
- Gómez, J. C. (s.f.). *Consejo Nacional de Evaluación y Fomento de Proyectos Artísticos Culturales (CONAEF)*. Obtenido de Material Entregable: <https://www.fondosdeincentivocultural.gub.uy/innovaportal/file/46078/1/material-entregable.pdf>
- Google Developers. (2019). Obtenido de Dispositivos compatibles con ARCore | Google Developers: <https://developers.google.com/ar/discover/supported-devices>
- Google Developers. (2021). Obtenido de Cloud Anchors overview for Android | ARCore | Google Developers: <https://developers.google.com/ar/develop/java/cloud-anchors/overview-android?hl=en>
- Guitarraviva. (27 de marzo de 2020). *Acordes básicos de guitarra - Guitarraviva*. Obtenido de Guitarraviva: <https://www.guitarraviva.com/tutoriales/acordes-basicos-guitarra-y-diagramas/>

- Herpich, F., Martins, L., & Margarida, L. (2017). A Comparative Analysis of Augmented Reality Frameworks Aimed at the Development of Educational Applications. *ResearchGate*.
- IBM Corp. (2021). *Cgr.go.cr*. Obtenido de Introduction to RUP: https://cgrw01.cgr.go.cr/rup/RUP/SmallProjects/core.base_rup/guidances/supportingmaterials/introduction_to_rup_36B63436.html
- IBM Corp. (2021). *Cgr.go.cr*. Obtenido de Key Principles For Business-Driven Development: https://cgrw01.cgr.go.cr/rup/RUP/SmallProjects/core.base_rup/customcategories/key_business_driven_development_principles_B4EF3701.html
- Icesi.edu.co*. (15 de octubre de 2010). Obtenido de SRS / ERS Especificación de requerimientos de software [Wiki LISA]: https://www.icesi.edu.co/departamentos/tecnologias_informacion_comunicaciones/proyectos/lisa/home/analisis/srs/srs
- Ierache, J., Mangiarua, N. A., Bevacqua, S. A., Verdicchio, N. N., Becerra, M. E., Sanz, D. R., . . . Igarza, S. (2015). Development of a Catalogs System for Augmented Reality Applications. *International Journal of Compute, Control, Quantum and Information Engineering*, 9(1). Obtenido de https://repositoriocyt.unlam.edu.ar/bitstream/123456789/431/1/c168_1.pdf
- Isaias, P., & Issa, T. (2015). *High Level Models and Methodologies for Information Systems*. New York: Springer.
- ITM Platform | Projects, Programs & Portfolio*. (24 de enero de 2018). Obtenido de Las metodologías híbridas para adoptar principios ágiles - ITM Platform: <https://www.itmplatform.com/es/blog/las-metodologias-hibridas-para-adoptar-principios-agiles/>
- Jackson, E. (2008). *El manual para tocar la guitarra* (2 ed.). Barcelona: Grupo Robin Book.
- Jump-videogames. (26 de agosto de 2020). *YouTube*. Obtenido de Solución Camara RA Desenfocada - Unity3D + Vuforia: <https://www.youtube.com/watch?v=fxgkHWMLPbo>

King, J., & Tranquada, J. (2012). *The 'Ukulele: A History*. University of Hawaii Press.
 Obtenido de <https://evols.library.manoa.hawaii.edu/bitstream/10524/382/JL37007.pdf>

Kramer, M. (2018). Best Practices in Systems Development Lifecycle: An Analyses Based on the Waterfall Model. *Review of Business & Finance Studies*, 77-84.

LaCarne Magazine. (16 de agosto de 2019). *¿Cuántos tipos de guitarra existen?*
 Obtenido de <https://lacarnemagazine.com/cuantos-tipos-de-guitarra-existen/>

Lanham, M. (2018). *Learn ARCore - Fundamentals of Google ARCore*. Birmingham - Mumbai: Packt.

Linares, I. (4 de julio de 2016). *El Androide Libre*. Obtenido de El giroscopio y su importancia en un móvil Android: <https://elandroidelibre.elespanol.com/2016/07/giroscopio-movil-android.html>

Linowes, J., & Babilinski, K. (2017). *Augmented Reality for Developers*. Birmingham, Mumbai: Packt Publishing.

Lopes, T. (15 de mayo de 2021). *GRABCAD*. Obtenido de <https://grabcad.com/library/acoustic-guitar-64>

Lumin Health. (30 de noviembre de 2020). Obtenido de Lumin - One touch video & phone calls + emergency alert button for seniors.: <https://mylumin.org/>

Manual del usuario (Académicos). (s.f.). Obtenido de <https://dsia.uv.mx/sirei/Download/manual/manualacademicos.pdf>

Martin. (8 de junio de 2013). *Diagrama de acordes de guitarra explicado para principiantes*. Obtenido de Guitarra desde Cero: <https://guitarradesdecero.com/diagrama-de-acordes-explicado/>

Microsoft.com. (2021). Obtenido de UWP Documentation - UWP app developer - UWP applications: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/uwp/>

Milovančević, M., Marinović, J. S., Nikolić, J., Kitić, A., Shariati, M., Trung, N. T., . . . Khorami, M. (2019). UML diagrams for dynamical monitoring of rail vehicles. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 531.

Morales, R. (25 de noviembre de 2018). *Qué son los lenguajes de marcas*. Obtenido de Ticarte.com: [https://www.ticarte.com/contenido/que-son-los-lenguajes-de-marcas#:~:text=Un%20Lenguaje%20de%20Marcas%20\(Markup,o%20su%20formato%20de%20presentaci%C3%B3n](https://www.ticarte.com/contenido/que-son-los-lenguajes-de-marcas#:~:text=Un%20Lenguaje%20de%20Marcas%20(Markup,o%20su%20formato%20de%20presentaci%C3%B3n).

- Morcillo Marín, J. (2018). “ORB-SLAM2 vs ARCore, Comparativa y extensión”.
Universidad Miguel Hernández de Elche.
- Muñoz Sajama, M., Cornejo Mejías, R., Aracena Pizarro, D., & Navarrete Álvarez, M. (2018). Una aplicación de Realidad Aumentada para recorrer. *Ingeniare*, 65-76.
- Ojeda Escobar, W. (2021). *Estudio de SDK de realidad aumentada (Vuforia, Wikitude y ARToolKit) para el reconocimiento de objet target basado a la escala y distancia en dispositivos móviles con sistemas operativos Android*. Obtenido de Universidad Técnica del Norte.
- Omega.com.* (2021). Obtenido de Acelerómetro | Omega engineering:
<https://es.omega.com/prodinfo/acelerometro.html>
- Oufqir, Z., El Abderrahmani, A., & Satori, K. (9-11 de junio de 2020). ARKit and ARCore in serve to augmented reality. *2020 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV)*. Fez, Marruecos: IEEE.
- Pérez Paz, J. (4 de agosto de 2015). *Plantilla de Informe de Test de Usabilidad*. Obtenido de <http://www.jeronimoperez.com/blog/disenio-web/plantilla-de-informe-de-test-de-usabilidad/>
- Pmoinformatica.com.* (2018). Obtenido de Documento de requerimientos de software:
http://www.pmoinformatica.com/2018/04/documento-de-requerimientos-de-software_37.html
- pmoinformatica.com.* (16 de abril de 2018). *Pmoinformatica.com*. Obtenido de Documento de requerimientos de software:
http://www.pmoinformatica.com/2018/04/documento-de-requerimientos-de-software_37.html
- Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. (2008 de agosto). *Manual de Usuario - Vinculación de Empresas*. Obtenido de <https://www.javeriana.edu.co/documents/10179/56863/MANUAL+DE+USUARIO+VINCULACION+DE+EMPRESAS.pdf/020751e5-5304-4f59-b7d2-116cfd1c0835>
- Ptc.com.* (2016). Obtenido de Vuforia Studio Help:
http://support.ptc.com/help/vuforia/studio/en/index.html#page/Studio_Help_Center/WidgetModelTarget.html

- ptc.com*. (2020). Obtenido de Vuforia Engine pricing | PTC:
<https://www.ptc.com/en/products/vuforia/vuforia-engine/pricing>
- RAE & ASALE. (2020). «*Diccionario de la lengua española*» - Edición del Tricentenario. Obtenido de Diccionario de la lengua española RAE - ASALE:
<https://dle.rae.es/tono>
- Ramírez Vique, R. (2019). *Métodos para el desarrollo de aplicaciones móviles*. Barcelona: Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya. Obtenido de Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya.
- Redhat.com*. (2021). Obtenido de ¿Qué es un SDK?:
<https://www.redhat.com/es/topics/cloud-native-apps/what-is-SDK>
- Redhat.com*. (2021). Obtenido de ¿Qué es una API?:
<https://www.redhat.com/es/topics/api/what-are-application-programming-interfaces#:~:text=Una%20API%20es%20un%20conjunto,interfaz%20de%20oprogramaci%C3%B3n%20de%20aplicaciones>.
- Requerimientos no funcionales: Ejemplos*. (2015). Obtenido de pmoinformatica.com:
<http://www.pmoinformatica.com/2015/05/requerimientos-no-funcionales-ejemplos.html>
- Reyes-Delgado, P. Y., Mora, M., Duran-Limon, H. A., Rodríguez-Martínez, L. C., O'Connor, R. V., & Mendoza-Gonzalez, R. (2016). The strengths and weaknesses of software architecture design in the RUP, MSF, MBASE and RUP-SOA methodologies: A conceptual review. *Computer Standards & Interfaces*.
- Rigueros Bello, C. (2017). La realidad aumentada: lo que debemos conocer. *TIA*, 257-261. Obtenido de
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/11278/pdf>
- Rodriguez, G. (5 de noviembre de 2019). *Acordes De Ukelele*. Obtenido de Deukelele:
<https://deukelele.com/acordes-de-ukelele/>
- Salazar Fierro, F. A., Pineda Manosalvas, C. A., Arciniega Hidrobo, S. R., & Cervantes Rodríguez, N. N. (2019). Comparativa técnica de herramientas para realidad aumentada: wiktitude, vuforia y artoolkit. *Axioma*, 89-96.

- Salve, S. M., Samreen, S. N., & Khatri-Valmik, N. (2018). A Comparative Study on Software Development Life Cycle Models. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 696-700.
- Sánchez Domínguez, C. (junio de 2019). *Trabajo de Fin de Grado: El ukelele como instrumento escolar*. Obtenido de Universidad de Valladolid: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/39579/TFG-G3942.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Shaikh, S., & Abro, S. (2019). Comparison of Traditional and Agile Software Development Methodology: A Short Survey. *International Journal of Software Engineering and Computer Systems*, 1-14.
- Solano Fernández, E., & Porras Alfaro, D. (2020). El modelo iterativo e incremental para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada Amón_RA. *Tecnología en marcha*, 165-177.
- Team JACT Software. (7 de abril de 2004). *Detailed-Level Design*. Obtenido de http://www.se.rit.edu/~jact/documents/design/DL_Design.pdf
- Unity Technologies. (2016). *Unity3d.com*. Obtenido de Unity - Manual: Cámara: <https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/class-Camera.html>
- Unity Technologies. (2020). *Unity3d.com*. Obtenido de Unity - Manual: Android Player settings: <https://docs.unity3d.com/Manual/class-PlayerSettingsAndroid.html>
- Unity.com*. (2016). Obtenido de UI Text / TextMesh is blurred [Unity 4.6-5.3.5f] - Unity Answers: <https://answers.unity.com/questions/1226551/ui-text-is-blurred-unity-535f.html>
- Unity3d.com*. (2017). Obtenido de Unity - Manual: Vuforia SDK overview: <https://docs.unity3d.com/2017.2/Documentation/Manual/vuforia-sdk-overview.html>
- Unity3Dtutorial*. (12 de noviembre de 2015). Obtenido de Diagrama de clases: <https://unity3dtutorial.wordpress.com/2015/11/12/diagrama-de-clases/>
- Universidad de Chile. (s.f.). *Modelo de Test de Usuario*. Obtenido de <http://web.uchile.cl/DctosIntranet/05UsabilidadExperienciaUsuario/HerramientasTesteo/ModeloTestUsuario.docx.pdf>

- Vuforia Studio Help.* (2016). Obtenido de ptc.com:
http://support.ptc.com/help/vuforia/studio/es/index.html#page/Studio_Help_Center/common/ViewSupportedReq.html
- Vuforia.com.* (2011). Obtenido de Vuforia Engine Overview | VuforiaLibrary:
<https://library.vuforia.com/features/overview.html>
- Vuforia.com.* (2011). Obtenido de Getting Started | VuforiaLibrary:
<https://library.vuforia.com/>
- Vuforia.com.* (2011). Obtenido de Multi Targets | VuforiaLibrary:
<https://library.vuforia.com/features/images/multi-target.html>
- Vuforia.com.* (2011). Obtenido de VuMark | VuforiaLibrary:
<https://library.vuforia.com/features/objects/vumark.html>
- Vuforia.com.* (2011). Obtenido de How to Create a Model Target | VuforiaLibrary:
<https://library.vuforia.com/articles/Solution/how-to-create-model-target.html>
- Vuforia.com.* (2011). Obtenido de Model Targets Supported Objects & CAD Model Best Practices | VuforiaLibrary:
<https://library.vuforia.com/articles/Solution/model-targets-supported-objects.html>
- Vuforia.com.* (2011). Obtenido de Optimizing Model Target Tracking | VuforiaLibrary:
<https://library.vuforia.com/features/objects/model-targets/tracking-modes.html#tracking-mode>
- Vuforia.com.* (2017). Obtenido de Recommended Devices | VuforiaLibrary:
<https://library.vuforia.com/platform-support/vuforia-engine-recommended-devices.html>
- Vuforia.com.* (2018). Obtenido de Deactivate/Activate Datasets for Model target | Vuforia Developer Portal:
<https://developer.vuforia.com/forum/unity/deactivateactivate-datasets-model-target?sort=2>
- Vuforia.com.* (2019). Obtenido de Listener for when Vuforia has initialized successfully? | Vuforia Developer Portal:
<https://developer.vuforia.com/forum/unity/listener-when-vuforia-has-initialized-successfully>

- Vuforia.com.* (2021). Obtenido de Unity API Reference: ModelTargetBehaviour Class Reference:
https://library.vuforia.com/sites/default/files/references/unity/classVuforia_1_1ModelTargetBehaviour.html
- Wade, G. (2012). *Traditions of the Classical Guitar*. London: Oneworld Classics.
- Wikitude. (9 de julio de 2020). *YouTube*. Obtenido de Object Recognition and Tracking Augmented Reality - powered by Wikitude:
<https://www.youtube.com/watch?v=nm-2oN3Mv9U>
- Wikitude.* (16 de febrero de 2021). Obtenido de Wikitude Store: Find Best Pricing for your Augmented Reality Experiences.: <https://www.wikitude.com/store/>
- Wikitude.com.* (2020). Obtenido de Wikitude SDK Documentation:
<https://www.wikitude.com/documentation/>
- Wikitude.com.* (2021). Obtenido de Concepts and Definitions | Wikitude Documentation - Expert Edition:
<https://www.wikitude.com/external/doc/expertedition/Concepts.html#recognition>
- Wrike.com.* (2021). Obtenido de ¿Qué es un hito en gestión de proyectos?:
<https://www.wrike.com/es/project-management-guide/faq/que-es-un-hito-en-gestion-de-proyectos/>
- Zumba Gamboa, J. (2018). Evolución de las Metodologías y Modelos utilizados en el Desarrollo de Software. *INNOVA Research Journal*, 20-33.

Anexos

Anexo A. Plantilla de Documento de Requerimientos de Software

La plantilla utilizada para la obtención y descripción de requerimientos se encuentra como enlace para descargar en la siguiente página web:

http://www.pmoinformatica.com/2018/04/documento-de-requerimientos-de-software_37.html

Anexo B. Documento de Requerimientos de Software Firmado

A continuación se muestra en formato de imágenes el documento de requerimientos de software completo y aprobado.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Trabajo de Titulación – Elisa Torres



Documento de requerimientos de software

AMUSED

Fecha: 26/08/2021

Tabla de contenido

Historial de Versiones	2
Información del Proyecto	2
Aprobaciones	3
1. Propósito	3
2. Alcance del producto / Software	3
3. Funcionalidades del producto	4
4. Clases y características de usuarios.....	5
5. Entorno operativo	5
6. Requerimientos funcionales.....	5
7. Requerimientos no funcionales.....	8

Historial de Versiones

Fecha	Versión	Autor	Organización	Descripción
26/08/2021	0.1	Elisa Torres	-	Requerimientos generales de la aplicación

Información del Proyecto

Empresa / Organización	Elisa Torres
Proyecto	Aplicación móvil AMUSED – Mentor básico de guitarra y ukelele
Fecha de preparación	26/08/2021
Cliente	Import Music
Patrocinador principal	-
Gerente / Líder de Proyecto	Elisa Torres

Aprobaciones

Nombre y Apellido	Cargo	Departamento u Organización	Fecha	Firma
Leonardo Núñez	Propietario	Import Music	13-09-2021	 Firmado digitalmente por: LEONARDO VINICIO NUNEZ NUNEZ

1. Propósito

Este apartado tiene como objetivo describir en su totalidad los requerimientos de la primera versión de la aplicación móvil AMUSED, obtenidos mediante entrevista con la empresa Import Music.

2. Alcance del producto / Software

AMUSED busca enseñar de manera básica a tocar los instrumentos musicales: guitarra y ukelele acústicos, usando como base la tecnología de realidad aumentada. La aplicación estará enfocada a personas diestras o que se acomoden a usar su instrumento de esta manera.

El presente proyecto se crea con el objetivo de servir como elemento de publicidad en la venta de guitarras y ukeleles para la empresa Import Music. Además, pretende incentivar el aprendizaje autodidacta de estos instrumentos en los usuarios que la adquieran.

Los objetivos del producto son:

- Brindar una experiencia de usuario diferente al momento de comprar en la tienda de Import Music y al mismo tiempo impulsar a los clientes a adquirir un instrumento.
- Promocionar la venta de guitarras y ukeleles con la aplicación móvil gratuita.

- Enseñar al usuario las partes esenciales de su instrumento y los primeros pasos para empezar a tocarlo, incentivándolo al aprendizaje autodidacta.

3. Funcionalidades del producto

Se plantean tres funcionalidades principales en base a los objetivos del producto, resultando en diez requerimientos funcionales:

F1. Anatomía de instrumentos

REQ-1: Identificación de anatomía de guitarra

REQ-2: Identificación de anatomía de ukelele

F2. Explicación de acordes

REQ-3: Ilustración de numeración de dedos

REQ-4: Glosario de acordes básicos de guitarra

REQ-5: Glosario de acordes básicos de ukelele

REQ-6: Explicación de posiciones de acordes en guitarra

REQ-7: Explicación de posiciones de acordes en ukelele

F3. Interfaz de usuario

REQ-8: Interfaz gráfica de una sola pantalla

REQ-9: Instrucciones de uso precisas

REQ-10: Mensaje de recomendaciones y posibles errores de uso

Como evolución previsible del sistema se plantean como objetivos deseables los siguientes:

- Reconocimiento de la mano con enumeración de dedos
- Explicación de posiciones de acordes para zurdos
- Glosario de acordes completo para ambos instrumentos
- Tutoriales de canciones sencillas en ambos instrumentos

4. Clases y características de usuarios

Solamente existirá una clase de usuario (comúnmente un aprendiz de guitarra o ukelele, un profesor de música, el dueño de la empresa Import Music o cualquier otro), el cual tendrá acceso a todas las funcionalidades de la aplicación.

5. Entorno operativo

La aplicación se desenvolverá en dispositivos móviles táctiles con el sistema operativo Android. Para que las características de realidad aumentada funcionen correctamente, los dispositivos deben contar con una versión igual o superior a la 6.0. Para ver una lista completa de los dispositivos recomendados por Vuforia se puede entrar a la siguiente página web: <https://library.vuforia.com/platform-support/vuforia-engine-recommended-devices.html>

6. Requerimientos funcionales

A continuación se detallan cada una de las funcionalidades planteadas y se mencionan sus requerimientos funcionales, los cuales serán definidos más ampliamente en la fase de requerimientos de cada incremento.

F1. Anatomía de Instrumentos

Descripción: Identificar las partes de los instrumentos musicales mencionados mediante letreros virtuales.

Prioridad: Alta

Acciones iniciadoras y comportamiento esperado:

1. El usuario selecciona la opción "Identificar Anatomía".
2. El usuario escoge el instrumento que quiere identificar.
3. El usuario enfoca la cámara de su dispositivo hacia el instrumento seleccionado.
4. El sistema reconoce el instrumento como modelo.

5. El sistema despliega letreros virtuales que identifican cada una de las partes anatómicas del instrumento.
6. El usuario mueve la cámara o su instrumento según desee.

Requerimientos funcionales:

REQ-1: Identificación de anatomía de guitarra. El software reconocerá la guitarra y aumentará letreros que identifiquen su anatomía. Para esto el usuario deberá escoger el instrumento deseado y enfocar la cámara de su dispositivo hacia su guitarra.

REQ-2: Identificación de anatomía de ukelele. El software reconocerá el ukelele y aumentará letreros que identifiquen su anatomía. Para esto el usuario deberá escoger el instrumento deseado y enfocar la cámara de su dispositivo hacia su ukelele.

F2. Explicación de acordes

Descripción: Plasmar sobre el diapasón del instrumento, a modo de diagrama de acordes, el acorde seleccionado por el usuario.

Prioridad: Alta

Acciones iniciadoras y comportamiento esperado:

1. El usuario selecciona la opción "Aprender Acordes".
2. El usuario escoge el instrumento que va a utilizar.
3. La aplicación despliega un glosario de acordes al lado derecho de la pantalla.
4. El usuario presiona el botón para mostrar la numeración de dedos.
5. El sistema despliega una imagen demostrativa de la numeración de dedos.
6. El usuario escoge un acorde de la lista.
7. El usuario enfoca la cámara de su dispositivo hacia la parte superior del diapasón (cerca del cuello).

8. El sistema reconoce el instrumento como modelo.
9. La aplicación aumenta¹ el diagrama del acorde respectivo.
10. El usuario selecciona otro acorde del glosario.

Requerimientos funcionales:

REQ-3: Ilustración de numeración de dedos. El sistema deberá ilustrar la convención de numeración de dedos mediante una imagen, a la cual el usuario accederá mediante un botón.

REQ-4: Glosario de acordes básicos de guitarra. La aplicación tendrá disponible 12 de los acordes más básicos para guitarra.

REQ-5: Glosario de acordes básicos de ukelele. La aplicación tendrá disponible 14 de los acordes más básicos para ukelele.

REQ-6: Explicación de posiciones de acordes en guitarra. El software reconocerá la guitarra y aumentará sobre él el diagrama de acordes del acorde seleccionado por el usuario.

REQ-7: Explicación de posiciones de acordes en ukelele. El software reconocerá el ukelele y aumentará sobre él el diagrama de acordes del acorde seleccionado por el usuario.

F3. Interfaz de usuario

Descripción: Optimizar la experiencia del usuario haciendo la interfaz gráfica muy sencilla e intuitiva mediante instrucciones claras y recomendaciones de uso.

Prioridad: Alta

Acciones iniciadoras y comportamiento esperado:

- Al iniciar la aplicación se muestra una sola pantalla con todas las funcionalidades disponibles.
- Al usuario seleccionar un instrumento, el sistema muestra en pantalla una figura guía junto con un mensaje informativo

¹ En este contexto se refiere a aumentar la realidad con elementos virtuales.

para que el usuario alinee su instrumento. Cuando el sistema reconoce el instrumento se retiran estos elementos de la pantalla.

- Al seleccionar la funcionalidad F2 (Explicación de acordes) el sistema despliega un mensaje para indicar que debe escoger un acorde del glosario. Una vez escogido se retira el mensaje.
- Si transcurren 30 segundos y el sistema no detecta un instrumento, se despliega un mensaje con recomendaciones y posibles errores.

Requerimientos funcionales:

REQ-8: Interfaz gráfica de una sola pantalla. El usuario podrá utilizar todas las funcionalidades de la aplicación sin cambiar de vista mediante botones y listas desplegables.

REQ-9: Instrucciones de uso precisas. El usuario recibirá las instrucciones adecuadas al momento de cambiar de funcionalidad.

REQ-10: Mensaje de recomendaciones y posibles errores de uso. Si el sistema no reconoce un instrumento tras 30 segundos de espera, desplegará un mensaje con recomendaciones y posibles errores debidos a la tecnología utilizada.

7. Requerimientos no funcionales

Fiabilidad:

- La aplicación podrá reconocer la gran mayoría de modelos de guitarra y ukelele acústicos. Aquellos que varíen mucho en las características físicas típicas pueden tener dificultad para ser identificados. El color de los instrumentos no afectará en su reconocimiento.

- Puede que la aplicación no logre reconocer los instrumentos cuando haya poca luz ambiental o la superficie del instrumento sea reflectiva.

Eficiencia:

- El reconocimiento virtual de los instrumentos no debe tardar más de 1 segundo. Si demora más será por limitaciones propias de la tecnología de realidad aumentada.

Usabilidad:

- El tiempo de aprendizaje del sistema por un usuario debe ser menor a 2 minutos.

Portabilidad:

- La aplicación podrá ser utilizada en el sistema operativo Android.
- Para instalarla se necesitará el archivo APK, proporcionado por la desarrolladora o el dueño de Import Music.

Anexo C. Plantilla de Casos de Uso

La plantilla utilizada como guía para describir los casos de uso se encuentra como enlace para descargar en la siguiente página web:
<http://www.pmoinformatica.com/2014/07/plantilla-de-casos-de-uso.html>

Anexo D. Plantilla de Plan de Pruebas de Aceptación

La plantilla utilizada como guía para realizar el plan de pruebas de aceptación se encuentra como enlace para descargar en la siguiente página web:
<http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/recurso/463>

Anexo E. Repositorio de Código Fuente

El código fuente de la aplicación se encuentra en GitHub en el siguiente enlace:
<https://github.com/ElisaDianne/AMUSED.git>

Anexo F. Documento de Pruebas de Aceptación - Primer Incremento

AMUSED


Pruebas de Aceptación – Primer Incremento

Versión: 0.1

Fecha: 20/09/2021

	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Primer Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	---	---

HOJA DE CONTROL

Organismo	Import Music		
Proyecto	Aplicación móvil AMUSED – Mentor básico de guitarra y ukelele		
Entregable	Pruebas de Aceptación – Primer Incremento		
Autor	Elisa Torres		
Versión/Edición	0.1	Fecha Versión	20/09/2021
Aprobado por	 <small>Procedo a acreditarlo en nombre por:</small> LEONARDO VINICIO NUNEZ NUNEZ	Fecha Aprobación	06/11/2021
		Nº Total de Páginas	8

	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Primer Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	---	---

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
1.1	Objeto.....	4
1.2	Alcance	4
2	CASOS DE PRUEBA.....	5
3	OBSERVACIONES.....	8

	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Primer Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	---	---

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto

El objetivo de este documento es validar si el primer incremento del sistema cumple con los requisitos de funcionamiento esperado y proceder así a la aceptación del sistema

1.2 Alcance

Estas pruebas abarcan los casos de prueba del CP1 al CP4, definidos para validar las funcionalidades F1: Anatomía de instrumentos y F3: Interfaz de usuario, en el primer incremento del ciclo de vida de desarrollo de la aplicación.

AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Primer Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
---	---

2 CASOS DE PRUEBA

Prueba curso normal CU1	CP1
Descripción: Identificar todas las partes de la guitarra mediante letreros virtuales, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Enfocar la cámara del dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía 4. Mover la cámara o el instrumento lentamente según se desee 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Tras seleccionar guitarra de la lista desplegable, se muestra la figura guía de la guitarra junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” • Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo se retiran y se aumenta virtualmente los letreros que identifican cada una de las partes de la guitarra • Los letreros se mantienen aumentados tras mover la cámara o el instrumento 	
Resultado obtenido: <ul style="list-style-type: none"> • Tras seleccionar guitarra de la lista desplegable, sí se muestra la figura guía de la guitarra junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” • Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo sí se retiran y sí se aumentan virtualmente los letreros que identifican cada una de las partes de la guitarra • Los letreros sí se mantienen aumentados tras mover la cámara o el instrumento 	

Prueba curso normal CU2	CP2
Descripción: Identificar las partes del ukelele mediante letreros virtuales, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 3. Enfocar la cámara del dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía 4. Mover la cámara o el instrumento lentamente según se desee 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Tras seleccionar ukelele de la lista desplegable, se muestra la figura guía del ukelele junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” • Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo se retiran y se aumenta virtualmente los letreros que identifican cada una de las partes del ukelele • Los letreros se mantienen aumentados tras mover la cámara o el instrumento 	

AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Primer Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
---	---

Resultado obtenido: <ul style="list-style-type: none"> • Tras seleccionar ukelele de la lista desplegable, sí se muestra la figura guía del ukelele junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” • Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo sí se retiran y sí se aumentan virtualmente los letreros que identifican cada una de las partes del ukelele • Los letreros sí se mantienen aumentados tras mover la cámara o el instrumento
--

Prueba curso alterno CU1	CP3
Descripción: Mostrar mensaje de recomendaciones y posibles causas de error una vez pasados 30 segundos de desplegar la figura guía de la guitarra	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Esperar 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (sin alinear el instrumento) 4. Cerrar el mensaje de recomendaciones 5. Nuevamente esperar 30 segundos sin alinear el instrumento con la figura guía 6. Cerrar el mensaje de recomendaciones 7. Alinear el instrumento con la figura guía 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Se muestra mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento) • Se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones • Si se alinea el instrumento con la figura guía, se aumentan los letreros correspondientes y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR • Se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara 	
Resultado obtenido: <ul style="list-style-type: none"> • Sí se muestra mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento) • Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones • Si se alinea el instrumento con la figura guía, sí se aumentan los letreros correspondientes y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR • Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara 	

Prueba curso alterno CU2	CP4
Descripción: Mostrar mensaje de recomendaciones y posibles causas de error una vez pasados 30 segundos de desplegar la figura guía del ukelele	
Prerrequisitos -	

	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Primer Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	---	---

Pasos:

1. Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior
2. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable
3. Esperar 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (sin alinear el instrumento)
4. Cerrar el mensaje de recomendaciones
5. Nuevamente esperar 30 segundos sin alinear el instrumento con la figura guía
6. Cerrar el mensaje de recomendaciones
7. Alinear el instrumento con la figura guía

Resultado esperado:

- Se muestra mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento)
- Se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones
- Si se alinea el instrumento con la figura guía, se aumentan los letreros correspondientes y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR
- Se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara

Resultado obtenido:

- Sí se muestra el mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento), tal como en el anterior caso de prueba
- Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones
- Si se alinea el instrumento con la figura guía, sí se aumentan los letreros correspondientes y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR
- Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara

	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Primer Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	---	---

3 OBSERVACIONES

Previo a obtener los resultados esperados, se corrigieron los siguientes problemas principales en los casos de prueba CP3 y CP4 para cumplir con el objetivo del primer incremento:

- El mensaje de recomendaciones no volvía a aparecer una vez la vista de la cámara perdía el objetivo.
- El tiempo de espera del mensaje de recomendaciones no se reiniciaba al cerrarlo.

Adicionalmente, hubo algunos defectos que quedan pendientes de modificar en el segundo incremento:

- La orientación de los letreros aumentados no concuerda con la orientación de los demás elementos de la aplicación.
- El mensaje de recomendaciones es muy extenso. Se sugiere acortarlo y añadir un elemento de “Más información” para abrir otro recuadro con más detalles.

Anexo G. Pruebas de Usabilidad

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Trabajo de Titulación – Elisa Torres

Prueba de Usabilidad

Aplicación móvil AMUSED – Mentor básico de guitarra y ukelele

Presentación

Estas pruebas ayudarán a evaluar la usabilidad de la aplicación móvil AMUSED, detectando si ésta es suficientemente sencilla e intuitiva para que el usuario consiga aprender su funcionamiento dentro de un corto periodo tiempo.

Descripción

La prueba consistirá en lo siguiente: se le entregará al usuario una guitarra, un ukelele y un teléfono con la aplicación lista para usarse. A partir de este momento el usuario tendrá 2 minutos exactos para familiarizarse y entender sus funcionalidades. Finalizado este tiempo, se verificará si el usuario puede realizar algunas actividades que validan que entendió cómo funciona la app, calificando cada una entre: No encontró – Tardó en encontrar – Encontró a la primera.

Actividades y evaluación

1. Identifique las partes de una guitarra acústica

No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera

2. Identifique las partes de un ukelele acústico

No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera

3. Obtenga ayuda para identificar la convención de numeración de dedos de la mano

No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera

4. Obtenga el diagrama del acorde Do aumentado en una guitarra

No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera

5. Obtenga el diagrama del acorde Re aumentado en un ukelele

No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera

Datos del usuario de prueba

Nombre: Josué Chacón

Celular: 099 28 43425

Firma: 

Prueba de Usabilidad

Aplicación móvil AMUSED – Mentor básico de guitarra y ukelele

Presentación

Estas pruebas ayudarán a evaluar la usabilidad de la aplicación móvil AMUSED, detectando si ésta es suficientemente sencilla e intuitiva para que el usuario consiga aprender su funcionamiento dentro de un corto periodo tiempo.

Descripción

La prueba consistirá en lo siguiente: se le entregará al usuario una guitarra, un ukelele y un teléfono con la aplicación lista para usarse. A partir de este momento el usuario tendrá 2 minutos exactos para familiarizarse y entender sus funcionalidades. Finalizado este tiempo, se verificará si el usuario puede realizar algunas actividades que validan que entendió cómo funciona la app, calificando cada una entre: No encontró – Tardó en encontrar – Encontró a la primera.

Actividades y evaluación

- 1. Identifique las partes de una guitarra acústica
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera
- 2. Identifique las partes de un ukelele acústico
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera
- 3. Obtenga ayuda para identificar la convención de numeración de dedos de la mano
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera
- 4. Obtenga el diagrama del acorde Do aumentado en una guitarra
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera
- 5. Obtenga el diagrama del acorde Re aumentado en un ukelele
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera

Datos del usuario de prueba

Nombre: Kevin Granillo

Celular: 0984529065

Firma: 

Prueba de Usabilidad

Aplicación móvil AMUSED – Mentor básico de guitarra y ukelele

Presentación

Estas pruebas ayudarán a evaluar la usabilidad de la aplicación móvil AMUSED, detectando si ésta es suficientemente sencilla e intuitiva para que el usuario consiga aprender su funcionamiento dentro de un corto periodo tiempo.

Descripción

La prueba consistirá en lo siguiente: se le entregará al usuario una guitarra, un ukelele y un teléfono con la aplicación lista para usarse. A partir de este momento el usuario tendrá 2 minutos exactos para familiarizarse y entender sus funcionalidades. Finalizado este tiempo, se verificará si el usuario puede realizar algunas actividades que validan que entendió cómo funciona la app, calificando cada una entre: No encontró – Tardó en encontrar – Encontró a la primera.

Actividades y evaluación

1. Identifique las partes de una guitarra acústica
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera
2. Identifique las partes de un ukelele acústico
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera
3. Obtenga ayuda para identificar la convención de numeración de dedos de la mano
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera
4. Obtenga el diagrama del acorde Do aumentado en una guitarra
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera
5. Obtenga el diagrama del acorde Re aumentado en un ukelele
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera

Datos del usuario de prueba

Nombre: Angie Nieto

Celular: 0987622990

Firma: 

Prueba de Usabilidad

Aplicación móvil AMUSED – Mentor básico de guitarra y ukelele

Presentación

Estas pruebas ayudarán a evaluar la usabilidad de la aplicación móvil AMUSED, detectando si ésta es suficientemente sencilla e intuitiva para que el usuario consiga aprender su funcionamiento dentro de un corto periodo tiempo.

Descripción

La prueba consistirá en lo siguiente: se le entregará al usuario una guitarra, un ukelele y un teléfono con la aplicación lista para usarse. A partir de este momento el usuario tendrá 2 minutos exactos para familiarizarse y entender sus funcionalidades. Finalizado este tiempo, se verificará si el usuario puede realizar algunas actividades que validan que entendió cómo funciona la app, calificando cada una entre: No encontró – Tardó en encontrar – Encontró a la primera.

Actividades y evaluación

1. Identifique las partes de una guitarra acústica

No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera

2. Identifique las partes de un ukelele acústico

No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera

3. Obtenga ayuda para identificar la convención de numeración de dedos de la mano

No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera

4. Obtenga el diagrama del acorde Do aumentado en una guitarra

No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera

5. Obtenga el diagrama del acorde Re aumentado en un ukelele

No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera

Datos del usuario de prueba

Nombre: Leonardo Saá

Celular: 1720622313

Firma: 

Prueba de Usabilidad

Aplicación móvil AMUSED – Mentor básico de guitarra y ukelele

Presentación

Estas pruebas ayudarán a evaluar la usabilidad de la aplicación móvil AMUSED, detectando si ésta es suficientemente sencilla e intuitiva para que el usuario consiga aprender su funcionamiento dentro de un corto periodo tiempo.

Descripción

La prueba consistirá en lo siguiente: se le entregará al usuario una guitarra, un ukelele y un teléfono con la aplicación lista para usarse. A partir de este momento el usuario tendrá 2 minutos exactos para familiarizarse y entender sus funcionalidades. Finalizado este tiempo, se verificará si el usuario puede realizar algunas actividades que validan que entendió cómo funciona la app, calificando cada una entre: No encontró – Tardó en encontrar – Encontró a la primera.

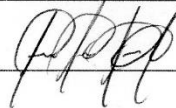
Actividades y evaluación

- 1. Identifique las partes de una guitarra acústica
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera
- 2. Identifique las partes de un ukelele acústico
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera
- 3. Obtenga ayuda para identificar la convención de numeración de dedos de la mano
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera
- 4. Obtenga el diagrama del acorde Do aumentado en una guitarra
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera
- 5. Obtenga el diagrama del acorde Re aumentado en un ukelele
No encontró Tardó en encontrar Encontró a la primera

Datos del usuario de prueba

Nombre: Diego Vaca

Celular: 0984850314

Firma: 

Anexo H. Documento de Pruebas de Aceptación - Segundo Incremento

AMUSED

Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento

Versión: 0.1

Fecha: 05/11/2021


	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	---	---

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
1.1	Objeto.....	4
1.2	Alcance	4
2	CASOS DE PRUEBA.....	5
3	OBSERVACIONES.....	13

	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	--	---

HOJA DE CONTROL

Organismo	Import Music		
Proyecto	Aplicación móvil AMUSED – Mentor básico de guitarra y ukelele		
Entregable	Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento		
Autor	Elisa Torres		
Versión/Edición	0.1	Fecha Versión	05/11/2021
Aprobado por	 <small>LEONARDO VINICIO NUNEZ</small> LEONARDO VINICIO NUNEZ NUNEZ	Fecha Aprobación	06/11/2021
		Nº Total de Páginas	13

	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	--	---

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
1.1	Objeto.....	4
1.2	Alcance	4
2	CASOS DE PRUEBA.....	5
3	OBSERVACIONES.....	13

	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	--	---

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto

El objetivo de este documento es validar si el segundo incremento del sistema cumple con los requisitos de funcionamiento esperado y proceder así a la aceptación del sistema completo.

1.2 Alcance

Estas pruebas abarcan los casos de prueba del CP5 al CP15, definidos para validar las funcionalidades F2: Explicación de acordes y F3: Interfaz de usuario, en el segundo incremento del ciclo de vida de desarrollo de la aplicación.

	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	---	--------------------------------------

2 CASOS DE PRUEBA

Prueba curso normal CU3	CP5
Descripción: Mostrar mediante una imagen cuál es la numeración utilizada para los dedos de la mano izquierda	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Presionar el botón con el ícono de mano 3. Presionar el botón nuevamente para cerrar la imagen 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Al seleccionar la opción Aprender Acordes, el botón con ícono de mano aparece en la esquina inferior derecha • Al presionar el botón con ícono de mano, el sistema despliega una imagen ilustrativa de la numeración convencional de los dedos de la mano izquierda • Si la imagen se encuentra abierta, presionar nuevamente el botón la cierra 	
Resultado obtenido: <ul style="list-style-type: none"> • Sí se muestra el botón con ícono de mano en el lugar indicado al seleccionar la opción Aprender Acordes • Sí se despliega la imagen ilustrativa al presionar dicho botón • Al presionar nuevamente el botón, la imagen se cierra correctamente 	

Prueba curso normal CU4	CP6
Descripción: Brindar un glosario básico de 12 acordes de guitarra	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Escoger un acorde del glosario 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Tras seleccionar el instrumento guitarra, se despliega al lado derecho de la pantalla un botón por cada uno de los siguientes acordes <ul style="list-style-type: none"> ○ Do ○ Re ○ Re menor ○ Mi ○ Mi menor ○ Fa ○ Fa menor ○ Sol ○ La ○ La menor 	

	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	--	---

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Si ○ Si menor ● Junto con el despliegue del glosario de acordes, el sistema muestra un mensaje informativo para que el usuario escoja un acorde de la lista ● Tras seleccionar un acorde, se retira el mensaje informativo
Resultado obtenido:	<ul style="list-style-type: none"> ● Se muestran correctamente los acordes indicados para la guitarra ● El mensaje informativo “escoja un acorde” se muestra adecuadamente ● Si se selecciona un acorde, sí se retira el mensaje de “escoja un acorde”

Prueba curso normal CU5	CP7
Descripción: Brindar un glosario básico de 14 acordes de ukelele	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable 3. Escoger un acorde del glosario 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> ● Tras seleccionar el instrumento ukelele, se despliega al lado derecho de la pantalla un botón por cada uno de los siguientes acordes: <ul style="list-style-type: none"> ○ Do ○ Do menor ○ Re ○ Re menor ○ Mi ○ Mi menor ○ Fa ○ Fa menor ○ Sol ○ Sol menor ○ La ○ La menor ○ Si ○ Si menor ● Junto con el despliegue del glosario de acordes, el sistema muestra un mensaje informativo para que el usuario escoja un acorde de la lista ● Tras seleccionar un acorde, se retira el mensaje informativo 	
Resultado obtenido: <ul style="list-style-type: none"> ● Se muestran correctamente los acordes indicados para el ukelele ● El mensaje informativo “escoja un acorde” se muestra adecuadamente ● Si se selecciona un acorde, sí se retira el mensaje de “escoja un acorde” 	

Prueba curso normal CU6	CP8
Descripción: Identificar la guitarra del usuario y aumentar el diagrama del acorde seleccionado, acompañado de una	

AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	---

interfaz sencilla y amigable
Prerrequisitos Curso normal CU4
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Enfocar la cámara del dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía 2. Mover la cámara o el instrumento lentamente según se desee 3. Escoger uno por uno los demás acordes del glosario
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Al iniciar se muestra ya en la pantalla la figura guía de la guitarra junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” • Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo se retiran y se aumenta virtualmente el diagrama del acorde seleccionado en el curso normal CU4 • El diagrama se mantiene aumentado tras mover lentamente la cámara o el instrumento • Cada uno de los botones de acordes aumenta el diagrama correspondiente
Resultado obtenido: <ul style="list-style-type: none"> • Al terminar el curso normal CU4, la pantalla muestra la figura guía de la guitarra junto con el mensaje indicado • Al alinear el instrumento con la guía, se aumenta correctamente el diagrama seleccionado y se retiran los elementos innecesarios • El diagrama sí se mantiene aumentado tras el movimiento • Cada botón aumenta el diagrama que corresponde al acorde

Prueba curso normal CU7	CP9
Descripción: Identificar el ukelele del usuario y aumentar el diagrama del acorde seleccionado, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Prerrequisitos Curso normal CU5	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Enfocar la cámara del dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía 2. Mover la cámara o el instrumento lentamente según se desee 3. Escoger uno por uno los demás acordes del glosario 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Al iniciar se muestra ya en la pantalla la figura guía del ukelele junto con el mensaje informativo “Alinee su instrumento con la figura” • Tras alinear el instrumento con la guía, esta figura y el mensaje informativo se retiran y se aumenta virtualmente el diagrama del acorde seleccionado en el curso normal CU5 • El diagrama se mantiene aumentado tras mover la cámara o el instrumento • Cada uno de los botones de acordes aumenta el diagrama correspondiente 	
Resultado obtenido: <ul style="list-style-type: none"> • Al terminar el curso normal CU5, la pantalla muestra la figura guía del ukelele junto con el mensaje indicado • Al alinear el instrumento con la guía, se aumenta correctamente el diagrama seleccionado y se 	

AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	---

retiran los elementos innecesarios <ul style="list-style-type: none"> • El diagrama sí se mantiene aumentado tras el movimiento • Cada botón aumenta el diagrama que corresponde al acorde
--

Prueba curso alterno CU6	CP10
Descripción: Mostrar mensaje de recomendaciones y posibles causas de error una vez pasados 30 segundos de desplegar la figura guía de la guitarra	
Prerrequisitos -	
Pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior 2. Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable 3. Escoger un acorde del glosario 4. Esperar 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (sin alinear el instrumento) 5. Cerrar el mensaje de recomendaciones 6. Nuevamente esperar 30 segundos sin alinear el instrumento con la figura guía 7. Cerrar el mensaje de recomendaciones 8. Alinear el instrumento con la figura guía 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Se muestra mensaje de recomendaciones y posibles causas de error pasados los 30 segundos tras el despliegue de la figura guía (si no se ha reconocido el instrumento) • Se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones • Si se alinea el instrumento con la figura guía, se aumenta el diagrama del acorde correspondiente y no se muestra el mensaje de recomendaciones durante la experiencia de AR • Se reinicia el tiempo de espera al perder el objetivo (el instrumento) de la vista de la cámara 	
Resultado obtenido: <ul style="list-style-type: none"> • Se muestra correctamente el mensaje de recomendaciones tras el tiempo esperado si no se ha reconocido el instrumento • Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera tras cerrar el mensaje de recomendaciones • El mensaje de recomendaciones no se muestra a ningún momento mientras la experiencia de AR está activa • Se comprobó que se reinicia el tiempo de espera de aparición del mensaje de recomendaciones tras perder de vista el objetivo 	

Prueba curso alterno CU7	CP11
Descripción: Mostrar mensaje de recomendaciones y posibles causas de error una vez pasados 30 segundos de desplegar la figura guía del ukelele	
Prerrequisitos -	
Pasos:	

AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	---

<p>funcionalidades.</p> <ul style="list-style-type: none"> De los instrumentos que no reconozcan se debe conocer la causa y esta debe constar en el mensaje de recomendaciones que se presenta al usuario
<p>Resultado obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> En la primera funcionalidad, la aplicación reconoció las 10 guitarras a las que se les puso a prueba, aunque dos de ellas tuvieron pequeñas fallas En la segunda funcionalidad, la aplicación también reconoció las 10 guitarras, sin embargo en una de ellas tuvo problemas para identificar correctamente los trastes En la primera funcionalidad, la aplicación reconoció los 10 ukeles, aunque en uno de ellos tuvo algunas fallas En la segunda funcionalidad, la aplicación reconoció los 10 ukeles sin inconvenientes Aunque todos los instrumentos fueron reconocidos, las fallas se debieron a las variaciones en la forma típica del instrumento: mayor longitud o menor ancho del diapasón, clavijero más delgado y no rectangular, e importantes diferencias en el diseño y pintura del cuerpo

Prueba Eficiencia	CP13
<p>Descripción: La aplicación de debe tardar menos de 1 segundo en reconocer los instrumentos</p>	
<p>Prerrequisitos Conocer los instrumentos que puede reconocer la aplicación en el caso de prueba CP12</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable Alinear una guitarra acústica (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable Alinear un ukelele acústico (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable y escoger un acorde cualquiera Alinear una guitarra acústica (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable y escoger un acorde cualquiera Alinear un ukelele acústico (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> Para ambos instrumentos, la aplicación tarda menos de 1 segundo en reconocerlos en la funcionalidad de Identificar Anatomía Para ambos instrumentos, la aplicación tarda menos de 1 segundo en reconocerlos en la 	

	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	--	---

<p>funcionalidades.</p> <ul style="list-style-type: none"> De los instrumentos que no reconozcan se debe conocer la causa y esta debe constar en el mensaje de recomendaciones que se presenta al usuario
<p>Resultado obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> En la primera funcionalidad, la aplicación reconoció las 10 guitarras a las que se les puso a prueba, aunque dos de ellas tuvieron pequeñas fallas En la segunda funcionalidad, la aplicación también reconoció las 10 guitarras, sin embargo en una de ellas tuvo problemas para identificar correctamente los trastes En la primera funcionalidad, la aplicación reconoció los 10 ukeles, aunque en uno de ellos tuvo algunas fallas En la segunda funcionalidad, la aplicación reconoció los 10 ukeles sin inconvenientes Aunque todos los instrumentos fueron reconocidos, las fallas se debieron a las variaciones en la forma típica del instrumento: mayor longitud o menor ancho del diapasón, clavijero más delgado y no rectangular, e importantes diferencias en el diseño y pintura del cuerpo

Prueba Eficiencia	CP13
<p>Descripción: La aplicación de debe tardar menos de 1 segundo en reconocer los instrumentos</p>	
<p>Prerrequisitos Conocer los instrumentos que puede reconocer la aplicación en el caso de prueba CP12</p>	
<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Seleccionar la opción Identificar Anatomía del menú inferior Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable Alinear una guitarra acústica (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable Alinear un ukelele acústico (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía Seleccionar la opción Aprender Acordes del menú inferior Seleccionar el instrumento guitarra de la lista desplegable y escoger un acorde cualquiera Alinear una guitarra acústica (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía Seleccionar el instrumento ukelele de la lista desplegable y escoger un acorde cualquiera Alinear un ukelele acústico (que se conoce que la aplicación reconoce) con la figura guía, bajo una buena iluminación Cronometrar el tiempo que demora en reconocer el instrumento desde que se lo alinea con la figura guía 	
<p>Resultado esperado:</p> <ul style="list-style-type: none"> Para ambos instrumentos, la aplicación tarda menos de 1 segundo en reconocerlos en la funcionalidad de Identificar Anatomía Para ambos instrumentos, la aplicación tarda menos de 1 segundo en reconocerlos en la 	

AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	---

funcionalidad de Aprender Acordes
Resultado obtenido: <ul style="list-style-type: none"> • Para la primera funcionalidad, la aplicación tarda alrededor de medio segundo para reconocer ambos instrumentos • Para la segunda funcionalidad, la aplicación tarda alrededor de medio segundo para reconocer ambos instrumentos

Prueba Usabilidad	CP14
Descripción: El tiempo de aprendizaje del sistema por el usuario debe ser menor a 2 minutos	
Prerrequisitos Conocer los instrumentos que puede reconocer la aplicación en el caso de prueba CP12	
Pasos: Con 5 sujetos de prueba distintos, realizar lo siguiente: <ol style="list-style-type: none"> 1. Entregar la aplicación al nuevo usuario por 2 minutos cronometrados, junto con una guitarra y un ukelele (que se conocen que la aplicación reconoce). La persona tendrá este tiempo para aprender su funcionamiento 2. Finalizado este tiempo, se verifica si el usuario puede realizar las siguientes actividades, calificando cada una entre: No encontró – Tardó en encontrar – Encontró a la primera <ol style="list-style-type: none"> a. Identifique las partes de una guitarra acústica b. Identifique las partes de un ukelele acústico c. Obtenga ayuda para identificar la convención de numeración de dedos de la mano d. Obtenga el diagrama del acorde Do aumentado en una guitarra e. Obtenga el diagrama del acorde Re aumentado en un ukelele 	
Resultado esperado: <ul style="list-style-type: none"> • Todos los usuarios obtienen la calificación “Encontró a la primera” en todas las actividades a las que se les sujeta 	
Resultado obtenido: <ul style="list-style-type: none"> • Todos los usuarios de prueba obtuvieron la calificación “Encontró a la primera” en todas las actividades propuestas 	

Prueba Portabilidad	CP15
Descripción: La aplicación puede ser utilizada en dispositivos móviles con sistema operativo Android mediante la instalación con el archivo APK proporcionado	
Prerrequisitos -	
Pasos: Con 5 dispositivos Android diferentes, realizar lo siguiente: <ol style="list-style-type: none"> 1. Descargar el archivo APK con el link de descarga https://drive.google.com/uc?id=1tVl03czwJrFJkIUZ5Q1Ek5M0eFx56Nu&export=download o 	

	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	--	---

- directamente con el instalador
2. Aceptar que el dispositivo instale aplicaciones de esta fuente (si fuera necesario)
 3. Instalar la aplicación y probarla

Resultado esperado:

- Para todos los dispositivos Android, el archivo APK se descarga correctamente
- Para todos los dispositivos Android, la aplicación se instala y funciona correctamente

Resultado obtenido:

- En los 5 dispositivos la aplicación se descargó e instaló correctamente. Los teléfonos utilizados para esta prueba fueron:
 - Huawei P30 Lite
 - Xiaomi Mi 8
 - Google Pixel 5
 - Xiaomi Poco x3 NFC
 - Samsung Galaxy A51

	AMUSED Plan de Pruebas de Aceptación – Segundo Incremento	Trabajo de Titulación – Elisa Torres
--	--	---

3 OBSERVACIONES

Previo a obtener los resultados esperados, se corrigieron los siguientes problemas principales:

- Enfoque no automático de la cámara
- Escalado incorrecto de los componentes a la pantalla de un dispositivo de tamaño 1280 x 720
- Baja resolución de los letreros aumentados y otros componentes de aplicación
- Falta de precisión para ciertos modelos de guitarra al reconocer la parte superior del diapasón para la funcionalidad de enseñanza de acordes

Finalmente, quedaron como sugerencias a futuro:

- Incorporar la opción de linterna por si la luz ambiental es pobre
- Aumentar la cantidad de acordes disponibles para ambos instrumentos

Anexo I. Manual Técnico



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Manual Técnico

Aplicación móvil AMUSED – Mentor
básico de guitarra y ukelele

Elisa Torres
1-11-2021

Tabla de contenido

Introducción.....	2
Finalidad del manual	2
Requerimientos técnicos.....	3
Requisitos de hardware.....	3
Requisitos de software.....	3
Herramientas utilizadas para el desarrollo.....	3
Unity	3
Vuforia Engine	3
Diagramas de modelamiento	4
Diagrama de clases	4
Casos de uso	5
Caso de Uso Identificación de Anatomía de Guitarra	5
Caso de Uso Identificación de Anatomía de Ukelele	5
Caso de Uso Ilustración de Numeración de Dedos	6
Caso de Uso Glosario Acordes Básicos de Guitarra	7
Caso de Uso Glosario Acordes Básicos de Ukelele	7
Caso de Uso Explicación de Acordes en Guitarra.....	8
Caso de Uso Explicación de Acordes en Ukelele.....	9
Instalación.....	10

Introducción

El presente manual se ha desarrollado para dar a conocer los aspectos técnicos y la estructura general de la aplicación móvil AMUSED – Mentor básico de guitarra y ukelele, incluyendo los requerimientos de hardware y software, las herramientas tecnológicas utilizadas y el procedimiento para su correcta instalación.

Finalidad del manual

La finalidad de este manual es instruir a la persona que vaya a instalar el aplicativo o al desarrollador que desee editar el software.

Requerimientos técnicos

Para que la aplicación funcione correctamente, se deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos.

Requisitos de hardware

- Teléfono inteligente con cámara posterior. En el siguiente enlace se pueden encontrar los dispositivos más recomendados y en los que se ha verificado el soporte: <https://library.vuforia.com/platform-support/vuforia-engine-recommended-devices.html>
- 75 MB de almacenamiento disponibles

Requisitos de software

- Sistema operativo Android con versión igual o superior a 6.0

Herramientas utilizadas para el desarrollo

Unity

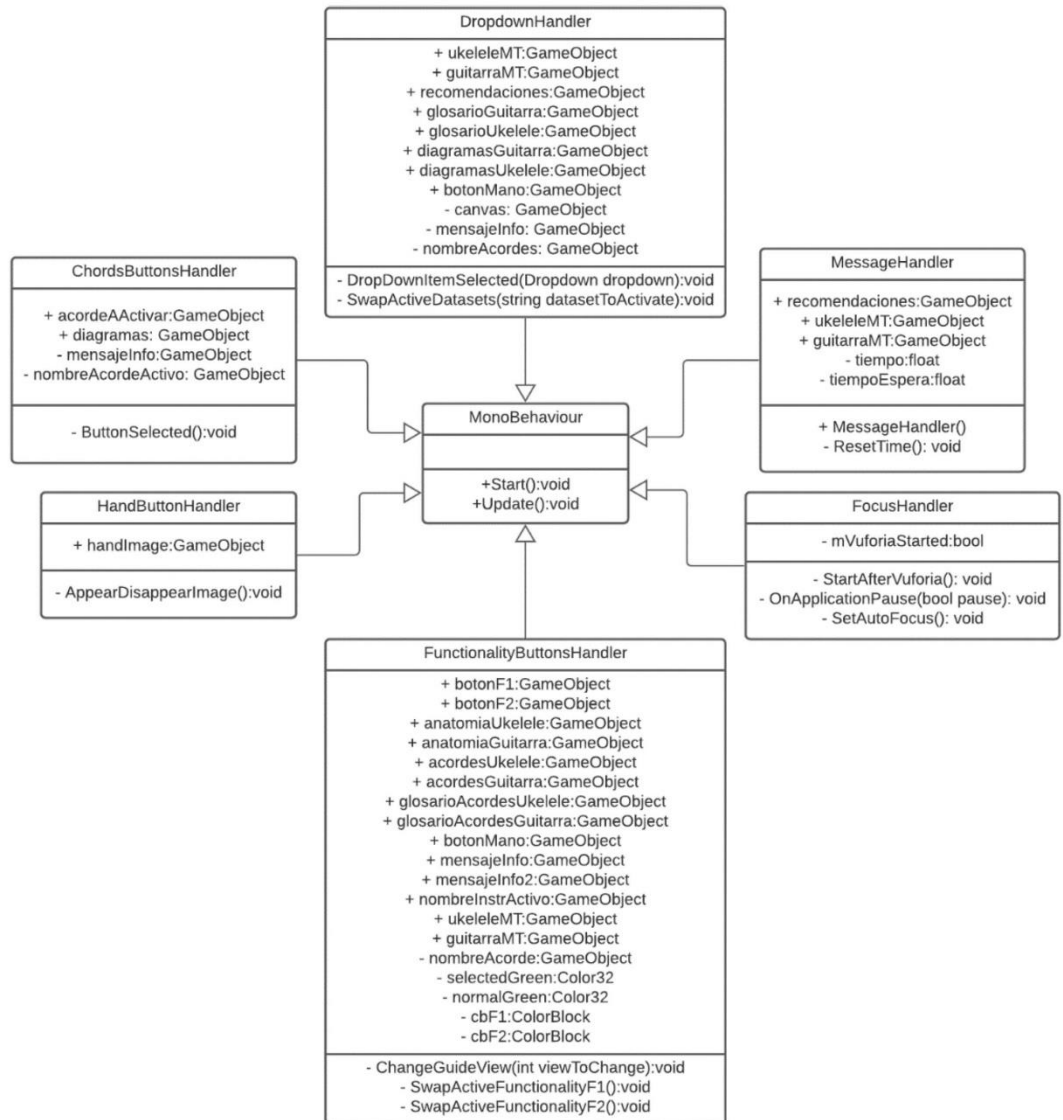
Es un entorno de desarrollo de videojuegos y otras experiencias interactivas en 2D y 3D, gratuito y compatible con el lenguaje de programación C#. Unity fue utilizado para esta aplicación como motor de renderizado, donde se creó la interfaz gráfica y se codificó las funcionalidades de los componentes. También permitió previsualizar los modelos tridimensionales de guitarra y ukelele.

Vuforia Engine

Es un SDK para el desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada y realidad mixta. En este caso, se utilizó el paquete de Vuforia para Unity; Vuforia introdujo las opciones para reconocer objetos de la realidad física y aumentar objetos virtuales sobre ellos, junto con varias otras funciones para trabajar con realidad aumentada, dentro del ambiente de trabajo de Unity.

Diagramas de modelamiento

Diagrama de clases



Casos de uso

Caso de Uso Identificación de Anatomía de Guitarra

Caso de Uso	Identificación de anatomía de guitarra	Identificador: CU1
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Precondición	-	
Postcondición	-	
Descripción	Identificar las partes de la guitarra mediante letreros virtuales, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Resumen	El usuario enfoca con la cámara de su dispositivo a su guitarra y la aplicación identifica sus partes con letreros aumentados. El sistema guía adecuadamente al usuario	

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Usuario	Selecciona la opción "Identificar Anatomía"
2	Usuario	Selecciona el instrumento guitarra de la lista desplegable
3	Sistema	Despliega una figura guía de la guitarra junto con un mensaje informativo: "Alinee su instrumento con la figura"
4	Usuario	Enfoca la cámara de su dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía
5	Sistema	Reconoce el instrumento como modelo y retira de la pantalla la figura guía y el mensaje informativo
6	Sistema	Despliega letreros virtuales que identifican cada una de las partes anatómicas del instrumento
7	Usuario	Mueve la cámara o el instrumento según desee

Cursos alternos

Nro.	Descripción de acciones alternas
5	Si tras 30 segundos no se reconoce el instrumento, el sistema mostrará un mensaje con recomendaciones y posibles causas de error

Caso de Uso Identificación de Anatomía de Ukelele

Caso de Uso	Identificación de anatomía de ukelele	Identificador: CU2
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Precondición	-	
Postcondición	-	

Descripción	Identificar las partes del ukelele mediante letreros virtuales, acompañado de una interfaz sencilla y amigable
Resumen	El usuario enfoca con la cámara de su dispositivo a su ukelele y la aplicación identifica sus partes con letreros aumentados. El sistema guía adecuadamente al usuario

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Usuario	Selecciona la opción "Identificar Anatomía"
2	Usuario	Selecciona el instrumento ukelele de la lista desplegable
3	Sistema	Despliega una figura guía del ukelele junto con un mensaje informativo: "Alinee su instrumento con la figura"
4	Usuario	Enfoca la cámara de su dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía
5	Sistema	Reconoce el instrumento como modelo y retira de la pantalla la figura guía y el mensaje informativo
6	Sistema	Despliega letreros virtuales que identifican cada una de las partes anatómicas del instrumento
7	Usuario	Mueve la cámara o el instrumento según desee

Cursos alternos

Nro.	Descripción de acciones alternas
5	Si tras 30 segundos no se reconoce el instrumento, el sistema mostrará un mensaje con recomendaciones y posibles causas de error

Caso de Uso Ilustración de Numeración de Dedos

Caso de Uso	Ilustración de numeración de dedos	Identificador: CU3
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Precondición	-	
Postcondición	-	
Descripción	Mostrar mediante una imagen cuál es la numeración utilizada para los dedos de la mano izquierda	
Resumen	El usuario presiona el botón con ícono de mano y el sistema despliega una imagen ilustrativa. Vuelve a presionar el botón para cerrar la imagen	

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Usuario	Selecciona la opción "Aprender Acordes"
2	Usuario	Presiona el botón con ícono de mano

3	Sistema	Despliega imagen ilustrativa de numeración de dedos de la mano izquierda
4	Usuario	Presiona nuevamente el botón con ícono de mano
5	Sistema	Retira la imagen ilustrativa de la pantalla

Caso de Uso Glosario Acordes Básicos de Guitarra

Caso de Uso	Glosario de acordes básicos de guitarra	Identificador: CU4
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Precondición	-	
Postcondición	CU6	
Descripción	Brindar un glosario básico de 12 acordes de guitarra	
Resumen	El sistema despliega un glosario básico de acordes de guitarra para que el usuario escoja entre ellos	

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Usuario	Selecciona la opción "Aprender Acordes"
2	Usuario	Selecciona el instrumento guitarra de la lista desplegable
3	Sistema	Despliega al lado derecho de la pantalla un botón por cada uno de los siguientes acordes: <ul style="list-style-type: none"> • Do • Re • Re menor • Mi • Mi menor • Fa • Fa menor • Sol • La • La menor • Si • Si menor
4	Sistema	Despliega en el centro de la pantalla un mensaje informativo para que el usuario escoja un acorde de la lista
5	Usuario	Escoge un acorde de la lista

Caso de Uso Glosario Acordes Básicos de Ukelele

Caso de Uso	Glosario de acordes básicos de ukelele	Identificador: CU5
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Precondición	-	

Postcondición	CU7
Descripción	Brindar un glosario básico de 14 acordes de ukelele
Resumen	El sistema despliega un glosario básico de acordes de ukelele para que el usuario escoja entre ellos

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Usuario	Selecciona la opción "Aprender Acordes"
2	Usuario	Selecciona el instrumento ukelele de la lista desplegable
3	Sistema	Despliega al lado derecho de la pantalla un botón por cada uno de los siguientes acordes: <ul style="list-style-type: none"> • Do • Do menor • Re • Re menor • Mi • Mi menor • Fa • Fa menor • Sol • Sol menor • La • La menor • Si • Si menor
4	Sistema	Despliega en el centro de la pantalla un mensaje informativo para que el usuario escoja un acorde de la lista
5	Usuario	Escoge un acorde de la lista

Caso de Uso Explicación de Acordes en Guitarra

Caso de Uso	Explicación de posiciones de acordes en guitarra	Identificador: CU6
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Precondición	CU4	
Postcondición	-	
Descripción	Identificar la guitarra del usuario y aumentar el diagrama del acorde seleccionado, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Resumen	El usuario enfoca con la cámara de su dispositivo a su guitarra y la aplicación aumenta el diagrama de acordes previamente seleccionado. El sistema guía adecuadamente al usuario	

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Sistema	Despliega una figura guía de la guitarra junto con un mensaje informativo: "Alinee su instrumento con la figura"
2	Usuario	Enfoca la cámara de su dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía
3	Sistema	Reconoce el instrumento como modelo y retira de la pantalla la figura guía y el mensaje informativo
4	Sistema	Aumenta el diagrama del acorde seleccionado previamente
5	Usuario	Mueve la cámara o el instrumento según desee

Cursos alternos

Nro.	Descripción de acciones alternas
3	Si tras 30 segundos no se reconoce el instrumento, el sistema mostrará un mensaje con recomendaciones y posibles causas de error

Caso de Uso Explicación de Acordes en Ukelele

Caso de Uso	Explicación de posiciones de acordes en ukelele	Identificador: CU7
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Precondición	CU5	
Postcondición	-	
Descripción	Identificar el ukelele del usuario y aumentar el diagrama del acorde seleccionado, acompañado de una interfaz sencilla y amigable	
Resumen	El usuario enfoca con la cámara de su dispositivo a su ukelele y la aplicación aumenta el diagrama de acordes previamente seleccionado. El sistema guía adecuadamente al usuario	

Curso normal

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Sistema	Despliega una figura guía del ukelele junto con un mensaje informativo: "Alinee su instrumento con la figura"
2	Usuario	Enfoca la cámara de su dispositivo hacia el instrumento, alineándolo con la figura guía
3	Sistema	Reconoce el instrumento como modelo y retira de la pantalla la figura guía y el mensaje informativo
4	Sistema	Aumenta el diagrama del acorde seleccionado previamente
5	Usuario	Mueve la cámara o el instrumento según desee

Cursos alternos

Nro.	Descripción de acciones alternas
3	Si tras 30 segundos no se reconoce el instrumento, el sistema mostrará un mensaje con recomendaciones y posibles causas de error

Instalación

Para instalar la aplicación se debe:

1. Descargar el archivo APK mediante el siguiente link:
<https://drive.google.com/uc?id=1tVI03czwJrFJkUIZ5Q1Ek5M0eFx56Nu&export=download>.
2. Una vez completada la descarga, aparecerá un recuadro de seguridad de Drive. Presionar el botón configuración y permitir la instalación de aplicaciones desconocidas de esta fuente. Puede que no aparezca este panel si el usuario tenía previamente habilitada esta opción, en este caso, continuar con el siguiente paso.
3. Aparecerá un recuadro preguntando si desea instalar la aplicación AMUSED. Presionar instalar.

Para su desinstalación se sigue el mismo procedimiento que cualquier otra aplicación del dispositivo móvil.

Anexo I. Manual de Usuario



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Manual de Usuario

Aplicación móvil AMUSED – Mentor
básico de guitarra y ukelele

Elisa Torres
8-11-2021

Tabla de contenido

Introducción.....	2
Desarrollo del manual de usuario	2
1. Identificar la anatomía de los instrumentos	2
2. Aprender acordes en los instrumentos	4
3. Posibles problemas de reconocimiento.....	6

Introducción

La aplicación AMUSED es un sistema móvil desarrollado para explicar de manera básica a tocar guitarra y ukelele mediante realidad aumentada; consiste en dar a conocer la anatomía de dichos instrumentos e indicar cómo posicionar los acordes principales.

El presente manual es una guía para utilizar la aplicación. También abarca inconvenientes que podrían surgir y sus soluciones.

Desarrollo del manual de usuario

1. Identificar la anatomía de los instrumentos

Esta función aparece activada apenas se ingresa a la aplicación, sin embargo, para acceder a ella se puede presionar el botón “Identificar Anatomía” en la parte inferior. La pantalla mostrará la figura guía de la guitarra en un inicio.



Para identificar las partes del instrumento, se deberá alinearlos con la figura que muestra la pantalla, así la aplicación la reconocerá e inmediatamente aumentará los letreros correspondientes.



Para cambiar de instrumento, se deberá seleccionar del menú desplegable en la parte superior.



2. Aprender acordes en los instrumentos

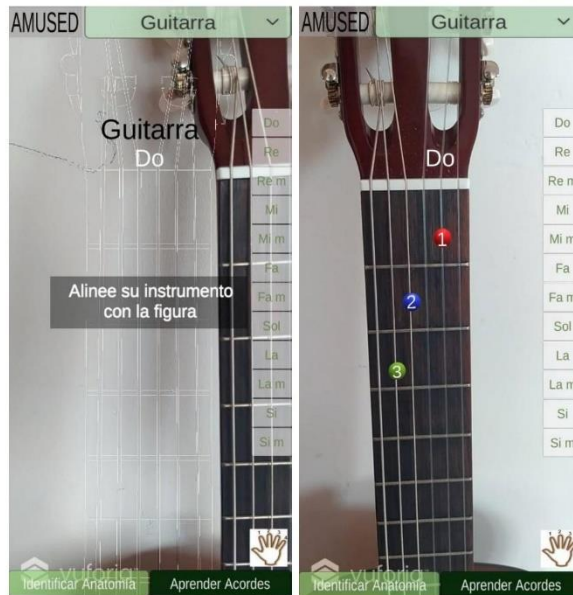
Para acceder a esta funcionalidad, se deberá seleccionar el botón “Aprender Acordes” en la parte inferior



A continuación, se deberá escoger un acorde de la lista en el lado derecho de la pantalla, lo que activará la cámara del dispositivo.



En esta ocasión, la figura que aparece en pantalla es de la parte superior del diapasón. Para que reconozca el instrumento se deberá alinear esta sección de la guitarra e inmediatamente se aumentará el diagrama correspondiente.



Una vez identificado el instrumento, se pueden seleccionar los demás acordes sin necesidad de alinear nuevamente.

Para aprender acordes en el ukelele, se cambia de instrumento en el menú desplegable y se sigue el mismo procedimiento.

Finalmente, para ver la imagen con la numeración utilizada para los dedos de la mano, se presiona el botón con ícono de mano ubicado en la parte inferior derecha. Para cerrarla se presiona el mismo botón.



3. Posibles problemas de reconocimiento

En el caso de que la aplicación no reconociera el instrumento pasados 30 segundos, aparecerá una ventana que indica las posibles causas. Si se siguen estas recomendaciones, es muy probable que se solucione el problema.



Si continúa sin reconocer el instrumento, se puede acceder a la opción de “Ver más” de la ventana emergente. Este recuadro indica las razones por las que se puede estar ocasionando el problema y que no pueden ser corregidas debido a que son limitaciones propias de la tecnología utilizada.

