

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

División Multidisciplinaria en Ciudad Universitaria

Instituto de Ingeniería y Tecnología

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación



PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL QUE APOYE EN LA
ENSEÑANZA DEL SISTEMA ÓSEO POR MEDIO DE LA
REALIDAD AUMENTADA

Reporte Técnico de Investigación presentado por:

José Gerardo Porras Floriano 115041

Gaddiel Alejandro Murueta Díaz 132312

Requisito para la obtención del título de
INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Asesores

M.A.T.I. Abraham López Najera

M.S.L. Maritza Concepción Varela Álvarez

Ciudad Juárez, Chihuahua

Noviembre de 2018

Ciudad Juárez, Chihuahua a 28 de noviembre de 2018

Asunto: Liberación de Asesoría

Mtro. Ismael Canales Valdiviezo
Jefe del Departamento de Ingeniería
Eléctrica y Computación
Presente.-

Por medio de la presente nos permitimos comunicarle que después de haber realizado las asesorías correspondientes al reporte técnico **Prototipo de aplicación móvil que apoye en la enseñanza del sistema óseo por medio de la realidad aumentada**, de los alumnos **José Gerardo Porras Floriano y Gaddiel Alejandro Murueta Díaz** de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales, consideramos que lo han concluido satisfactoriamente, por lo que pueden continuar con los trámites de titulación intracurricular.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente



Asesor 1

M.A.T.I Abraham López Nájera



Asesor 2

M.S.L. Maritza Concepción Varela
Álvarez

Ccp. Coordinador del programa de Ingeniería en Sistemas Computacionales
Mtro. René Noriega Armendáriz

José Gerardo Porras Floriano y Gaddiel Alejandro Murueta Díaz
Archivo

Ciudad Juárez, Chihuahua a 28 de noviembre de 2018

Asunto: Autorización de impresión

C. José Gerardo Porras Floriano

Presente.-

En virtud de que cumple satisfactoriamente los requisitos solicitados, informo a usted que se autoriza la impresión del proyecto de **Prototipo de aplicación móvil que apoye en la enseñanza del sistema óseo por medio de la realidad aumentada**, para presentar los resultados del proyecto de titulación con el propósito de obtener el título de Licenciado en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.



Dra. Julia Patricia Sánchez Solís

Profesor de Seminario de Titulación II

Ciudad Juárez, Chihuahua a 28 de noviembre de 2018

Asunto: Autorización de impresión

C. Gaddiel Alejandro Murueta Díaz

Presente.-

En virtud de que cumple satisfactoriamente los requisitos solicitados, informo a usted que se autoriza la impresión del proyecto de **Prototipo de aplicación móvil que apoye en la enseñanza del sistema óseo por medio de la realidad aumentada**, para presentar los resultados del proyecto de titulación con el propósito de obtener el título de Licenciado en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.



Dra. Julia Patricia Sánchez Solís

Profesor de Seminario de Titulación II

Declaración de Originalidad

Nosotros, José Gerardo Porras Floriano y Gaddiel Alejandro Murueta Díaz, declaramos que el material contenido en esta publicación fue generado con la revisión de los documentos que se mencionan en la sección de referencias y que la solución desarrollada es original y no ha sido copiada de ninguna otra fuente, ni ha sido usada para obtener otro título o reconocimiento en otra Institución de Educación Superior.



José Gerardo Porras Floriano



Gaddiel Alejandro Murueta Díaz

Agradecimientos

Agradezco a mi familia, amigos maestros y asesores, por el apoyo y consejos para este proyecto de titulación que llevamos a cabo con mucho esfuerzo y dedicación.

Fueron muchas las personas que de forma directa e indirecta nos apoyaron, ya sea poniendo sus conocimientos a mi disposición, compartiendo mis dudas ante cualquier situación. Muchas gracias.

José Gerardo Porras Floriano

Agradezco a mi familia por apoyarme económica y emocionalmente durante el transcurso de mi carrera y de mis últimos semestres, a mi novia Cinthia Sosa por ser la creadora de la idea de este proyecto de titulación y siempre animarme a seguir adelante a pesar de las adversidades. También me gustaría agradecer a los maestros y asesores que ayudaron a la realización de este proyecto, tanto al producto como al contenido. Por último, pero no menos importante, me gustaría agradecer a los compañeros de la carrera, ya que, nos hicieron llegar herramientas esenciales para el desarrollo del proyecto.

Muchas gracias.

Gaddiel Alejandro Murueta Díaz

Dedicatoria

Dedico este trabajo con mucho cariño principalmente a mi madre que me dio la vida, por estos últimos años que nos sacó adelante a mi hermana y a mí, a pesar de la adversidad que se llegara a presentar, en todo momento la educación fue más importante más que su salud, a mi hermana que proporcionó de su conocimiento y su material en apoyo a este trabajo.

También me gustaría dedicar este proyecto a mi novia Cinthia Sosa Flores, por comprender el trabajo que la tesis conlleva y aun así darme el apoyo incondicional que a su vez sirvió de motivación y me alentó a continuar, aun cuando parecía imposible.

Por último, pero no menos importante me gustaría dedicar este trabajo a mis maestros de la carrera, a mis asesores de proyecto y a mis compañeros, ya que, sin su ayuda, motivación y jalón de orejas, esto no hubiera sido posible.

Gaddiel Alejandro Murueta Díaz

Índice de contenido

Declaración de Originalid	v
Agradecimientos	vi
Dedicatoria.....	vii
Índice de contenido	viii
Índice de figuras.....	x
Índice de tablas.....	xi
Índice de gráficos	xii
Resumen	xiii
Introducción	1
I. Planteamiento del problema	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Definición del problema	5
1.3 Objetivos	5
1.4 Preguntas de Investigación.....	5
1.5 Justificación.....	5
II. Marco Referencial	7
2.1 Marco teórico	7
2.2 Marco tecnológico	15
III. Desarrollo del proyecto.....	27
3.1. Análisis.....	27
3.1.1. Análisis de la situación actual	27
3.1.2. Análisis y selección de las posibles herramientas para el desarrollo de la aplicación	28
3.1.3. Análisis del sistema óseo.....	29
3.2. Diseño	29
3.2.1. Bocetaje de los modelos a utilizar para la aplicación	29
3.2.2. Bocetaje de la aplicación esperada	30

3.2.3. Modelos 3D del sistema óseo y del cráneo	31
3.2.4. Pruebas de diseño.....	31
3.3. Implementación	32
3.3.1. Análisis e implementación de los diferentes componentes para la conexión de los elementos	32
3.3.2. Conectividad de los componentes.....	34
3.3.3. Animaciones de los modelos	35
3.3.4. Pruebas de implementación	35
3.4. Pruebas	37
3.4.1. Pruebas Funcionales.....	37
3.4.2. Pruebas No Funcionales	38
3.4.3. Realizar prueba del sistema con alumnos que lleven o que hayan cursado la materia de Anatomía.....	41
3.5 Mantenimiento.....	41
3.5.1. Ajustes necesarios de acuerdo a las pruebas realizadas por los maestros y alumnos.....	42
3.5.2. Búsqueda constante de posibles errores dentro de la codificación de la aplicación	42
IV. Resultados y Discusiones	43
V. Conclusiones	50
Referencias.....	52
Apéndice A	57
Apéndice B	58
Apéndice C	59
Apéndice D	60

Índice de figuras

Figura 1. Vuforia [21].....	16
Figura 2. Ground Plane [23].	17
Figura 3. Model Targets [23].	17
Figura 4. Artoolkit [24].	18
Figura 5. 3D-Live [26].	18
Figura 6. Realidad Aumentada HandHeld [26].	19
Figura 7. FaiMR [26].....	19
Figura 8. Unity [27].....	20
Figura 9. Cozmo [29].	21
Figura 10. ARCore Wizard of Oz [29].	21
Figura 11. Swapbots [29].....	22
Figura 12. Unreal Engine [30].	22
Figura 13. Wingnut AR [32].....	23
Figura 14. Blender [33].	24
Figura 15. Cycles [33].	25
Figura 16. Maya [34].....	25
Figura 17. Análisis FODA	27
Figura 18. Primer boceto del esqueleto.	30
Figura 19. Bocetaje de aplicación.	31
Figura 20. Modelo en Blender.	32
Figura 21. Puntos de interés en Vuforia	33
Figura 22. Base de Datos en Vuforia	33
Figura 23. Base de Datos en Vuforia	34
Figura 24. Esqueleto con animación	35
Figura 25. Primera prueba de la aplicación móvil	36
Figura 26. Captura de pantalla con propiedades de Unity.....	36
Figura 27. Captura de pantalla desde la aplicación.....	38
Figura 28. Captura de Pantalla desde Dispositivo Android.....	41
Figura 29. Diagrama de Pareto	72

Índice de tablas

Tabla 1. Riesgos	60
Tabla 2. Nivel de probabilidad y valor	62
Tabla 3. Nivel de probabilidad e impacto.....	62
Tabla 4. Valores de probabilidad e impacto	63
Tabla 5. Rangos de puntuación	66
Tabla 6. Clasificación de riesgos	67
Tabla 7. Riesgos del proyecto.....	68
Tabla 8. Riesgos del producto.....	68
Tabla 9. Estrategias de mitigación de riesgos.....	69

Índice de gráficos

Gráfico 1. Dispositivos Móviles.	45
Gráfico 2. Conteo de nivel de satisfacción en estudiantes.	45
Gráfico 3. Tipos de cambios en la aplicación móvil.	46
Gráfico 4. Herramienta secundaria de estudio.	47

Resumen

En el Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en concreto en la carrera de Médico Cirujano, existe una problemática relacionada con la forma que tienen los jóvenes de estudiar el sistema óseo la cual resulta monótona e impráctica. Normalmente, éstos tienen que estar visualizando los huesos por medio de un libro o directamente de la osteoteca que se encuentra en el mismo instituto. Con la facilidad que actualmente se tiene para el desarrollo de aplicaciones móviles, se optó por crear una de Realidad Aumentada que sirva como herramienta para el estudio del sistema óseo.

Para el desarrollo de la aplicación se crearon modelos 3D de cada uno de los componentes del sistema óseo que se encuentran en la osteoteca del instituto antes mencionado, estos se muestran a través de códigos QR los cuales funcionan como marcadores únicos para poder realizar el aumento de un objeto de la vida real.

Una vez que se desarrolló y se encontraba en funcionamiento la aplicación, se aplicaron encuestas a cada uno de los usuarios que la utilizaron para determinar el grado de satisfacción. Esto permitió corroborar si era viable proporcionar a los alumnos una aplicación móvil de Realidad Aumentada para erradicar la problemática que se encuentra.

Introducción

Hoy en día es común apreciar como la tecnología proporciona la plenitud de llevar una vida más fácil, y es que, el desarrollo de aplicaciones ya sea para móviles o para computadoras es algo que siempre generará un reto, tanto actualmente como a las generaciones futuras.

Una de las tecnologías con más auge es la Realidad Aumentada. Esto debido a su simplicidad al enfocar objetos del mundo real a través de la cámara de un dispositivo móvil. Estos dispositivos generan una interacción visual con el usuario por medio de palabras, dibujos, modelos 3D, entre otros, provocando que la persona se vuelva uno con la aplicación, permitiendo sobreponer algo que no se encuentra físicamente en el mundo real por medio del teléfono.

Es así como la Realidad Aumentada encuentra su lugar en la sociedad, válida para todos los ámbitos sociales, ya sea por entretenimiento o de manera educativa.

En el presente documento se describe el problema y la manera de resolverlo en base a trabajos ya propuestos, junto con las herramientas tecnológicas apropiadas para facilitar la tarea que se pretende abordar. Por último, se obtienen los resultados necesarios para determinar si la solución propuesta fue la apropiada.

El proyecto propuesto consistió en desarrollar una aplicación móvil para los alumnos de las carreras médicas del ICB de la UACJ, donde en su retícula se encuentren las materias de Anatomía Humana I y II. La aplicación se puede instalar solo en dispositivos móviles con sistema operativo Android a partir de la versión 5.0 que cuenten con cámara trasera y autoricen el uso de la misma.

Por otro lado, la aplicación no se ejecutará si se presenta alguna de las siguientes situaciones: la cámara del dispositivo móvil no funciona o no enfoca bien, la resolución no esté por debajo de los 8 MP, la memoria de almacenamiento sea menor a 8 GB y la memoria RAM menor a 1 GB.

I. Planteamiento del problema

En esta sección se describen los antecedentes, la problemática a solucionar, los objetivos tanto específicos como generales, las preguntas de investigación y la justificación del proyecto.

1.1 Antecedentes

Hoy en día es común ver como los procesos se automatizan gracias a la tecnología, ya que, se vive en un mundo más práctico, dinámico y sobre todo fácil de llevar. Existen áreas que son objeto de estudio y desarrollo, que permiten al ser humano seguir investigando y preparándose para un futuro. Es bien sabido que la tecnología es invasiva en todas las prácticas sociales y la medicina no se queda atrás en este ámbito, surgiendo una rama conocida como Tecnología Médica (TM).

Se entiende por TM al grupo de objetos manipulados mediante ciertos procedimientos para ser aplicados contra las enfermedades. Aquí mismo se definen dos de las principales dimensiones de la TM, que es la objetiva y la procedimental. Cuando la dimensión objetiva sobresale por encima de la procedimental se toman como ejemplo los aparatos de diagnóstico por imágenes o el riñón artificial. Cuando predomina la dimensión procedimental sobre la objetiva se denotan las instrucciones quirúrgicas, almacenamiento de datos en soporte electrónico o en la elaboración de la historia clínica computarizada [1].

La medicina ha sufrido cambios significativos a través del tiempo, el ser humano lucha por conseguir artilugios que faciliten la detección de un problema en la salud, a pesar de que el desarrollo de estos dispositivos es tardado, la mayoría de estos llegan para quedarse y ayudan a erradicar dicha inquietud. Entre estos se encuentran el pulmón en 1929, la penicilina aplicada en 1944, el respirador artificial en 1950, aparatos de tomografía computada, de resonancia magnética, entre otros que se van sumando a una larga lista [2].

Dentro del desarrollo de las diferentes tecnologías que existen actualmente se encuentra la Realidad Aumentada (RA) ayudando en diferentes áreas de la medicina. Si bien este término no nace en esta área, sino que toma lugar a mediados del siglo XX, en 1962, Morton Heilig crea un simulador de una motocicleta llamado Sensorama que recreaba un

mundo real en un sistema virtual ya que incluía imágenes, sonido y vibración. Durante 30 años se siguieron desarrollando aplicaciones, pero enfocadas en la Realidad Virtual.

En 1992, Steven Feiner, Blair MacIntyre y Doree Seligmann diseñan el primer prototipo importante de un sistema de RA, denominado Karma [3]. A pesar de que en esa fecha se crearon los cimientos de esta temática no es hasta el año 2000 que se presenta ARQuake, uno de los primeros juegos al aire libre para dispositivos móviles [3].

Con la llegada de inversores a las compañías encargadas del desarrollo de la RA e impulsando el mundo comercial, sale al mercado en el 2008 una aplicación Android llamada AR Wikitude Guía [3]. Esta aplicación permitía al usuario por medio de la cámara, enfocar algún objeto y obtener información en tiempo real sobre el lugar de interés donde se encuentra el mismo gracias a la representación de la imagen obtenida [3].

Siendo así la RA de gran ayuda a las personas encargadas de la salud hoy en día, tomando como ejemplo a un cardiólogo que utiliza un scanner de tecnología Doppler con el que se acercaría al paciente y determinaría todo lo relacionado con el funcionamiento del corazón: como el ritmo cardiaco, presión arterial, problemas coronarios entre otros factores. Todo esto se podría lograr solo con ver en la pantalla el corazón del paciente.

Para los neurólogos, las resonancias magnéticas serían más fáciles de realizar ya que podrían comparar los resultados con modelos que ya están establecidos, y así poder obtener datos de manera gráfica y en tercera dimensión. Por último, pero no menos importante se puede presentar la RA en el ámbito biomédico, actualmente ya se encuentran laboratorios desarrollando sistemas de cirugía que permiten modelar estructuras internas por encima del paciente, permitiendo, de manera eficiente y rápida, detectar puntos de corte apropiados, órganos internos, entre otras cosas [3].

Con esto, la RA ha ayudado notablemente a que doctores y practicantes se desenvuelvan con mucha más libertad dentro de su área, ya que es imprescindible que dentro de la misma no se cometan errores.

Dentro del campo óptico se muestra un proyecto que ha dado mucho de qué hablar y que hoy en día sigue teniendo un gran impacto en la tecnología, el aparato conocido como Google Glass que fue desarrollado por Babak A. Parviz, es uno de los mecanismos que

cambio la manera de ver la vida. Su idea es simple, crear un lente de contacto para poder aumentar las capacidades de visión del ser humano, dicho lente contaría con circuitos electrónicos integrados y una pantalla led muy pequeña que presentaría información. Debido al tamaño tan diminuto que se tendrían que manejar para poder implementar circuitos de control, comunicaciones y antenas se optó por utilizar gafas en lugar de un lente de contacto [3].

Otro proyecto que tiene poco de haber sido realizado es el de la Escuela de Medicina de la Universidad de Washington [4], un grupo de científicos desarrollaron unos lentes de RA que pueden diferenciar las células con cáncer de las que están sanas. Dicho descubrimiento podría suponer un cambio significativo a la hora de realizar una operación, ya que brindaría precisión sobre el área que está afectada. Por medio de las gafas se identificaría mejor cual es el tejido que debe ser extirpado.

Los alumnos de la Universidad de Sevilla realizaron un estudio para conocer el grado de aceptación de la RA en los estudiantes de nivel superior que cursaban la materia de anatomía y embriología humana, mostrando en dicho documento que los alumnos tienen un alto grado de satisfacción al incorporar estas herramientas en la práctica educativa. Ellos utilizaron las herramientas Metaio Creator y Metaio SDK para producir los objetos que se les mostrarían a los compañeros. El proceso consistió en desarrollar 4 huesos del cuerpo humano en la aplicación, explicar en qué consiste la RA, mostrar los huesos producidos y lo que se puede hacer desde dicho programa, y, por último, que cada alumno de la muestra trabaje desde su teléfono con la aplicación ya descargada [5].

Actualmente en el mercado se encuentra una de las aplicaciones con mayor auge y que lleva mucha ventaja a su competencia, al ser una de las más completas y dinámicas se vuelve de las favoritas entre los estudiantes y maestros, Anatomy 4D [6], desarrollada por DAQRI. Es una aplicación que pretende hacer llegar al alumnado los conocimientos anatómicos vinculados a los diferentes sistemas corporales a través de un cauce tan atractivo como es la RA.

1.2 Definición del problema

Los alumnos del Instituto de Ciencias Biomédicas (ICB) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), necesitan una manera fácil y práctica de estudiar los componentes del sistema óseo, debido a que la forma tradicional resulta más confusa y compleja, se realizaron encuestas para determinar si este problema existía o no, ver Apéndice A.

Se busca implementar la Realidad Aumentada en esta área para un estudio fácil y práctico en el cual no solo observen el esqueleto, sino que también puedan interactuar con él a través de una aplicación móvil bajo el sistema operativo Android.

1.3 Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil de enseñanza que ayude a los estudiantes de carreras médicas a familiarizarse con el sistema óseo por medio de la Realidad Aumentada.

Objetivos Específicos

- Tomar en cuenta la bibliografía que se utiliza en medicina y en las carreras afines para familiarizarse con la terminología del sistema óseo y facilitar el desarrollo de la aplicación.
- Desarrollar la aplicación bajo el sistema operativo Android con la información que se recabó respecto al tema.
- Realizar las pruebas necesarias a la aplicación, para examinar la estabilidad y fluidez de esta.

1.4 Preguntas de Investigación

- ¿De qué manera ayudará la aplicación de Realidad Aumentada con el estudio del sistema óseo?
- ¿Cuál será el nivel de aceptación de los alumnos con la aplicación propuesta?

1.5 Justificación

La principal razón para la creación de esta aplicación es debido a que en México existe un número limitado de herramientas de Realidad Aumentada que se pueden utilizar en el ámbito estudiantil, concretamente en el área de medicina. Actualmente se encuentra en

existencia la aplicación Anatomy 4D que ayuda al aprendizaje de los alumnos. No obstante, existen algunas restricciones que impiden obtenerla en el país dentro de las diferentes plataformas móviles, así como también se encuentra en idioma inglés y requiere hojas impresas donde viene el marcador que despliega el sistema aumentado y permite el funcionamiento correcto de la aplicación.

Con la aplicación que se desarrollará se pretende abarcar la población de los alumnos de ICB que necesiten estudiar el sistema óseo y que cuenten con un dispositivo móvil con sistema operativo Android, diseñándola en idioma español y sin la necesidad de hojas impresas. En la institución educativa antes mencionada se encuentra la osteoteca en la cual almacenan los componentes del sistema óseo, estos se encuentran en físico y pueden ser estudiados con mayor precisión por los estudiantes.

Así mismo la herramienta facilitaría la forma de estudiar de los alumnos, ya que en ocasiones la manera de aprender resulta monótona al siempre utilizar un libro o una computadora. Se pretende que la aplicación sea en un principio para uso estudiantil de la UACJ, no obstante, se podría hacer uso público de la misma. La única condición sería que la persona cuente con el libro obligatorio de las materias de Anatomía I y II (“Anatomía con orientación clínica” de los autores Moore KL, Dailey AF, Agur AMR) para que los nombres de los diferentes componentes del sistema óseo tengan similitud con los modelos 3D de la aplicación. Este libro fue considerado como bibliografía en el desarrollo de este proyecto.

II. Marco Referencial

Dentro de esta sección se describe el marco teórico el cual presenta como trabaja la Realidad Aumentada en las diferentes áreas que hay en la actualidad, de igual manera se presenta el marco tecnológico el cual describe las diferentes técnicas y programas que son utilizados para desarrollar esta tecnología.

2.1 Marco teórico

2.1.1 Tecnología Educativa

Hoy en día se vive en un mundo tecnológico, y es llamado así, porque el ser humano busca facilitar su vida cotidiana, implementando nuevas soluciones mecanizadas, actualizando la forma de trabajar con procesos informáticos, estudiando cierto tema de un libro sin la necesidad de tenerlo en físico, etc. Solo es necesario utilizar una computadora o un teléfono celular. En ese punto es primordial contar con las herramientas necesarias para poder vivir a las exigencias del día a día. Con el paso del tiempo se van mejorando las herramientas con las que una persona trabaja.

Antes era de vital importancia consultar libros en una biblioteca en formato físico o hacer una presentación en hojas de rotafolio y/o cartulina. En estos días es fácil acceder a casi cualquier libro que uno desee mediante una conexión a internet desde una computadora o un teléfono móvil, y desarrollar un conjunto de diapositivas a manera de presentación visual.

Un término que sobresale por su importancia en la actualidad es la Tecnología Educativa (TE). Si bien esta expresión tiene diferentes raíces, en su mayoría comparten el mismo significado; la TE es una disciplina que estudia los procesos de enseñanza y de transmisión de la cultura mediados tecnológicamente en distintos contextos educativos [7].

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) mencionó dos pensamientos básicos acerca de la TE:

- Se concibe como el modo sistemático de pensar, aplicar y evaluar el conjunto de procesos de enseñanza y aprendizaje, teniendo en cuenta los recursos técnicos y

humanos y las interacciones entre los mismos, como forma de obtener más efectiva la educación que se imparte.

- El otro pensamiento fue el de considerar que la TE se creó para el uso de fines educativos, como los medios audiovisuales, televisión, computadoras y otros tipos de software y hardware [8].

La tecnología lleva mucho tiempo asistiendo a profesores y estudiantes en su trabajo diario. Los procesadores de texto, las calculadoras, las impresoras y las computadoras se han utilizado para las actividades escolares que los requieren. Con el Internet y la tecnología en auge se incorporan aún más elementos especializados al medio educativo. Pizarras interactivas, aulas virtuales y un abundante número de recursos electrónicos para llevar a cabo investigaciones o realizar trabajos escolares [9]. En ese punto, es primordial hacer énfasis que la tecnología ha ayudado no solo al sector empresarial sino al sector educativo, favoreciendo el método de enseñanza que particularmente se vuelve tedioso y/o monótono. Una de las áreas educativas que es foco de atención es la medicina, ya que actualmente es una carrera universitaria que requiere amplio conocimiento en la misma y en ocasiones para la comunidad estudiantil resulta complicado memorizar tantos términos.

Con la tecnología actualizándose constantemente en la rama educativa, es fácil ver que la calidad de aprendizaje mejore notablemente, eficaz y productivamente en el aula, ya que parte del alumnado prefiere cargar consigo su computadora o el celular antes que un libro. Las aplicaciones para tabletas y teléfonos inteligentes cada vez son más accesibles a los alumnos y el aprendizaje se facilita con fotos, videos, podcasts, conferencias en línea y artículos científicos. Estas herramientas obligarán a las escuelas de medicina a adecuarse a la modernidad del conocimiento, tal como ya viene ocurriendo en universidades de Estados Unidos y Europa [10].

Los cambios tecnológicos conllevan tanto a desafíos como a oportunidades. El desafío fundamental es educar a los médicos en el uso de las tecnologías disponibles, y de ese modo readaptar la práctica médica. Las oportunidades nacen en el potencial de las tecnologías informacionales para transformar la práctica médica haciéndola más efectiva [11].

El correcto empleo de estas tecnologías favorece un mayor alcance de información que a su vez mejorarían considerablemente los sistemas de salud, todas estas fueron creadas por la necesidad de seguir aprendiendo y siguen actualizándose para ser usadas en el ámbito estudiantil. No obstante, muchas de las ocasiones con la modernidad actual se utilizan en el área laboral medicinal.

En [12] se menciona que, *“varias Facultades de Medicina de los Estados Unidos, tienen estudiantes con iPads y Smartphone, algunas incluso facilitan fondos para su compra, como la Universidad de Stanford (Programa eStudent) y la Facultad de Medicina de Irvine de la Universidad de California”*.

Dentro de los diferentes ámbitos de desarrollo tecnológico que existen actualmente, el de la salud es uno de los principales con mayor importancia ya que las personas son susceptibles a padecer enfermedades. Con el paso del tiempo se crean equipos novedosos que ayudarán en la labor de enfermeras(os), médicos, odontólogos y demás profesionales de la salud. Muchos datos se obtienen por medio de la computadora, se busca información a través de Internet, la Realidad Virtual es cada día más utilizada, se amplía el uso de la multimedia en casa, en el colegio, en las universidades, entre otras cosas [13].

2.1.2 Realidad Aumentada

Una de las principales tecnologías que está en auge y que ha dado de que hablar es la Realidad Aumentada (RA) ya que con la misma se ha facilitado la forma de estudio, ampliando considerablemente las áreas de aprendizaje.

En [14] mencionan que, *“la Realidad Aumentada está relacionada con la tecnología llamada Realidad Virtual que sí está más extendida en la sociedad; presenta algunas características comunes como por ejemplo la inclusión de modelos virtuales gráficos 2D y 3D en el campo de visión del usuario. La principal diferencia es que la Realidad Aumentada no reemplaza el mundo real por uno virtual, sino al contrario, mantiene el mundo real que ve el usuario complementándolo con información virtual superpuesta al real. El usuario nunca pierde el contacto con el mundo real que tiene al alcance de su vista y al mismo tiempo puede interactuar con la información virtual superpuesta.”*

Una concepción diferente del término de la RA, menciona que es la expresión que se utiliza para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real combinada

con elementos virtuales para la creación de una Realidad Mixta a tiempo real. Todo ello se consigue gracias a un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente [3].

La RA es una tecnología que integra las señales captadas del mundo real (video y audio) con señales que son generadas por computadores (objetos gráficos tridimensionales y bidimensionales); construye nuevos mundos coherentes, tomando objetos del mundo real y objetos del mundo virtual. Toma diferentes tecnologías para poder trabajar de manera correcta como lo es el procesamiento de imágenes el cual toma la cualidad de resaltar aspectos en las imágenes captadas por una cámara de video; de los gráficos por ordenador toma la síntesis de objetos tridimensionales y sus transformaciones. Gracias a la teoría de interfaces graficas ha sido posible la construcción de nuevas metáforas dentro de estos mundos mixtos [3].

Un sistema de RA general se inicia con el registro de las señales del mundo real (video y audio, aunque se continúan evaluando subsistemas para la síntesis de señales para los otros sentidos). Estas señales son procesadas por un sistema de realce de objetos para preparar la imagen para la segmentación o extracción de objetos y el reconocimiento de patrones y marcas propias. Este proceso permite determinar en dónde hay que remplazar un objeto real por uno virtual, cuál objeto virtual debe colocarse sobre el espacio real (el espacio de video e información) y en qué posición y perspectiva [3].

Para agilizar el proceso y permitir una mayor interactividad, es conveniente crear una base de datos y preparar al sistema para evitar cálculos innecesarios en el tiempo de ejecución. Dentro de todo sistema de RA se encuentran, al menos cuatro tareas que son necesarias y fundamentales para poder llevar a cabo este proceso de aumento; las cuales son:

- 1) La captación de la escena, que podría ser considerada la tarea más importante ya que es la encargada de identificar el escenario que se desea aumentar, es indispensable contar con un mecanismo que permita recoger la escena para que pueda ser procesada. Existen dos tipos de dispositivos físicos que logran esta tarea, los cuales son: de video-through, que son los que utilizan una cámara de video o algún móvil siempre y cuando tenga cámara, y solo sirven para capturar la imagen o el video. Y los see-through, que

son los dispositivos que capturan la escena y muestran en tiempo real la información aumentada al usuario. Un ejemplo son los Head Up Display (HUD) o Visualización Frontal, que son los utilizados por los pilotos de aviones de combate para mostrar información como altura, velocidad, identificación de blancos, etc.

- 2) Identificación de escenas, es el cual indaga que escenario físico real el usuario quiere aumentar con información digital, este proceso puede ser completado utilizando o no marcadores. Un marcador es un objeto cuya imagen es conocida por el sistema, lo puede reconocer por medio de su geometría, color o mediante ambas características. Regularmente para el reconocimiento de marcadores se utiliza un primer escaneo en profundidad sobre la imagen, después, se establece un rango de variación en el movimiento del marcador para el posterior fotograma, en su procesamiento, el rango de búsqueda ya se encuentra acotado a un espacio muy inferior al inicial. Por lo que el tiempo decae considerablemente, ya que se utilizan menos técnicas de reconocimiento localizando el marcador en un lapso menor. Una vez detectado, se procede a las tareas específicas de mezclado y aumento en los sistemas de RA. Este proceso se realiza de forma iterativa mientras la aplicación está en ejecución. Al no utilizar marcadores es posible identificar la escena mediante reconocimiento de imágenes o mediante la estimación de la posición.
- 3) Técnicas de mezclado de realidad e información adicional, este proceso tiene lugar en los sistemas de RA y sirve para sobreponer la información digital que se quiere ampliar sobre la escena real capturada, esta información digital puede ser tanto de carácter visual como auditivo o táctil. En los sistemas de RA, los dispositivos de visualización son de dos dimensiones, como pueden ser las pantallas de computadora, teléfonos móviles, etc. Esto puede llevar a pensar que sólo es posible representar información bidimensional, es posible simular la sensación de tridimensionalidad en un plano 2D. Para realizar esta conversión se suele utilizar la técnica de proyección de perspectiva (o proyección de puntos). Esta técnica consiste en simular la forma en que el ojo humano recibe la información visual por medio de la luz y cómo genera la sensación 3D. Así pues, consiste en la superposición de dos imágenes bidimensionales captadas desde diferentes ángulos, dando la sensación de profundidad inexistente en imágenes 2D.

- 4) Visualización de escena, el último y más importante proceso que se lleva a cabo, es el de visualizar la escena real con la información que se añade a la misma. Hay dos mecanismos de visualización habituales que son los sistemas de bajo coste y los de alto coste. Para diferenciar estos mecanismos, el primero se refiere a los sistemas de visualización que se encuentran integrados en dispositivos móviles y fijos (ordenadores personales) y que el usuario puede adquirir a un bajo costo y de manera sencilla sin la necesidad de tener que conseguir elementos extras. Para el caso de los sistemas de alto coste un ejemplo claro de este mecanismo son los Head Up Display, aunque son muy pocos los que se utilizan actualmente en la RA, aun se siguen usando ya que mantienen interactividad con el usuario [3].

El reconocimiento de imágenes es un proceso de vital importancia en los sistemas de RA, sin él, sería casi imposible detectar el medio físico sobre el que se desea ampliar la información. Este consiste en extraer la información necesaria para identificar el escenario real que se quiere aumentar por medio de las imágenes que recibe el dispositivo.

De manera general, el proceso de reconocimiento de imágenes consiste en los siguientes pasos. En primer lugar, se adquiere la imagen mediante algún dispositivo preparado para llevar a cabo esta tarea. Una vez adquirida la imagen se realiza una etapa de procesamiento para eliminar imperfecciones de la imagen tales como ruido. Cuando se ha preprocesado la imagen se procede a su segmentación para buscar información característica en ella que pueda ser de utilidad para posteriores tareas. Tras la fase de segmentación se procede a la búsqueda de características morfológicas tales como perímetros o texturas. A esta etapa se le denomina representación y descripción. Por último, se procede al reconocimiento e interpretación de la escena mediante redes neuronales, lógica borrosa, etc. No necesariamente se deben implementar todas las fases.

En la fase de procesamiento digital se trata de cuantificar y codificar la señal de video o fotografía recibida en forma de imagen, el objetivo de esta fase es obtener una imagen nueva que mejore o destaque su calidad o algún atributo. Existen técnicas para procesado procedentes de las señales que se pueden categorizar por, distancia entre píxeles y procesos de convolución y operadores de correlaciones. Existe otro tipo de técnicas de procesado de

carácter heurístico que se basan en un conjunto de procedimientos sobre el procesamiento digital de las señales y otras manipulaciones matemáticas, se agrupan en realce o aumento del contraste, suavizado o eliminación del ruido y detección de bordes.

Una vez procesada la imagen, el sistema entrenado o experto detecta rasgos únicos que permite identificar a la misma para después seleccionar que tipo de información se mostrará al usuario [3].

La identificación de escenarios mediante posicionamiento se realiza gracias a la estimación en la posición y orientación del usuario, concluyendo de esta forma qué es lo que está viendo en cada momento. Esta información extra proporciona una mayor precisión a la hora de especificar y capturar datos del mundo real que rodea al usuario. Entre las principales técnicas se encuentra el uso del dispositivo GPS, una brújula digital y sensores de movimiento (acelerómetros o giroscopios) ya que aportan información para estimar la posición local dispositivo en todo momento [3].

¿Cómo funciona la RA en la Medicina?

Ahora bien, combinando esta tecnología que constantemente va mejorándose para el ser humano con una rama tan importante como lo es la medicina. Se tiene que en este campo es donde la RA sigue siendo desarrollada y actualizándose día con día, ya que ha generado un gran interés, debido a la cantidad de información que puede aportar una imagen, y la rapidez con la que analiza la misma.

En [15] se menciona que, *“en medicina existen soluciones de RA enfocadas a varias áreas para la visualización, dentro de las que sobresalen las de análisis de imágenes biomédicas, simulación de sistemas fisiológicos, entrenamiento en anatomía, y visualización de procedimientos quirúrgicos, donde las diferentes especialidades médicas han encontrado una herramienta poderosa para su aplicación y uso”*.

2.1.3 Sistemas óseos en la RA

Una aplicación más en este campo se centra en la cirugía mínimamente invasiva. Es una aplicación que superpone en tiempo real la reconstrucción 3D de las estructuras internas del paciente sobre la imagen de vídeo. Esto supone una ayuda para el cirujano, puesto que ve en todo momento como es la estructura interna del paciente, pudiendo llevar mejor la

operación. Además, supone una reducción de los costes de la operación y en el tiempo invertido en ella [16].

Otra aplicación online de RA utilizada por la Universidad Nacional del Comahue, Argentina, nombrada Anatomía, trabaja en base a marcadores, el esqueleto, cráneo, tronco, cuello y extremidades superiores e inferiores [17].

Los mismos estudiantes de la Universidad de Argentina hacen uso de dos aplicaciones offline, una llamada iSkull AR donde permite observar el cráneo desde una perspectiva muy realista, donde a través de colores se indican sus diferentes componentes. El cráneo se puede rotar, lo que da la posibilidad de observar claramente cada región que lo compone, además se puede aumentar y obtener capturas de imagen en el momento que se necesite.

También existe una aplicación llamada Anatomy 4D donde mencionan que permite el trabajo con los distintos sistemas del cuerpo humano, explorándolos en profundidad a través de la experiencia 4D, ofreciendo además la oportunidad de entender sus interrelaciones en el espacio [17].

Alumnos de la Universidad Autónoma de ICA, Perú, en 2015, desarrollaron una aplicación de Realidad Aumentada, en donde utilizaban el modelado en tercera dimensión para el sistema circulatorio, respiratorio, digestivo y el óseo, llamada ARForEducation, la cual fue una innovación tecnológica en el lugar donde ellos residían. A pesar de ser una aplicación bastante completa, no modela cada uno de los huesos, sino que lo subdivide en esqueleto, cráneo, tórax, columna, extremidad superior, extremidad inferior, mano y cadera [18].

2.2 Marco tecnológico

Para estos tiempos ya existe una relación entre la tecnología y la medicina que nos ayuda hoy en día; la tecnología ha ido avanzando en muchos campos, uno de ellos es el de la medicina, en el cual la RA ha empezado a dar pasos para el mejor aprendizaje y trabajo de ciertas áreas.

Para la realización de este proyecto se consideraron varias herramientas a utilizar, como lo son las tecnologías de desarrollo, IDE'S, gestor de base de datos de imágenes, y un lenguaje de programación para el diseño y desarrollo de la aplicación.

2.2.1 Tecnologías de desarrollo móvil

Desde la creación de dispositivos móviles, tales como teléfonos y tabletas, se ha generado una alta demanda de aplicaciones y contenido, las compañías se encargarán de responder a la brevedad posible estas solicitudes [19].

Estas son algunas tecnologías que se pueden emplear en el desarrollo de aplicaciones:

- **HTML5 Responsive:** esta herramienta es útil para el diseño de aplicaciones web, que ayudan a la adaptabilidad visual de los dispositivos, organizando los elementos dentro de la pantalla del dispositivo y se pueda acceder fácilmente [19].
- **HTML5:** es para diseño de páginas web un poco más específicas para los dispositivos móviles. El sitio web es diseñado más acorde a las especificaciones del dispositivo móvil que se utiliza para acceder a las aplicaciones realizadas con dicha herramienta [19].
- **Aplicación web móvil con HTML5:** es prácticamente lo mismo que la herramienta anterior. La diferencia consiste en que empaqueta las aplicaciones para el mercado. Un ejemplo de esta es Facebook, que se puede acceder desde un navegador ingresando el URL, o ingresando a la tienda de los dispositivos y bajar la aplicación [19].
- **Aplicación nativa con HTML5:** esta herramienta nos permite desarrollar solo una vez y ser distribuida en los sistemas operativos como IOS y Android. Además de agregar características que no estaban disponibles en otras alternativas [19].

- **Aplicación nativa:** se construyen en entornos propios de desarrollo facilitado por las fábricas del sistema operativo. Se programa según el lenguaje del dispositivo [19].

IDE (Entorno de desarrollo integrado)

El entorno de desarrollo integrado en pocas palabras y como lo dice el mismo nombre es un entorno de programación empaquetado como aplicación. Este entorno nos ayuda a la codificación, compilación, depuración y a construir la interfaz gráfica [20].

Los IDE son un marco de trabajo según la necesidad del usuario y el lenguaje de programación con el que se vaya a programar alguna aplicación. Algo muy importantes es que sean compatibles con el mayor número posible de lenguajes de programación sobre todo con los más reconocidos [20].

2.2.2 Gestores de base de datos para imágenes

1) Vuforia



Figura 1. Vuforia [21].

Esta herramienta (Figura 1) es un SDK (Software Development Kit) el cual ofrece al usuario crear aplicaciones en Realidad Aumentada; si se desarrolla una aplicación con esta herramienta, se utiliza la pantalla de un dispositivo para crear una conexión entre la realidad y la RA ya sea con letras, figuras, imágenes, etc. [22].

Para el desarrollo de una aplicación el software ofrece las siguientes ventajas:

- Reconoce el texto.
- Reconoce las imágenes.
- Tiene un rastreo más robusto (esto implica que, al momento de fijar un objeto con el dispositivo, este no se pierda incluso aun si el dispositivo se mueve).
- Detecta rápido los puntos objetivos, así como rastreo simultáneo de los mismos.
- Disponibilidad en Windows, Linux, Mac, Android y IOS.

Vuforia cuenta con vinculación con diferentes programas, esto permite a los desarrolladores crear mejores experiencias bastante atractivas en la RA y les permite desplegar sus trabajos en varias plataformas y dispositivos móviles con sistema operativo IOS, Android y UWP [23].



Figura 2. Ground Plane [23].

Como se muestra en la Figura 2, el Ground Plane, es una de las herramientas disponibles entre la conexión de Vuforia y Unity, esta permite colocar contenido digital en una superficie, puede ser una mesa o en el suelo. Esta característica es compatible con las plataformas de IOS y Android [23].



Figura 3. Model Targets [23].

El Model Target, como se muestra en la Figura 3, permite a los desarrolladores reconocer cierto tipo de objetos partiendo desde su geometría. Estos ayudan y son mejores para

colocar contenido de RA encima de otros objetos, como casas, vehículos, muebles, etc. [23].

2) Artoolkit



Figura 4. Artoolkit [24].

Artoolkit (Figura 4) es también una herramienta para la creación de aplicaciones en RA. Estas aplicaciones implican el uso de imágenes virtuales en el mundo real [25].

- Seguimiento de posición y orientación de una sola cámara.
- Código de seguimiento que utiliza cuadros negros simples.
- Código de calibración de cámara fácil.
- Velocidad en las aplicaciones de AR en tiempo real.
- Compatible con Windows, Linux y Mac.
- Esta distribuido con el código fuente completo.

Algunos aportes realizados por Artoolkit a la RA son los siguientes:

- **3D-Live:** Una interfaz para colaboración remota. Los usuarios pueden ver video virtual a tamaño real de personas remotas superpuestas sobre el mundo real frente a ellas [26]. Ejemplo Figura 5.



Figura 5. 3D-Live [26].

- **Realidad Aumentada HandHeld:** Este proyecto da los primeros pasos para llevar la RA a dispositivos verdaderamente móviles. La aplicación SignPost guía a un usuario a través de un edificio desconocido al mostrar una variedad de sugerencias de navegación [26]. Ejemplo Figura 6.



Figura 6. Realidad Aumentada HandHeld [26].

- **FaiMR (Instructor de Montaje de Muebles en MR (Mixed Reality)):** La idea es conectar instrucciones manuales directamente a las partes de un mueble ensamblado. Se usa la Realidad Mixta que combina la realidad (captada por una cámara web) con información adicional utilizando gráficos comunes en 2D y 3D que se superponen [26]. Ejemplo Figura 7.



Figura 7. FaiMR [26].

2.2.3 Motores de implementación para el modelo gráfico

1) Unity



Figura 8. Unity [27].

Unity (Figura 8) es una herramienta utilizada como motor de desarrollo para la creación de juegos o cualquier contenido interactivo en 3D. Esta herramienta es completamente integra y ofrece muchas funciones para el desarrollo de juegos. Para el año 2017, Unity ha tenido cambios significativos, tal como herramientas potentes como lo son el timeline y el cinemachine [27], [28].

Características:

- Cuenta con disponibilidad en Windows y Mac, así como con Android y IOS.
- Apoyo en el desarrollo de tecnología en 2D y 3D con funciones específicas.
- Cuenta con narración de historias la cual ayuda al desarrollador a crear contenido cinematográfico y secuencia de juegos.
- Incluye un motor de renderizado en tiempo real, que crea un aspecto visual de muy buena calidad.
- Su instalación es rápida y personalizable.

Unity ha hecho grandes aportes al área de la RA, muchos de ellos algo simples pero que son grandes pasos.

- **Cozmo (Figura 9):** Aplicación desarrollada por Anki Fireworks, que utilizó Unity, para poder demostrar a los usuarios y espectadores como es que funciona el interior de la cabeza de su robot cozmo [29].



Figura 9. Cozmo [29].

- **ARCore Wizard of Oz (Figura 10):** Aplicación desarrollada por Google, valiéndose del uso de Unity, en el cual se utilizó la RA para crear el mundo de Oz, haciendo aparecer un león en la habitación, creado a base de Unity para un dispositivo móvil [29].



Figura 10. ARCore Wizard of Oz [29].

- **Swapbots:** Aplicación creada por Vuforia y Unity, la cual es un juego donde los niños dan vida a juguetes a través de la RA como se muestra en la Figura 11 [29].



Figura 11. Swapbots [29].

2) Unreal Engine 4



Figura 12. Unreal Engine [30].

Es un conjunto de herramientas de desarrollo, que está diseñado para personas que trabajen con tecnología en tiempo real. Pueden ser aplicaciones empresariales, experiencias cinemáticas hasta juegos de alto rendimiento para plataformas como la computadora personal, consolas, dispositivos móviles, Realidad Virtual y Realidad Aumentada.

Además, sus herramientas son de clase mundial y de flujos de trabajo accesible que permite a trabajadores o desarrolladores iterar rápidamente sus proyectos y ver resultados inmediatos; incluso, el acceso completo al código fuente, da libertad al usuario de modificar y extender las características de Unreal Engine 4 (Figura 12) [31].

Las características más importantes de esta herramienta son:

- La representación fotorreal en tiempo real, para lograr imágenes de alta calidad, y con un renderizado basado en la física de Unreal Engine 4.
- Acceso al código fuente C++, para estudiar personalizar y depurar todo el motor.
- La disponibilidad de crear, se refiere a codificar con las secuencias de comando de blueprint. Así como también para crear comportamiento e interacciones de objetos.
- Cuenta con un robusto marco multijugador, el framework multijugador de Unreal Engine 4 ha sido probado en varias plataformas y juegos para producir experiencias multijugador más convincentes.
- Tiene editor de materiales flexibles, y este hace uso del sombreado físico que brinda un control sin igual [31].

En WWDC (Worldwide Developers Conference que realiza Apple cada año), Apple invitó a Alasdair Coull, Director Creativo de Wingnut AR (Figura 13), al escenario para demostrar esta nueva tecnología en un iPad Pro. Diseñado por el director Peter Jackson y propulsado por Unreal Engine 4, el demo de AR asombroso trajo una escena de batalla de una nave espacial en el escenario para que el público la disfrute con todo lujo de detalles [32].



Figura 13. Wingnut AR [32].

2.2.4 Herramientas para el modelado 3D

1) Blender



Figura 14. Blender [33].

Blender (Figura 14) es un conjunto de herramientas de código abierto y gratuito para la creación de animaciones y modelos 3D. Es compatible con la totalidad de canalización 3D: modelado, rigging, animación, simulación, renderizado, composición, seguimiento de movimiento, incluso edición de video y creación de juegos.

Blender es un proyecto público, realizado por cientos de personas de todo el mundo; por estudios, artistas individuales, profesionales y aficionados, científicos, estudiantes, expertos en VFX (Visual Effects), animadores, artistas de juegos, modders, y la lista continúa.

Cuenta con el motor Cycles (Figura 15), que es un trazador de trayectoria imparcial que ofrece una impresión realista. También cuenta con procesamiento de CPU y GPU y soporte de renderizado VR (Virtual Reality). La amplia gama de herramientas de modelado de Blender, hacen que el crear, transformar y editar sea muy fácil [33].

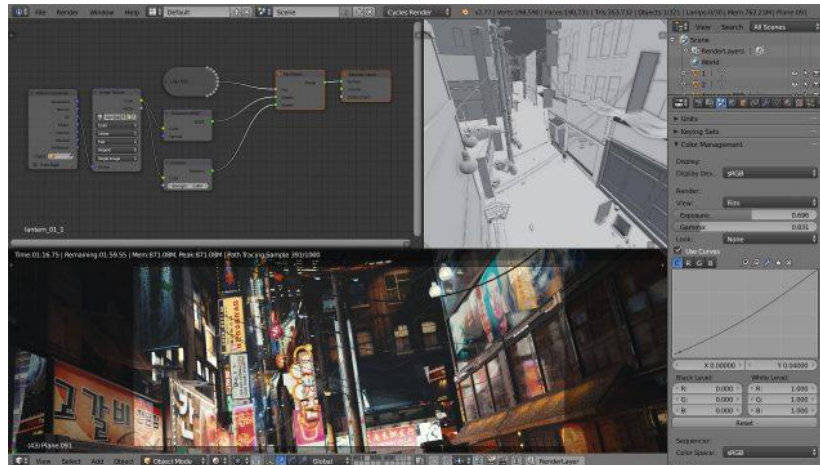


Figura 15. Cycles [33].

Otras especificaciones del programa Blender:

- 1) Soporte completo de N-Gon.
- 2) Edge slide, inset, grid y bridge fill.
- 3) Herramientas y pinceles avanzados para esculpir.
- 4) Multi-resolución y subdivisión dinámica.
- 5) Pintura 3D con pinceles con textura y máscara.
- 6) Scripts de Python para herramientas personalizadas y complementos [33].

2) Maya



Figura 16. Maya [34].

Es un software que permite la renderización, simulación, modelado y animación 3D, el cual ofrece herramientas que son usadas para la creación de animaciones, entornos, gráficos de movimientos y Realidad Virtual [35].

- Maya (Figura 16) trabaja intuitivamente con coordenadas UVs, las cuales son referencias que serán utilizadas para poder aplicar alguna textura a un modelo y que esta se adapte al mismo en forma correcta.
- Cuenta con prestaciones como polygon bridge, las cuales permiten al usuario que el tiempo consumido en el modelado y texturizado de antes, sea más rápido y sencillo.
- Trabaja sin dificultades con software de postproducción mediante el software Autodesk toxiq™.
- Tiene compatibilidad con Microsoft Windows Vista Business (SP1 o superior), Microsoft Windows XP Professional (SP2 o superior) y con Apple Mac OS X 10.5.2 del sistema operativo o superior.
- Cuenta con herramientas potentes permiten el modelado y texturizado de objetos, la creación y gestión de animaciones y ensambles en grandes cantidades.
- Las herramientas que se utilizan en la industria del cine permiten cubrir demandas de clientes en ámbitos de publicidad, televisoras o industrias de videoclips musicales [36].

III. Desarrollo del proyecto

En esta sección se describen las actividades necesarias para el desarrollo del proyecto, las cuales se realizaron en base a la metodología en cascada, la cual presenta las siguientes fases: Análisis, Diseño, Implementación, Pruebas y Mantenimiento. En el Apéndice B se muestra el cronograma de actividades en base a la metodología.

Esta metodología es un modelo de diseño de software que utiliza un proceso por pasos o etapas que se ejecutan una después de otra. Es denominada así por los lugares que ocupan las diferentes fases que componen el proyecto, ubicadas una encima de otra, siguiendo un camino de ejecución de arriba hacia abajo.

Esta es una de las metodologías más fáciles de usar, una de las principales características es que no se debe mover de fase hasta que la anterior este completamente terminada.

A continuación, se describirán cada una de las fases.

3.1. Análisis

Dentro de este apartado se encuentra el análisis de la situación actual, el análisis y selección de las posibles herramientas para el desarrollo de la aplicación y por último el análisis del sistema óseo.

3.1.1. Análisis de la situación actual

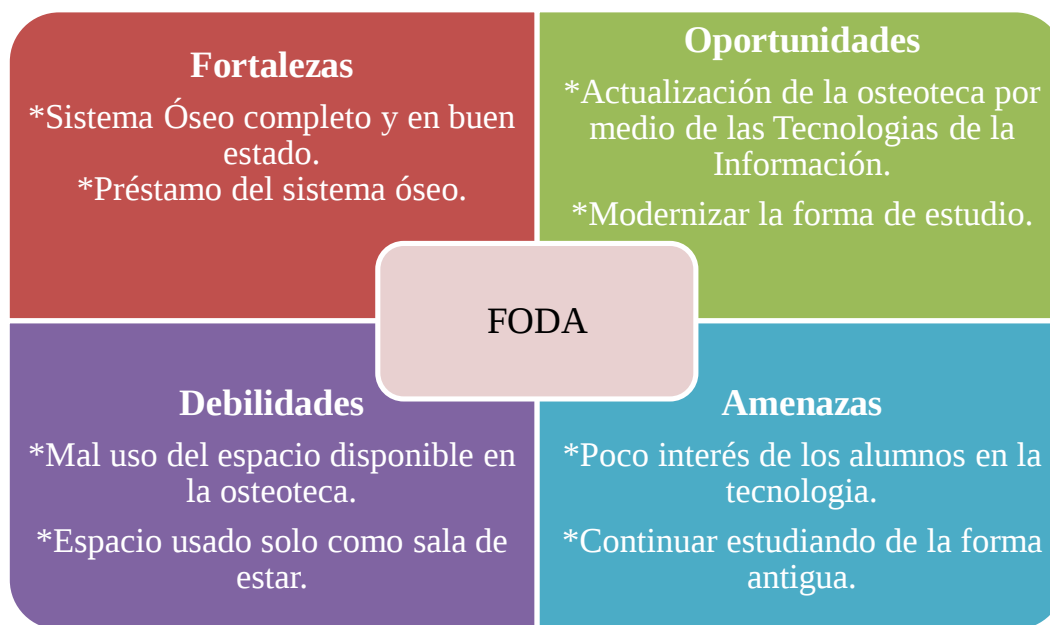


Figura 17. Análisis FODA

Se analizó la problemática existente con los alumnos de la carrera de Médico Cirujano impartida en ICB, en concreto en las materias de Anatomía 1 y 2, por medio de un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) que se muestra en la Figura 17. El problema se debe a que la forma de estudio es antigua y monótona, ya que aún siguen utilizando libros para estudiar el sistema óseo del cuerpo humano. Aunque es efectiva esta modalidad, hay jóvenes que no aprenden de manera correcta el nombre de cada hueso, ya que es limitado el préstamo de estos en la osteoteca. Por medio de encuestas (ver Apéndice A) se logró conocer la opinión de los estudiantes referente a la problemática que existía y comprobar si se necesitaba o no una mejora. En base a las respuestas dadas por los alumnos, se optó por crear una aplicación móvil de Realidad Aumentada.

3.1.2. Análisis y selección de las posibles herramientas para el desarrollo de la aplicación

Se analizaron las herramientas óptimas para la creación de la aplicación móvil de Realidad Aumentada, tomando en cuenta que hay tres componentes necesarios para que la misma funcione de manera correcta, los cuales son:

- Gestores de bases de datos de imágenes.
- Herramientas para el modelado 3D.
- Motores de implementación para el modelo gráfico.

En cada uno de los puntos anteriores, existen diferentes paquetes de software que ayudan a desarrollar la tarea de la mejor forma posible, cada uno con sus respectivas limitantes. Por motivos de tiempo y dedicación a los diferentes programas, se optó por comparar dos de cada categoría, los cuales se describieron en el marco tecnológico.

Para facilitar la selección de cada uno de los programas se tomaron en cuenta puntos clave como lo son el costo, grado de dificultad para entender el programa, la curva de aprendizaje, rapidez, fluidez, flexibilidad, grado de consumo de recursos de las computadoras, tutoriales y actualizaciones.

Por lo antes mencionado, para el gestor de base de datos de imágenes se decidió utilizar Vuforia sobre Artoolkit, ya que el mismo se encuentra online y sin costo alguno, ahí mismo se pueden subir las fotos, imágenes o dibujos que sirven como marcador. Cada uno de estos recibe por parte de Vuforia, una calificación en forma de estrella, dependiendo de los

puntos de interés que tenga. Entre más estrellas tenga el marcador, más rápido se aumenta a través de la aplicación.

En la selección de la herramienta para el modelado 3D se optó por Blender antes que Maya Autodesk principalmente por el costo, ya que Blender es gratuito y a pesar de eso, es un programa con herramientas 3D desde nivel principiante hasta avanzado, sin olvidar que es mucho más fácil de utilizar que Maya Autodesk.

Por último, se decidió utilizar Unity en lugar de Unreal Engine como motor de implementación y fue seleccionado por el uso fácil y dinámico que tiene, aunque su fuerte son los videojuegos, tiene múltiples herramientas para Realidad Aumentada, entre ellas una fácil conexión con Vuforia.

3.1.3. Análisis del sistema óseo

El sistema óseo del ser humano comprende una cantidad considerable de huesos, estos tienen que ser desarrollados y trabajados en Blender para así exportarlos a Unity, para ahí mismo dar los toques finales. Por cuestión del tiempo se analizó cual sección sería apropiada empezar a desarrollar. Se optó por realizar en primer lugar la espina dorsal y las costillas.

3.2. Diseño

En este apartado se describirán los puntos de la segunda fase de la metodología, los cuales son: bocetaje de los modelos a utilizar para la aplicación, bocetaje de la aplicación esperada, modelos 3D del sistema óseo, del cráneo y la realización de pruebas de diseño.

3.2.1. Bocetaje de los modelos a utilizar para la aplicación

Para comprender el grado de dificultad que conlleva el modelar cada uno de los huesos, se realizó un dibujo en hoja de papel donde se muestra la estructura ósea de un ser humano, ver Figura 18.

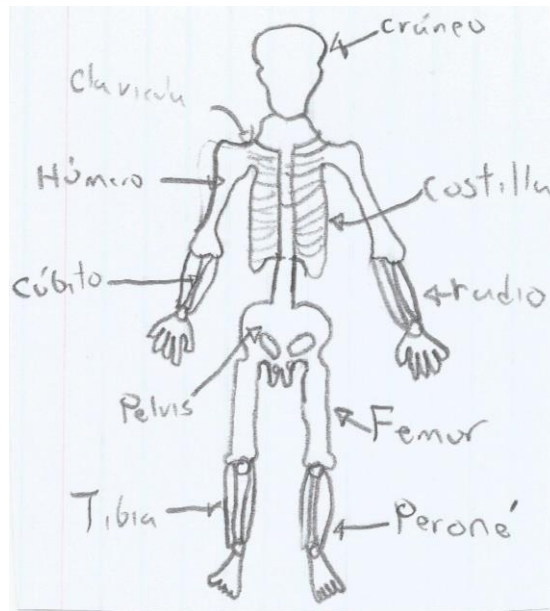


Figura 18. Primer boceto del esqueleto.

Aunque la ilustración no cuenta con calidad de diseñador, sirvió de ayuda para determinar en qué posición se deben encontrar los huesos para poder ser modelados en el software. Con la ayuda de Blender se encontró que, para poder modelar dibujos, es necesario que el objeto sea fotografiado en posición frontal y de perfil, para así tener una mayor precisión durante el desarrollo.

3.2.2. Bocetaje de la aplicación esperada

Se realizó un dibujo en donde se muestra la interfaz a diseñar para la aplicación, los elementos de la pantalla de inicio, el menú, la tipografía y las escenas incluidas, ver Figura 19.

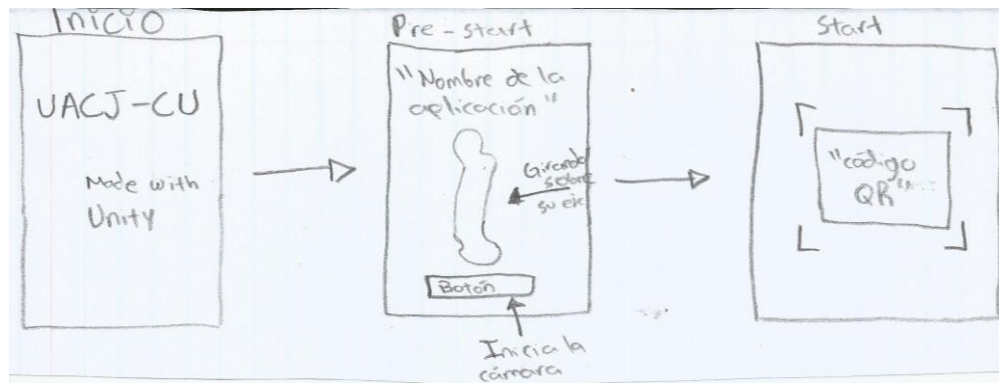


Figura 19. Bocetaje de aplicación.

3.2.3. Modelos 3D del sistema óseo y del cráneo

Con ayuda del software Blender y con el permiso que otorgó la osteoteca del ICB, se tomaron fotos de los huesos que están actualmente en dicho lugar, cada uno de ellos fue proporcionado por el encargado, ya que se encuentran en vitrinas aseguradas y el préstamo debe ser cuidadoso. Los huesos necesarios fueron retratados de frente, de perfil izquierdo, de perfil derecho y de espalda, todo esto para conseguir el menor grado de dificultad a la hora de utilizar el programa, debido a que Blender para realizar modelos más precisos requiere de las fotografías en los ángulos ya mencionados. Con el uso de diferentes técnicas en Blender se realizaron los modelos en tercera dimensión del sistema óseo, mismos que serían la base para comenzar a realizar pruebas de diseño e implementación en el motor gráfico.

3.2.4. Pruebas de diseño

Teniendo una cantidad considerable de huesos modelados en Blender, se optó por poner algún color similar al que presenta el sistema óseo, al ser un color sólido, limita de manera considerable el resultado que se esperaba obtener.

Blender proporciona una herramienta llamada mapeado UV, que, de manera breve, funciona como si se colocara una estampa encima del modelo, se eligió esta opción debido a que solo es necesario tener una textura para usarla. Para facilidad del proyecto, en internet se encuentran imágenes que cumplen con estas características, solo es cuestión de decidir cuál es la indicada y observar cómo se aprecia puesta en el modelo. El resultado se muestra en la Figura 20.

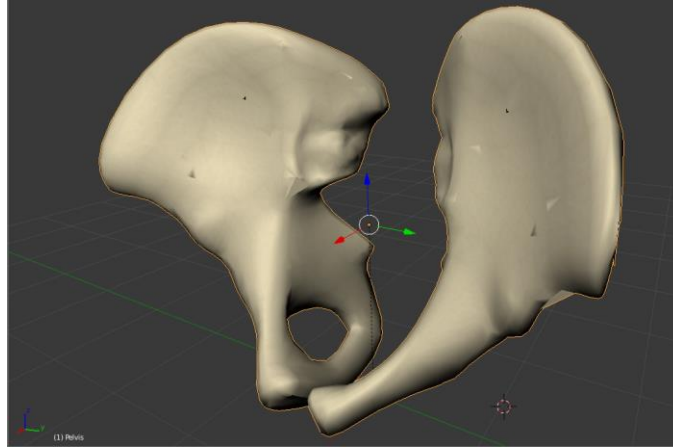


Figura 20. Modelo en Blender.

3.3. Implementación

Dentro del tercer apartado se muestran las implementaciones del proyecto las cuales son: análisis e implementación de los diferentes componentes para la conexión de los elementos, conectividad de los componentes, animaciones de los modelos y pruebas de implementación.

3.3.1. Análisis e implementación de los diferentes componentes para la conexión de los elementos

Se analizaron las diferentes técnicas para generar una aplicación funcional. Dentro del análisis se encontró que se tiene que trabajar con la base de datos de imágenes después de realizar los modelos en Blender, ya que esta es la encargada de guardar las imágenes que serán de ayuda para el desarrollo de la aplicación.

En base a proyectos anteriores, como lo son Anatomy 4D y AnatomiaRA, se prefirió utilizar la idea de usar fotografías del sistema óseo, ya que al ingresar las imágenes en Vuforia las vuelve marcadores proporcionándole puntos de interés.

Ya que el proyecto comprende utilizar objetos reales como lo son los diferentes componentes del sistema óseo; los cuales se encuentran colocados sobre una vitrina o una mesa dentro de la osteoteca. Al ser fotografiados y subidos a la base de datos de imágenes, se tiene el inconveniente de que el programa le da puntos de interés a objetos que no siempre van a estar en el mismo lugar, ver Figura 21.

IMG2437

[Edit Name](#) [Remove](#)

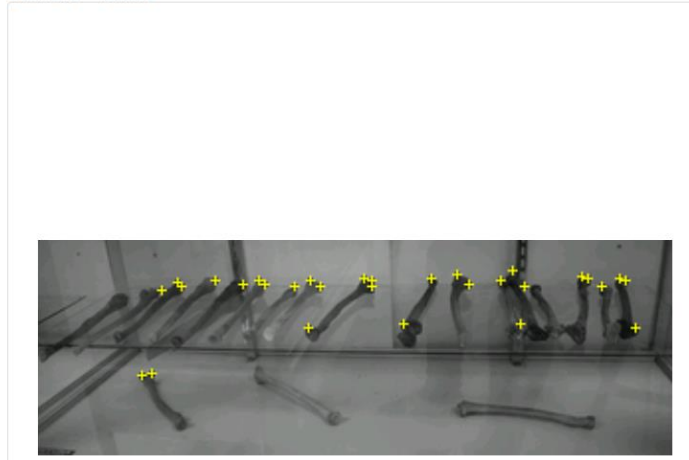


Figura 21. Puntos de interés en Vuforia

Un ejemplo claro puede ser que el prestamista encargado de la osteoteca coloque el hueso en un lugar diferente de la vitrina cada vez que sea requerido por algún estudiante.

En base a que las fotografías no proporcionarían la suficiente calificación para ser aumentable el marcador, ver Figura 22, se optó por utilizar códigos QR, ya que al generar puntos de interés estáticos se tendría la facilidad de colocar cada uno de ellos de manera impresa en cada vitrina de la osteoteca, según las piezas que se encuentren.

CodigosQR1

[Edit Name](#)

Type: Device

Targets (4)

Add Target

☐ Target Name	Type	Rating	Status v
☐  IMG2437	Single Image	★★★★★	Active
☐  IMG2378	Single Image	★★★★★	Active
☐  IMG2387	Single Image	★★★★★	Active

Figura 22. Base de Datos en Vuforia

Al ser subidos los códigos QR a la base de datos creada en Vuforia, se pudo apreciar que el cambio fue adecuado, ya que todos generan la mayor calificación proporcionada por el gestor, dicho resultado se muestra en la Figura 23.

CodigosQR [Edit Name](#)
 Type: Device

Targets (17)

Add Target

☐	Target Name	Type	Rating	Status ▾
☐	 21Rotulas	Single Image	★★★★★	Active
☐	 20Tibias	Single Image	★★★★★	Active
☐	 19Costillas	Single Image	★★★★★	Active
☐	 18Maxilares	Single Image	★★★★★	Active
☐	 12-13Escapulas	Single Image	★★★★★	Active
☐	 10-11Craneo	Single Image	★★★★★	Active
☐	 9Radio	Single Image	★★★★★	Active

Figura 23. Base de Datos en Vuforia

Una vez subidos y calificados todos los códigos QR necesarios en la base de datos, la misma se debe descargar para ser utilizada en Unity, junto con una llave de acceso única que Vuforia genera automáticamente. Esto es imprescindible para que el motor de implementación funcione de manera correcta con cada uno de los componentes.

3.3.2. Conectividad de los componentes

Teniendo lista y descargada la base de datos en Vuforia y guardados cada uno de los modelos 3D del sistema óseo con textura en Blender, el último paso es configurar el motor de implementación Unity para que sea capaz de trabajar con Realidad Aumentada.

A pesar de tener cierto grado de dificultad el encontrar los menús donde se tiene que activar la RA desde Unity, este motor de implementación en específico tiene las herramientas apropiadas para poder desarrollar una aplicación móvil funcional por medio de escenas.

Al ser configurado Unity para aceptar la comunicación entre la base de datos de imágenes y los modelos 3D, solo queda trasladar a la escena cada código QR con su respectivo modelo en Blender y que estos sean visualizados por la cámara de Realidad Aumentada.

3.3.3. Animaciones de los modelos

Para lograr un efecto más realista en una animación 3D, se utilizaron diferentes técnicas dentro de Blender, una de ellas y la más utilizada es el “Rigging” el cual es un proceso donde se construye un esqueleto con sus respectivos huesos, a su vez, genera movilidad y fluidez en el modelo realizado.

Con el fin de conseguir una animación más natural, se hizo uso del proceso antes mencionado para lograr que el sistema óseo que se modeló, haga el gesto de pulgares arriba. Debido a la incompatibilidad entre software se convirtió a imagen, la cual se utilizó cada vez que se inicia la aplicación a manera de guiño. Ver Figura 24.

Por medio del motor de renderizado “Cycles” en Blender, se puede llegar a una calidad más profesional en el modelo 3D ya que utiliza memoria gráfica en tiempo real, suaviza los objetos que se encuentran en la escena y mejora los efectos de las luces que proporciona el programa.

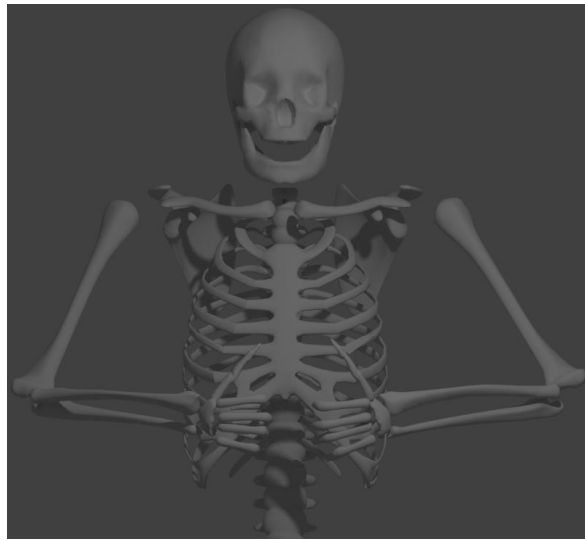


Figura 24. Esqueleto con animación

3.3.4. Pruebas de implementación

Una vez configurado el programa Unity para poder aumentar los códigos QR, y creada la primera escena con los modelos a utilizar, se hicieron las primeras pruebas mediante la cámara web de la computadora para corroborar si la aplicación funciona de manera correcta. Esto se logró teniendo el código impreso y el modelo en la posición indicada, el resultado se muestra en la Figura 25.

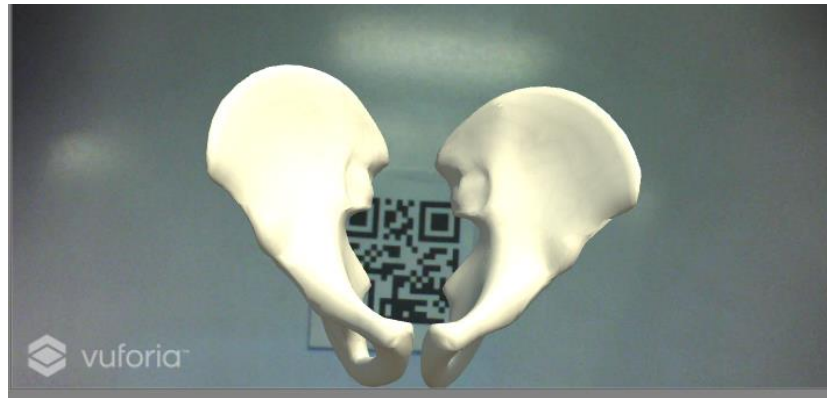


Figura 25. Primera prueba de la aplicación móvil

Al realizar la primera prueba de implementación, se obtuvo un resultado favorable, ya que el código QR impreso es el de la cintura pélvica y se mostró el modelo del mismo.

En caso de que se mostrara un modelo diferente al que se seleccionó, es necesario ir a la sección de “Inspector” dentro de las propiedades de Unity y corroborar si el marcador seleccionado es el correcto, en caso de que no lo fuese se tendría que verificar si el “Image Target” es el indicado. El resultado al proceso ya mencionado se muestra en la Figura 26.

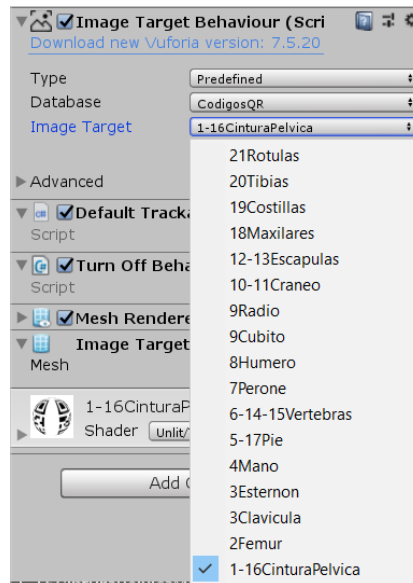


Figura 26. Captura de pantalla con propiedades de Unity

3.4. Pruebas

En esta sección se presentan las tareas necesarias para realizar las pruebas, las cuales son: realizar pruebas de caja negra, que se dividen en funcionales y no funcionales; realizar pruebas del sistema con alumnos que lleven o que hayan cursado la materia de Anatomía I y II, y, por último, el maestro encargado de las materias de Anatomía y el maestro asesor del proyecto validarán el avance del mismo para proporcionar retroalimentación.

3.4.1. Pruebas Funcionales

Prueba de Humo

Antes de lanzar la primera versión de la aplicación móvil, se consideró apropiado realizar una prueba de humo ya que con esto se logran construir los cimientos de la misma y de ahí partir para seguir mejorando el sistema.

El editor Unity proporciona la facilidad de estar prevvisualizando los cambios que se le hacen a la aplicación en tiempo real, solo basta con guardar la configuración y presionar el botón play, con esto se puede evaluar si los cambios fueron los correctos o si se debe seguir probando el sistema.

Para lograr generar una aplicación móvil fue necesario instalar complementos para que la misma funcione, los cuales fueron un JDK (Java Development Kit) y un SDK de Android (Software Development Kit), ya que sin estos el editor Unity no puede crear la aplicación.

Prueba Alpha

Una vez generada e instalada una aplicación móvil ejecutable en cualquier teléfono con sistema operativo Android (APK), es apropiado comenzar probando el sistema. Por medio de esta prueba y una revisión rápida se demuestra que el desempeño sea el adecuado, pues es importante que no tenga algún defecto que entorpezca la operación.

La revisión radicó en que la aplicación se instalara de manera satisfactoria y, al momento de ejecutarse no se cerrara inesperadamente durante el inicio por primera vez, ni en el tiempo en el que la aplicación estuviera en funcionamiento.

Dicha prueba consistió en comprobar si cada uno de los elementos que se manejaron desde el editor Unity, se muestran tal cuales desde el teléfono de prueba. El resultado se muestra en la Figura 27.



Figura 27. Captura de pantalla desde la aplicación

Prueba Beta

Al tener la aplicación móvil funcionando de manera apropiada, se consideró oportuno mejorar la interfaz gráfica incluyendo un menú que permita al usuario seleccionar la acción deseada. Por medio de botones, se agregaron las funciones de selección, regresar al menú anterior y salir totalmente de la aplicación, los mismos funcionan en el teléfono de manera vertical u horizontal.

Con los cambios antes mencionados, se creó una aplicación nuevamente, de manera rápida se corroboró que los botones funcionaran de manera adecuada. Esta versión de la aplicación fue la que los alumnos usaron para determinar fallas o como se podría mejorar.

3.4.2. Pruebas No Funcionales

Prueba de Rendimiento

Se consideró apropiado realizar esta prueba a la aplicación para determinar los tiempos de respuesta cuando la cámara lee el código QR y revela su respectivo modelo. El resultado fue óptimo, ya que en cuanto se proporciona el código aparece el modelo esperado.

Es necesario que el modelo aparezca en la escena con la mayor rapidez posible, para no ocasionar confusión y estrés a los alumnos que usen la aplicación.

Para cada uno de los dispositivos que se utilizaron para realizar la primera prueba de rendimiento, se instaló la aplicación de “Battery Life” desde la tienda de Android y se tomaron en cuenta los tiempos de respuesta, el uso de memoria RAM, y la temperatura antes y después de iniciar la aplicación. Los resultados se muestran a continuación:

Motorola G4

- Versión de Android 7.0.
- Comienza con 32 grados Celsius y llega a 40 grados en aproximadamente 7 minutos.
- 1.5 segundos de tiempo de respuesta.
- Uso máximo de memoria RAM de 353MB.

Samsung J7 Prime

- Versión de Android 5.1.1.
- Comienza con 30 grados Celsius y llega a 35 grados en aproximadamente 4 minutos.
- 1 segundo de tiempo de respuesta.
- Uso máximo de memoria RAM de 300MB.

Samsung S6 Edge

- Versión de Android 7.1.
- Comienza con 32 grados Celsius y llega a 35 grados en aproximadamente 5 minutos.
- 1 segundo de tiempo de respuesta.
- Uso máximo de memoria RAM de 240MB.

Samsung S6 Edge Plus

- Versión de Android 7.1.
- Comienza con 30 grados Celsius y llega a 33 grados en aproximadamente 6 minutos.
- 1 Segundo de tiempo de respuesta.
- Uso máximo de memoria RAM de 230MB.

Blackphone 2

- Versión de Android 7.0.
- Comienza con 32 grados Celsius y llega a 37 grados en aproximadamente 6 minutos.
- 1 segundo de tiempo de respuesta.
- Uso máximo de memoria RAM de 265MB.

Nokia 6

- Versión de Android 8.1.0.
- Comienza con 37 grados Celsius y llega a 41 grados en aproximadamente 4 minutos.
- 1 segundo de tiempo de respuesta.
- Uso máximo de memoria RAM de 227MB.

En base a un análisis rápido se llegó a la conclusión de que es prudente utilizar teléfonos marca Samsung de gama media en adelante (económicamente hablando) para realizar las pruebas con éxito, ya que al ser un teléfono con mejores prestaciones permite tener una experiencia sin problemas dentro de la aplicación.

Prueba de Estrés

Una de las pruebas más importantes para una aplicación móvil de uso cotidiano es encontrar el punto donde la misma se vuelve impráctica ya que no hace o muestra lo que debería. Al hacer la prueba se encontró que para estresar la aplicación móvil es necesario enfocar en la cámara un código QR seguido de otro, y así sucesivamente, hasta que el teléfono muestre un modelo en un código que no le pertenece o se superpongan dos o tres modelos en un solo código QR. El resultado se muestra en la Figura 28.



Figura 28. Captura de Pantalla desde Dispositivo Android

3.4.3. Realizar prueba del sistema con alumnos que lleven o que hayan cursado la materia de Anatomía

Una vez realizadas las pruebas necesarias en la aplicación móvil, fue preciso probarla en un grupo selecto de estudiantes de Medicina, ya que ellos determinarían qué cambios se le tendrían que hacer, si es que son viables o no. Esperando así, encontrar una respuesta positiva y modificar, dentro de lo posible, los defectos que ellos encontraron.

Durante la participación de los alumnos, se trató de conocer su opinión por medio de plática referente al uso inadecuado de la tecnología en el instituto, y si ellos creían que repercutía en la forma de estudiar.

3.5 Mantenimiento

Para el quinto y último apartado se muestran dos puntos que son necesarios para terminar de manera satisfactoria la metodología propuesta, los cuales son: ajustes necesarios de acuerdo a las pruebas realizadas por los maestros y alumnos; la búsqueda constante de posibles errores dentro de la codificación de la aplicación.

3.5.1. Ajustes necesarios de acuerdo a las pruebas realizadas por los maestros y alumnos

Con la aplicación móvil probada por alumnos de la carrera de Medicina y con algunos maestros de la carrera de Sistemas Computacionales, se encontraron comentarios repetitivos sobre modificar la dimensión de los modelos 3D del sistema óseo. Así como proporcionar movilidad en los mismos, el color y tipo de letra que se maneja para cada uno, así como también indicaron que tuviera compatibilidad con los dispositivos marca Apple y, por último, que los botones que se crearon fueran de un tamaño más grande para ser legibles.

3.5.2. Búsqueda constante de posibles errores dentro de la codificación de la aplicación

Con la generación constante de versiones para prueba de la aplicación, se suele dejar de lado las revisiones al código fuente de la misma, es importante inspeccionar los cambios que se hacen y comprobar si todo está funcionando de manera adecuada. En caso de encontrar un error grave, es imprescindible corregirlo, ya que éste podría ocasionar problemas en la aplicación móvil. De igual forma, hay ocasiones en las que se encuentra código repetido y/o comentado que no afecta, pero al momento de compilar la aplicación, genera un espacio de almacenamiento extra que si bien, puede ser utilizado de otra manera. Es importante optimizar cualquier fragmento de código que sea mejorable, esto permitiría proporcionar una aplicación fiable y que no consuma espacio excesivo en los teléfonos móviles.

IV. Resultados y Discusiones

En este capítulo se describen los resultados obtenidos, mismos que servirán de apoyo para dar respuesta a la siguiente sección. Dentro de los resultados se encuentran encuestas, las cuales se introducen en un Software de ayuda estadístico para facilitar la tarea del procesamiento de datos.

Para determinar el grado de satisfacción de los estudiantes que utilizarán la aplicación móvil, es prudente conocer su opinión referente al uso de la misma.

Una de las herramientas que proporciona esta información es una encuesta, utilizando como posibles respuestas una escala de tipo Likert. La peculiaridad de este tipo de escala, es que se utilizan respuestas prefabricadas que evalúan, en base al criterio de cada persona, si están de acuerdo en algo o no lo están, es importante utilizar niveles intermedios. Comúnmente este tipo de escalas comienzan desde totalmente en desacuerdo, hasta totalmente de acuerdo.

Utilizando este tipo de escala, facilita de sobre manera el realizar una encuesta para conocer la opinión y el grado de satisfacción de los alumnos y así, mejorar la aplicación, en caso de ser requerido. La encuesta que se generó se muestra en el Apéndice C.

En [37] se menciona que, es indispensable utilizar un nivel de confiabilidad para determinar si es viable el desarrollo de un proyecto, por medio de fórmulas estadísticas.

En este proyecto se utilizó la fórmula: $m = \frac{N}{(N-1) * K^2 + 1}$, donde N es la población total de los alumnos que cursan la carrera de Médico Cirujano en la UACJ, la cual equivale a 1366 personas, tomando en cuenta reingreso y nuevo ingreso. K representa el margen de error, el cual se estableció en un 10%, lo cual determina una confiabilidad del 90% en los datos obtenidos. Aplicando en la fórmula los valores antes mencionados, se obtuvo como resultado un valor de 93, el cual representa el número de personas a encuestar, es decir, el tamaño de la muestra.

Las encuestas se realizaron en la osteoteca localizada en el ICB, misma donde se colocaron los diferentes marcadores para el uso de la aplicación móvil. Durante el transcurso del día,

es común encontrar a los alumnos dentro de la osteoteca, ya sea estudiando o pasando el tiempo que tienen libre. A los mismos se les preguntó si accedían a ser parte del muestreo que se realizó, si accedían, se les proporcionaba el ejecutable de la aplicación (APK) por medio de transferencia USB a sus dispositivos móviles Android para su posterior instalación. Asimismo, después de utilizar la aplicación, se le pidió a cada alumno contestar una encuesta impresa.

Pese a gozar de un tiempo libre limitado, se dieron la oportunidad de probar la aplicación y contestar la encuesta que se les proporcionó. Algunos que no contaban con teléfono con sistema operativo Android se limitaron a visualizar cómo funcionaba y a escuchar lo que comentaban sus amigos, no obstante, mencionaron que la aplicación les resultó interesante y que esperaban poder usarla en un futuro en sus dispositivos Apple.

Una vez realizadas las 93 encuestas se consideró apropiado utilizar un software estadístico para hacer un compendio con las respuestas que cada persona generó, el programa seleccionado fue el SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) ya que es uno de los más utilizados para realizar capturas y análisis de datos de una manera rápida y eficiente. Al tener en su configuración de variables la facilidad de utilizar escalas, ayudó a que el vaciado de información fuera más rápido.

Se utilizaron gráficos de barras que el propio software proporciona, los cuales servirían de apoyo para encontrar números exactos de los resultados.

Se consideró oportuno conocer que marca de celular fue la que más se repitió, ya que actualmente no todas las personas cuentan con el mismo modelo de teléfono. El resultado se muestra en el Gráfico 1, y se encontró que 46 personas utilizan teléfonos marca Samsung, 17 marca LG, 15 marca Motorola, para la categoría Otros (Nokia, Alcatel, One Plus, etc.) tuvo como resultado 10, en HTC se encontraron 3, y para Sony 2.

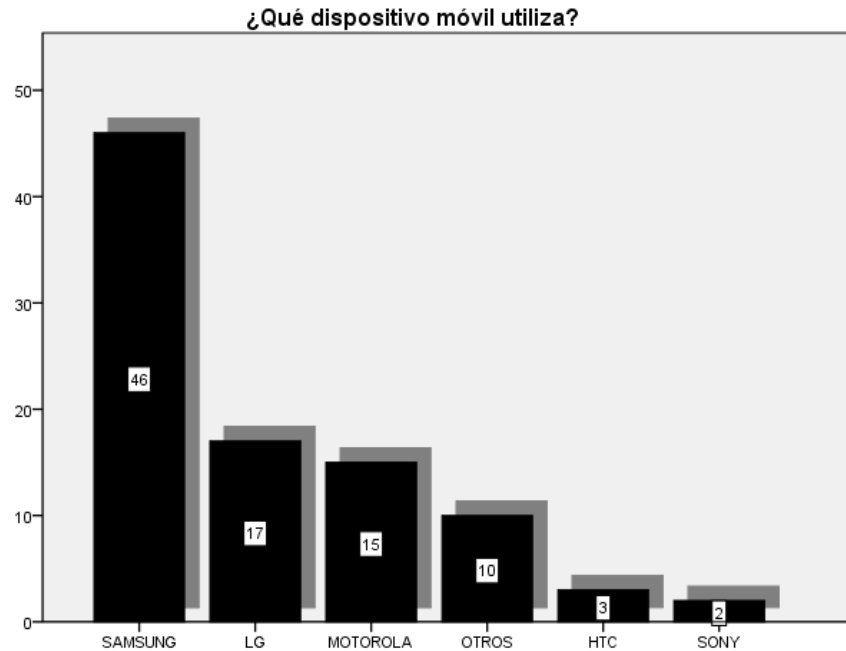


Gráfico 1. Dispositivos Móviles.

De igual forma, se generó una segunda gráfica donde se visualizó el grado de satisfacción que tuvieron los estudiantes al usar la aplicación móvil, ya que con este resultado se comprobaría si estaban conformes con esta nueva tecnología que buscaba ayudarlos. El resultado se muestra en el Gráfico 2 y se encontró que 50 alumnos estuvieron satisfechos, 39 totalmente satisfechos y 4 medianamente satisfechos.

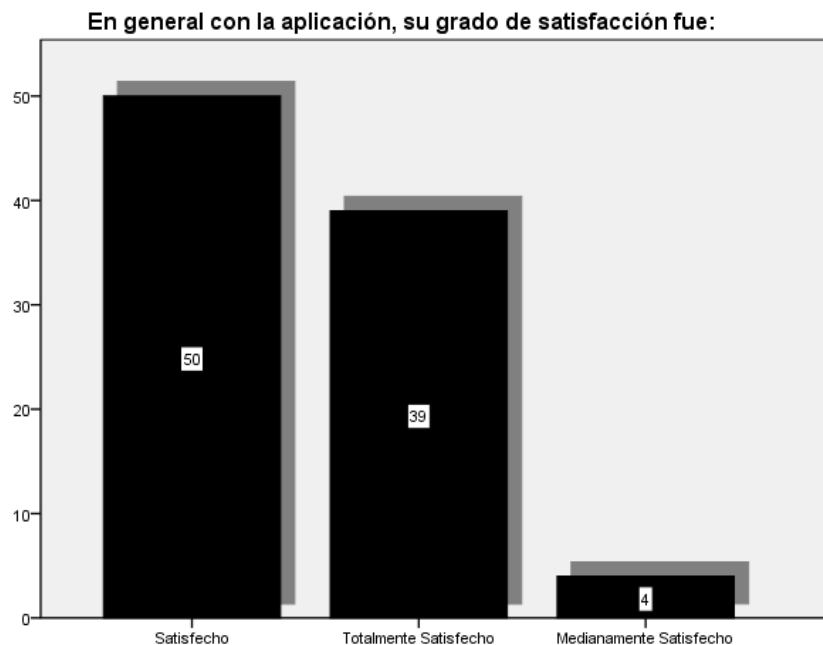


Gráfico 2. Conteo de nivel de satisfacción en estudiantes.

Algo que también se consideró importante conocer fue en qué o como mejorarían la aplicación los alumnos encuestados, tales respuestas se utilizaron como retroalimentación para corregir, en la medida de lo posible la aplicación móvil. El resultado se muestra en el Gráfico 3.

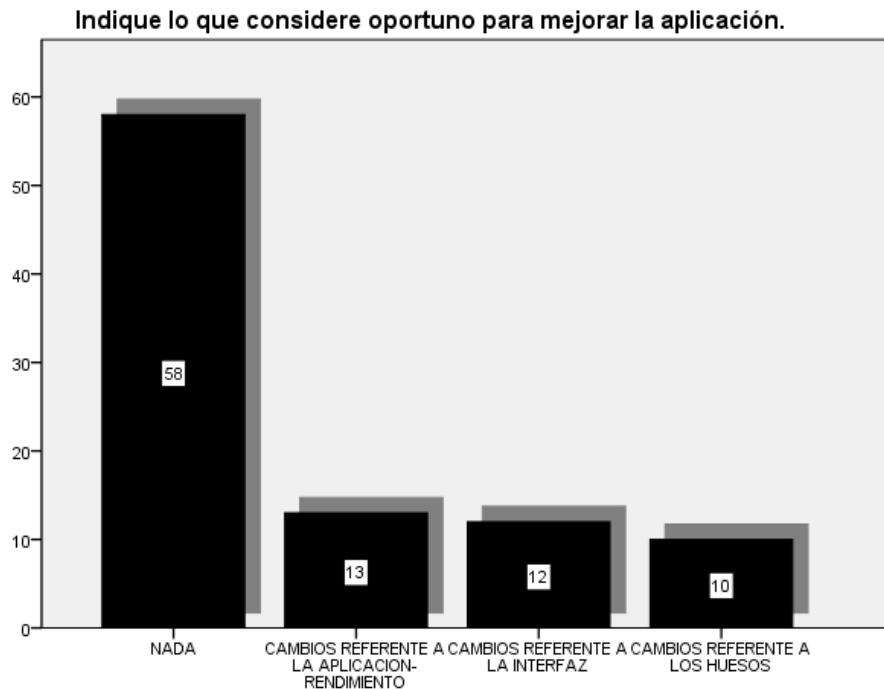


Gráfico 3. Tipos de cambios en la aplicación móvil.

Se mostró que 58 estudiantes no mejorarían la aplicación, 13 realizarían cambios en el rendimiento (sobrecalentamiento, lentitud, fluidez, etc.), 12 cambiarían la interfaz (diferente menú, colores, botones, etc.) y 10 modificarían los modelos de los huesos planteados (movimiento, dinámico, tamaño, etc.).

¿Cuáles son los patrones que se observaron?

Junto a los resultados antes mencionados, hubo dos patrones que se repitieron constantemente. El primero fue, que algunos de los alumnos que probaron la aplicación comentaron verbalmente, que, de ser posible, les gustaría probar la aplicación móvil desde un dispositivo Apple, para corroborar en qué tipo de teléfono se desempeña mejor. A lo que se les contestó que el proyecto de la aplicación quedaría abierto para las mejoras

necesarias en caso de que alguien llegase a interesarle, de esta manera se les podría proporcionar compatibilidad a otras plataformas móviles.

El segundo patrón que se encontró fue que en los teléfonos marca Motorola, la aplicación consumía muchos recursos del dispositivo, lo que hacía que la aplicación se ralentizara y tardara en mostrar los modelos, aunque algunos usuarios no le tomaron mucha importancia, hubo algunos que contestaron que cambiarían eso en la aplicación. Este problema no se pudo resolver, ya que era algo externo al proyecto, y no se podían cambiar las configuraciones del dispositivo móvil.

¿Cuáles son las causas más probables por las que se utilizan dispositivos Apple?

Actualmente, hay una gran cantidad de estudiantes que prefieren la marca Apple antes que un teléfono celular con sistema operativo Android, ya que, por lo sencillo que es utilizarlo, facilita de manera considerable su uso cotidiano.

Por último, fue necesario conocer si el total de los alumnos encuestados, utilizaría la aplicación móvil propuesta como una herramienta secundaria para facilitar el estudio del sistema óseo. El resultado se muestra en el Gráfico 4.

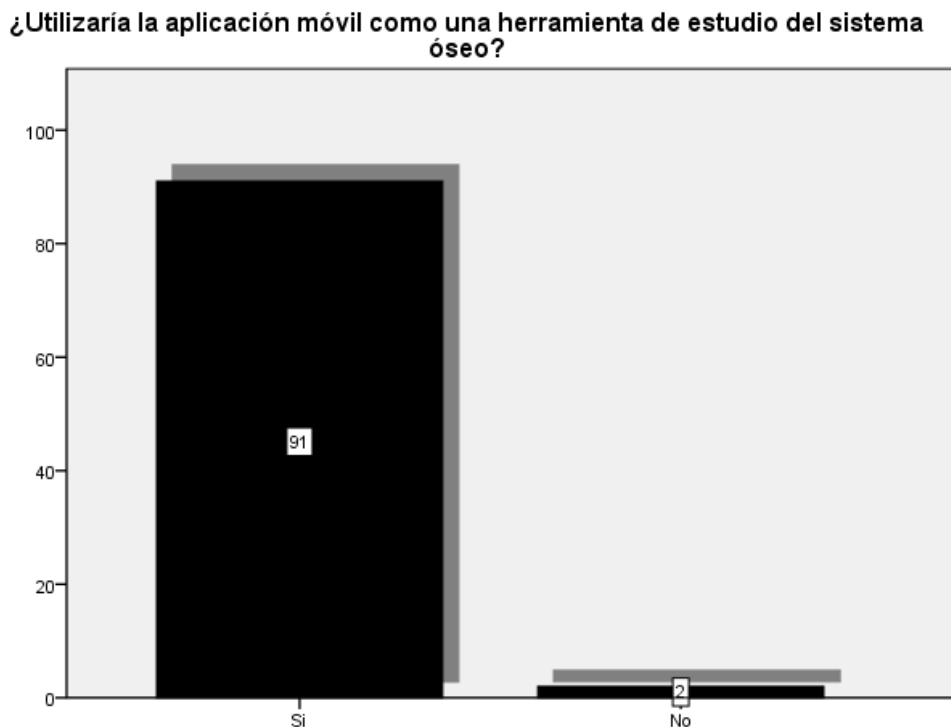


Gráfico 4. Herramienta secundaria de estudio.

Se encontró que 91 personas sí utilizarían la aplicación como herramienta para el estudio del sistema óseo, mientras que 2 personas contestaron que no la utilizarían.

¿Cuáles son los patrones más importantes que se observaron?

Un patrón que causo intriga fue que las 2 personas antes mencionadas, hicieron la prueba de la aplicación desde teléfonos marca Motorola, a lo cual una de ellas contestó que mejoraría la aplicación si los huesos tuvieran movilidad y la otra persona comentó verbalmente que se le hacía más práctico seguir utilizando un libro para estudiar antes que una aplicación móvil.

Se agradeció su opinión y se le preguntó nuevamente con qué mejora cambiaría su decisión y comentó que la aplicación estaba muy interesante y sencilla de usar; y que a su vez entendía lo que se estaba intentando mejorar, pero que él estaba conforme con la forma de estudiar tradicional.

¿Cuáles son las causas más probables de los patrones resultantes?

Dentro de las posibles causas de las respuestas negativas, se consideró que pudo haber sido a causa de utilizar un teléfono móvil de gama baja, lo que ocasiono que el interés en la aplicación fuera mínimo ya que no cumplió las expectativas que los alumnos requerían.

Otra posible causa que se consideró, es que las personas no tenían interés alguno en mejorar su forma de estudio, y que de cierta manera ya se habían acostumbrado a siempre estudiar de la misma manera.

¿Cuáles son las relaciones, tendencias y generalizaciones entre los resultados?

Se encontró una relación importante con las personas que contestaron un “NO”, esta es que ambas personas utilizaron teléfonos marca Motorola, en específico modelos antiguos. Esto generó la controversia de porque no utilizarían la aplicación móvil.

Aun cuando se configuró el programa Unity para proporcionar mayor rendimiento, no se logró tal resultado, ya que esos dispositivos móviles se mostraban limitados por el tipo de arquitectura que tenían.

Pese a desarrollar de manera satisfactoria el proyecto en cuestión, se presentaron riesgos durante el transcurso del mismo. En general, se realizó un compendio donde se mencionan 16 probables riesgos que se pudieran presentar, tanto del proyecto como del producto, los mismos se mencionan en el Apéndice D. Los riesgos que se presentaron durante el tiempo de vida del proyecto con mayor frecuencia se describen a continuación, junto a su forma de mitigación:

- Incapacidad de alguno de los miembros del equipo. Se manejó la comunicación vía telefónica para avisar si la otra persona tendría algún contratiempo ajeno a la calendarización de las entregas y progreso del proyecto.
- Aplicación no intuitiva. En las primeras versiones de prueba de la aplicación, se buscó el desempeño apropiado de la misma, al tener una base sólida, se consideró apropiado realizar cambios en la interfaz para volverla amigable al usuario, junto a esto, se continuó realizando pruebas para corroborar que todo siguiera funcionando en orden.
- Retraso de actividades. Se manejó un cronograma con fechas establecidas, aunque en ocasiones alguna tarea pudo requerir más tiempo, se trató de realizar en tiempo y forma.
- Poco uso de la aplicación. Durante el tiempo en el que los alumnos probaron la aplicación, se le comentó a cada uno de ellos que divulgaran entre sus compañeros que pronto habría una aplicación móvil para la osteoteca. Esto con el fin de que la aplicación no se quedara sin ser utilizada.
- Poco conocimiento en el uso de herramientas de modelado. Se utilizó mes y medio del tiempo total del proyecto para practicar con el software de modelado en 3D, ya que actualmente hay formas diferentes de utilizarlo.
- Bugs y fallos en la aplicación. Con cada versión de la aplicación se encontraban fallos que entorpecían su operación eficiente, documentando los problemas, se les dio solución rápida.

V. Conclusiones

La necesidad de mejorar algo, fue lo que orilló a realizar este proyecto de titulación, a tomar el camino del desarrollo de nuevas tecnologías, como lo son, las aplicaciones móviles. Esto debido a que actualmente estas aplicaciones, facilitan de manera considerable, el realizar determinada acción sin apenas esfuerzo alguno.

Se observó una problemática por medio de encuestas, la cual fue que, la forma que tenían los estudiantes resultaba monótona, y es que desde años atrás a hoy en día se sigue utilizando el método básico, el cual es usar un libro que proporcione la información deseada. Tal problemática se encontró mayormente con los alumnos que cursan la carrera de Médico Cirujano, ya que en su plan de estudios se encuentran las materias de Anatomía I y II y se les exige aprender cada uno de los diferentes sistemas que componen el cuerpo humano.

Tomando lo anteriormente dicho como punto clave, se consideró apropiado desarrollar una aplicación móvil que utilizara Realidad Aumentada, esto para ayudar a los alumnos a estudiar de una manera más fácil. Ya que en el ICB se encuentra una osteoteca, fue viable comenzar desde ese punto, ya que estaría al alcance de los estudiantes cada uno de los componentes del sistema óseo, por lo que la aplicación en cuestión se enfocaría a ayudar al estudio del sistema esquelético del ser humano.

Durante el periodo de vida del proyecto, se encontraron algunos obstáculos, como lo fueron el bajo conocimiento de las herramientas imprescindibles para la creación de la aplicación y la falta de empatía con los alumnos de un instituto diferente.

El proyecto en cuestión, se termina como un prototipo, ya que se generó una base sólida para seguir trabajando en él, en un futuro.

Al haber realizado la implementación de modelos 3D del sistema óseo junto con la Realidad Aumentada, se cree que la aplicación podría mejorarse si se incluyen los componentes restantes del cuerpo humano, como lo son el sistema nervioso, sistema circulatorio, sistema muscular, entre otros. De esta manera se generaría una aplicación enfocada completamente al estudio, que serviría no solo para estudiantes de las materias de Anatomía I y II, sino que tendría un alcance significativo con los otros alumnos que se encuentran en el ICB.

De igual manera, se cree que el apartado visual podría mejorarse de manera considerable al colocar un menú y una interfaz que genere confianza en los estudiantes que usen la aplicación.

Al iniciarse el proyecto de investigación, se plantearon dos incógnitas para la realización del mismo, las cuales ayudaron a determinar si el desarrollo fue el apropiado. Estas se mencionan a continuación:

1. ¿De qué manera ayudará la aplicación de Realidad Aumentada con el estudio del sistema óseo?

En base a los resultados obtenidos, la realización de esta aplicación beneficiaría a los alumnos que la utilicen, ya que no habría necesidad de pedir prestado el libro que se utiliza como bibliografía recomendada por las materias, y provocaría que la forma de estudiar sea de una manera más práctica y moderna. Debido a que en cada modelo 3D se encuentra la información necesaria para su estudio. Solo es necesario contar con la aplicación instalada en su dispositivo móvil y escanear los códigos QR que se encuentran plasmados en la osteoteca.

De igual forma se consideró que este cambio genera una retroalimentación positiva al encontrar que, a los estudiantes no se les dificultaba usar la aplicación.

2. ¿Cuál será el nivel de aceptación de los alumnos con la aplicación propuesta?

Utilizando la fórmula mencionada en el capítulo 4, se trabajó con una confiabilidad del 90% en los datos, ya que 93 alumnos contestaron una encuesta donde se les preguntó si utilizarían la aplicación móvil como herramienta de estudio del sistema óseo. Los resultados de las encuestas arrojaron que 91 personas si utilizarían la aplicación con ese fin, y 2 personas contestaron negativamente a la pregunta planteada.

Lo que se concluye es que, si se extendiera la invitación general para hacer uso de la aplicación, se encontraría un porcentaje muy bajo en las personas que no la utilizarían como herramienta de estudio, ya sea porque prefieren seguir estudiando de la manera tradicional o por que cuentan con un dispositivo que no tenga sistema operativo Android.

Referencias

- [1] K. Ramos, “¿Que es la tecnología médica?” en La Ciencia, Los Avances Tecnológicos y la Calidad de Vida. Chorrillos, Lima, Perú: Univ. Privada San Juan Bautista, 2016, pp. 14. [En Línea]. Disponible: <https://es.calameo.com/read/0045281474b7dcc53853f>
- [2] D. Outomuro, “Impacto de la tecnología en la práctica de la medicina,” en Tecnología y salud. Paraguay, Argentina: Univ. de Buenos Aires, 2013, pp. 38. [En Línea]. Disponible: <https://issuu.com/eecabrerav/docs/itaes-1-2013-tecnologiaysalud>
- [3] D. Redondo, Realidad Aumentada. Leganés, Madrid: Univ. Carlos III de Madrid, 2014, pp. 1-7. [En Línea]. Disponible: <http://www.it.uc3m.es/jvillena/irc/practicas/10-11/13mem.pdf>
- [4] J. Maturana, “Unas gafas de realidad aumentada ayudan a diferenciar las células cancerígenas en tiempo real,” en Xataka, 2014. [En Línea]. Disponible en: <https://www.xataka.com/wearables/una-gafas-de-realidad-aumentada-ayudan-a-diferenciar-las-celulas-cancerigenas-en-tiempo-real>
- [5] J. Cabero, J. Barroso, y M. Obrador, Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de la Medicina. Sevilla, España: Univ. De Sevilla, 2016. [En Línea]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1575181316300882>
- [6] D. Hortigüela, Anatomy 4D, 2016. [En Línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/308994050_Anatomy_4D
- [7] J. Cabero, “Nuevas visiones de la TE” en Tecnología educativa: su evolución histórica y su conceptualización. Sevilla, España: Univ. De Sevilla, 2016, pp. 22 [En Línea]. Disponible: http://mc142.uib.es:8080/rid=1JGRDVCYP-22JJ5G2-V10/Capitulo_Muestra_Cabero_8448156137.pdf

- [8] UNESCO, “English glossary - electromagnetic” en Glosario de términos de tecnología de la educación. Paris, Francia: Imprimerie Steffen SA, Geneva, 1986, pp. 43. [En Línea]. Disponible: <http://unesdoc.unesco.org/images/0007/000718/071833mo.pdf>
- [9] A. García, “Los beneficios de la Tecnología en la Educación” en La Brecha Digital. Barranquilla, Colombia, 2015. [En Línea]. Disponible: <http://www.labrechadigital.org/labrecha/Articulos/los-beneficios-de-la-tecnologia-en-la-educacion.html>
- [10] J. Ruiz, M. Mintzer y R. Leipzig, The impact of E-Learning in Medical Education. Academic Medicine, 2006, vol. 81, no. 3. pp. 207-212. [En Línea]. Disponible: <https://pdfs.semanticscholar.org/6921/b145b04f83b73e245acbbc0587b3bbaa6e18.pdf>
- [11] H. García, L. Navarro, M. López y M. Rodríguez, Tecnologías de la Información y la Comunicación en salud y educación médica. Santa Clara, Cuba: Univ. De Ciencias Médicas de Villa Clara, 2014, vol. 6, no. 1. [En Línea]. Disponible: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-28742014000100018
- [12] F. Lizaraso y N. Paredes, Uso de la tecnología en la formación médica. Lima, Perú: Facultad de Medicina Humana De la USMP, 2015, pp. 4-5. [En Línea]. Disponible: <http://www.scielo.org.pe/pdf/hm/v15n2/a01v15n2.pdf>
- [13] N. Tobo, “Tecnología y cuidado” en La tecnología y el cuidado de enfermería. Bogotá, Colombia: Univ. Nac. De Colombia, 2000, vol. 1, pp. 245. [En Línea]. Disponible: <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/CyPdeEnfermeria/11.pdf>
- [14] X. Basogain, M. Olabe, K. Espinosa, C. Rouèche y J. Olabe, “Introducción” en Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente. Bilbao, España: Escuela Superior de Ing. De Bilbao, EHU, 2007, pp. 1. [En Línea]. Disponible: <http://files.trendsandissues.webnode.com/200000010-3884839004/educamadrid-2007.pdf>

[15] C. Ortiz, “Usos en Medicina y Cardiología” en Realidad Aumentada en Medicina. Bogotá, Colombia, 2011, vol. 18, no. 1, pp. 6. [En Línea]. Disponible: https://ac.els-cdn.com/S0120563311701607/1-s2.0-S0120563311701607-main.pdf?_tid=cee60fb0-a3ec-4bfb-b2b1-0763f70e110c&acdnat=1521292523_e462cbfb8227fee647d0b68dc879ff43

[16] R. Gallego, N. Saura y P. Núñez, “Realidad Aumentada” en AR-Learning: libro interactivo basado en realidad aumentada con aplicación a la enseñanza. Badajoz, España: Univ. De Extremadura, 2012, no.8, pp.79. [En Línea]. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5385923.pdf>

[17] C. Fracchia, A. Alonso y A. Martins, “Desarrollo de la experiencia” en Realidad Aumentada aplicada a la enseñanza de Ciencias Naturales. Neuquén, Argentina: Univ. Nac. Del Comahue, 2015, pp. 10-11. [En Línea]. Disponible: <http://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/2016/06/TEYET16-art01.pdf>

[18] H. Alejos y K. Lazo, “Implementación De Un Sistema Informático Basado En Realidad Aumentada; Para El Área De Ciencia Y Ambiente, Como Alternativa A Los Métodos Tradicionales, En La I.E.P. María Inmaculada - Chíncha 2015,” Tesis, Facultad de Ciencias, Ing. y Admn, Univ. Aut. De ICA, Chíncha, Perú, 2015. [En Línea]. Disponible: <http://repositorio.autonmadeica.edu.pe/bitstream/autonmadeica/53/3/HENRY%20YURI%20ALEJOS%20CUADROS%20-%20SISTEMA%20INFORMATICO%20BASADO%20EN%20REALIDAD%20AUMENTADA.pdf>

[19] "Tecnologías de desarrollo para móviles", Programming and So, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://angelborroy.wordpress.com/2012/10/31/tecnologias-de-desarrollo-para-moviles/>.

[20] "Entorno de Desarrollo Integrado (IDE).", Fergarcia, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://fergarcia.wordpress.com/2013/01/25/entorno-de-desarrollo-integrado-ide/>.

[21] "Vufoia | AR Features", *Vuforia.com*, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://vuforia.com/features>.

[22] "Realidad Aumentada con Vufoia", DesarrolloLibre, 2018. [En Línea]. Disponible: http://www.desarrollolibre.net/blog/tema/73/android/realidad-aumentada-con-vuforia#.WrR_X4jwbDd.

[23] "Unity - Partners - Vufoia", *Unity*, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://unity3d.com/es/partners/vuforia>.

[24] "Are there any open source tools to build augmented reality?", <https://www.quora.com>, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://www.quora.com/Are-there-any-open-source-tools-to-build-augmented-reality>.

[25] "ARToolKit Home Page", [Hitl.washington.edu](http://www.hitl.washington.edu), 2018. [En Línea]. Disponible: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>.

[26] "ARToolKit Projects", [Hitl.washington.edu](http://www.hitl.washington.edu), 2018. [En Línea]. Disponible: <https://www.hitl.washington.edu/artoolkit/projects/>.

[27] "Unity - Products", *Unity*, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://unity3d.com/es/unity>.

[28] V. Luttecke, "¿Sabes que es UNITY? Descúbrelo aquí", [Deideaaapp.org](http://deideaaapp.org), 2018. [En Línea]. Disponible: <https://deideaaapp.org/sabes-que-es-unity-descubrelo-aqui/>.

[29] "Unity - Unity for Mobile AR", *Unity*, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://unity3d.com/es/solutions/mobile-ar>.

- [30] "unreal-engine-4-logo-large", *Player Reset*, 2018. [En Línea]. Disponible: <http://www.playerreset.com/los-se-sabe-nintendo-switch/unreal-engine-4-logo-large/>.
- [31] "Unreal Engine 4 is a professional suite of tools and technologies for building high-quality games and applications across a range of platforms", *Unrealengine.com*, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://www.unrealengine.com/en-US/features>.
- [32] "Build your VR workflow around a technology that can deliver on your creative vision - now and in the future.", *Unrealengine.com*, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://www.unrealengine.com/en-US/vr>.
- [33] B. Foundation, "blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software", *blender.org*, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://www.blender.org/>.
- [34] "Autodesk Maya Logo Vector EPS Free Download, Logo, Icons, Clipart", *Freelogovectors.net*, 2018. [En Línea]. Disponible: <http://www.freelogovectors.net/autodesk-maya-logo/>.
- [35] "Maya | Software de modelado y animación por computadora | Autodesk", *Autodesk.mx*, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://www.autodesk.mx/products/maya/overview>.
- [36] "Comparativa Blender Vs Maya", *Mundogeek.com*, 2018. [En Línea]. Disponible: <http://mundogeek.com/tutoriales/60-general/262-comparativa-blender-vs-maya>.
- [37] P. López, Población Muestra y Muestreo, Cochabamba, Bolivia: Univ. Cat. Bol. "San Pablo", 2004, pp. 69-74. [En Línea]. Disponible: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012.

Apéndice A

Encuesta Realidad Aumentada en Medicina

Gaddiel Murueta
Gerardo Porras

Realidad Aumentada en Medicina

Sección I

1. ¿Carrera?
2. ¿Semestre?
3. ¿Conoce la Realidad Aumentada en los teléfonos celulares?
4. ¿Ha utilizado la Realidad Aumentada?
5. ¿A estudiado el sistema óseo y sus componentes (Esqueleto Humano)? (En caso de contestar que sí, ir a Sección II, en caso contrario ir a Sección III)

Sección II

1. ¿En qué semestre(s) y en cual(es) materia(s) estudió el sistema óseo?
2. ¿Cuál o cuáles fueron las complicaciones a la hora de estudiar los componentes del sistema óseo?
3. ¿Se le dificultó memorizar información referente al sistema óseo?
4. ¿Conoce y/o ha usado las aplicaciones móviles, Anatomy 4D, Sistema Óseo en 3D, etc.?
5. ¿Aceptaría el uso de una aplicación móvil de Realidad Aumentada para facilitar el estudio del sistema óseo?

Sección III

1. Teniendo en cuenta que el esqueleto humano tiene demasiados componentes, ¿Aceptaría el uso de una aplicación móvil para estudiar el sistema óseo?
2. En base a su respuesta anterior, explique de manera breve el por qué.

¡Muchas Gracias!

Apéndice B

Cronograma

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	★	Analizar la situación actual.	1 día	lun 14/05/18	lun 14/05/18
2	★	Analizar las posibles herramientas para el desarrollo de la aplicación.	1.16 días	mar 15/05/18	mié 16/05/18
3	★	Escoger las herramientas para el modelado de la aplicación.	2.16 días	mié 16/05/18	vie 18/05/18
4	★	Elegir el entorno de desarrollo de implementación	2.16 días	mié 16/05/18	vie 18/05/18
5	★	Elegir el gestor de base de datos de imágenes.	2.16 días	mié 16/05/18	vie 18/05/18
6	★	Analizar que sección del sistema óseo es viable comenzar a desarrollar.	2 días	vie 18/05/18	mar 22/05/18
7	★	Analizar el tiempo que ocupará el desarrollo del cráneo en la aplicación.	1.16 días	mar 22/05/18	mié 23/05/18
8	★	Realizar un bocetaje de los modelos a utilizar para la aplicación.	2 días	mié 23/05/18	vie 25/05/18
9	★	Realizar un bocetaje de la aplicación esperada.	2 días	vie 25/05/18	mar 29/05/18
10	★	Realizar los modelos 3D del sistema óseo y del cráneo.	30 días	mar 29/05/18	mar 10/07/18
11	★	Realizar pruebas de diseño.	10.16 días	lun 06/08/18	lun 20/08/18
12	★	Analizar e implementar los diferentes componentes para la conexión de los elementos.	3 días	vie 18/05/18	mié 23/05/18
13	★	Verificar si los componentes tienen una conectividad satisfactoria.	1 día	mié 23/05/18	jue 24/05/18
14	★	Realizar las animaciones de los modelos que lo necesiten.	14.83 días	lun 20/08/18	vie 07/09/18
15	★	Realizar pruebas de implementación.	6 días	vie 07/09/18	lun 17/09/18

16	★	Realizar pruebas del sistema con alumnos que lleven o que hayan cursado la materia de Anatomía.	5 días	lun 17/09/18	lun 24/09/18
17	★	Realizar pruebas de caja negra, utilidad, estabilidad y rendimiento a la aplicación.	4.16 días	lun 24/09/18	lun 01/10/18
18	★	El maestro encargado de la materia de anatomía y el maestro asesor del proyecto validarán el avance del mismo y darán	2 días	lun 01/10/18	mié 03/10/18
19	★	Realizar ajustes necesarios de acuerdo a las pruebas realizadas por los maestros y alumnos.	4 días	mié 03/10/18	mar 09/10/18
20	★	Buscar constantemente posibles errores dentro de la codificación de la aplicación, aunque no afecten directamente.	4 días	mar 09/10/18	lun 15/10/18

Apéndice C

Nombre completo: _____

Semestre: _____

Edad: _____

Que dispositivo móvil utilizas (Marca y Modelo): _____

En base al funcionamiento de la aplicación, puntué de 1 a 4 las siguientes preguntas, siendo:

1.-Deficiente, 2.-Indiferente, 3.-Aceptable, 4.-Satisfactorio

	1	2	3	4
1.- Es fácil de usar la aplicación				
2.- Rapidez de la aplicación				
3.-Estabilidad en la aplicación				
4.- Muestra correctamente lo que se debe de mostrar				
5.- La aplicación está completa? (Tiene todo lo que necesita)				

En base a su grado de satisfacción, puntué de 1 a 4 las siguientes variables, siendo:

1.-Insatisfecho, 2.-Medianamente Satisfecho, 3.- Satisfecho, 4.- Totalmente satisfecho

	1	2	3	4
Estas conforme con los modelos planteados en la aplicación que representan al sistema óseo				
La información mostrada referente al sistema óseo es la adecuada para tu estudio				
En general con la aplicación, su grado de satisfacción fue				

Indique lo que considere oportuno para mejorar la aplicación.

¿Utilizarías la aplicación móvil como otra herramienta de estudio del sistema óseo?

1) Si 2) No

Apéndice D

Análisis de Riesgo

Para realizar el proyecto de manera exitosa es necesario tomar en cuenta que, durante el desarrollo del mismo, pueden encontrarse factores internos y externos que podrían entorpecer la fluidez de trabajo, estos son llamados riesgos y se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Riesgos

Riesgos	Descripción
Equipo de trabajo no competente.	Los equipos para trabajar en la aplicación tanto como los softwares no son compatibles o la maquina no es capaz de desplegarlos.
Aplicación no intuitiva.	La aplicación no sea de fácil uso para los usuarios, lo cual no ayudara a los alumnos a su estudio.
Sistema operativo móvil no soporta la aplicación.	La versión del sistema operativo no puede desplegar la aplicación por falta de actualización.
Software de desarrollo incompleto.	el software no cuenta con las herramientas necesarias para desarrollo y modelado de la aplicación causando un retraso en las actividades.
Dispositivo antiguo.	El dispositivo móvil no es de última generación, y no cuenta con las especificaciones mínimas para correr la aplicación.
Retraso de actividades.	El tiempo necesario de desarrollo no fue suficiente, debido a otros riesgos.

Incapacidad en alguno de los miembros del equipo.	Algún miembro del equipo sufra algún accidente o se enferme de manera grave que le impida trabajar a tiempo.
Perdida del equipo de trabajo.	Extravío o daños al equipo de desarrollo, ocasionando la perdida de documentos del avance de modelado.
Poco uso de la aplicación.	El usuario interesado en usar la aplicación, la encuentra poco útil.
Poco conocimiento del lenguaje de programación.	No sabe con mucha seguridad el lenguaje utilizado para la programación de la aplicación.
Poco conocimiento en el uso de las herramientas de modelado.	La herramienta es poco conocida para los desarrolladores, y se tiene que conocer a fondo.
Desarrolladores ineficientes.	Los desarrolladores y no trabajan al ritmo y tiempo programado para el desarrollo de la aplicación.
Bugs y fallos en la aplicación.	Al momento de salida de la aplicación, los usuarios no estén satisfechos por el bajo rendimiento por errores en la misma.
Problemas en el equipo de desarrolladores.	Incompatibilidad de carácter en los miembros del equipo.
El dispositivo móvil de prueba falle.	El dispositivo para pruebas deje de funcionar por un accidente o fallo de fábrica.
No dar mantenimiento a la aplicación.	No darle un seguimiento o actualización a la aplicación después de ser lanzada.

Después de tener los riesgos ya establecidos y definidos, es importante dar un nivel de probabilidad junto con un valor, esto se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Nivel de probabilidad y valor

Nivel de probabilidad	Valor
Muy alto	5
Alto	4
Medio	3
Bajo	2
Muy bajo	1

Una vez establecidos los valores a los diferentes niveles, se considera necesario determinar la probabilidad y el impacto que el riesgo pudiera tener, como se muestra en la Tabla 3. Con estos datos, y con la ayuda de la Tabla 4, se le asignará un valor que será de ayuda para determinar la clasificación de los riesgos.

Tabla 3. Nivel de probabilidad e impacto

Riesgo	Probabilidad	Impacto
Equipo de trabajo no competente	Media	Alto
Aplicación no intuitiva	Alta	Medio
Sistema operativo móvil no soporta la aplicación	Media	Bajo
Software de desarrollo incompleto	Media	Muy alto
Dispositivo antiguo	Muy baja	Bajo
Retraso de actividades	Media	Alto
Incapacidad en alguno de los miembros del equipo	Baja	Medio

Perdida del equipo de trabajo	Baja	Alto
Poco uso de la aplicación	Baja	Muy bajo
Poco conocimiento en el lenguaje de programación	Media	Medio
Poco conocimiento en el uso de las herramientas de modelado	Alta	Medio
Desarrolladores ineficientes	Media	Alto
Bugs y fallos en la aplicación	Media	Alto
Problemas en el equipo de desarrolladores	Media	Medio
El dispositivo móvil de prueba falle	Media	Alto
No dar mantenimiento a la aplicación	Alta	Alto

Tabla 4. Valores de probabilidad e impacto

Riesgo: Equipo de trabajo no competente						Riesgo: Aplicación no intuitiva					
Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Muy Baja	1	2	3	4	5	Muy Baja	1	2	3	4	5
Baja	2	4	6	8	10	Baja	2	4	6	8	10
Media	3	6	9	12	15	Media	3	6	9	12	15
Alta	4	8	12	16	20	Alta	4	8	12	16	20
Muy alta	5	10	15	20	25	Muy alta	5	10	15	20	25

Riesgo: Sistema operativo móvil no soporta la aplicación						Riesgo: Software de desarrollo incompleto					
Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Muy Baja	1	2	3	4	5	Muy Baja	1	2	3	4	5
Baja	2	4	6	8	10	Baja	2	4	6	8	10
Media	3	6	9	12	15	Media	3	6	9	12	15
Alta	4	8	12	16	20	Alta	4	8	12	16	20
Muy alta	5	10	15	20	25	Muy alta	5	10	15	20	25

Riesgo: Dispositivo antiguo						Riesgo: Retraso de actividades					
Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Muy Baja	1	2	3	4	5	Muy Baja	1	2	3	4	5
Baja	2	4	6	8	10	Baja	2	4	6	8	10
Media	3	6	9	12	15	Media	3	6	9	12	15
Alta	4	8	12	16	20	Alta	4	8	12	16	20
Muy alta	5	10	15	20	25	Muy alta	5	10	15	20	25

Riesgo: Incapacidad en alguno de los miembros del equipo						Riesgo: Perdida del equipo de trabajo					
Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Muy Baja	1	2	3	4	5	Muy Baja	1	2	3	4	5
Baja	2	4	6	8	10	Baja	2	4	6	8	10
Media	3	6	9	12	15	Media	3	6	9	12	15
Alta	4	8	12	16	20	Alta	4	8	12	16	20

Muy alta	5	10	15	20	25	Muy alta	5	10	15	20	25
-----------------	---	----	----	----	----	-----------------	---	----	----	----	----

Riesgo: Poco uso de la aplicación						Riesgo: Poco conocimiento del lenguaje de programación					
Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Muy Baja	1	2	3	4	5	Muy Baja	1	2	3	4	5
Baja	2	4	6	8	10	Baja	2	4	6	8	10
Media	3	6	9	12	15	Media	3	6	9	12	15
Alta	4	8	12	16	20	Alta	4	8	12	16	20
Muy alta	5	10	15	20	25	Muy alta	5	10	15	20	25

Riesgo: Poco conocimiento en el uso de las herramientas de modelado						Riesgo: Desarrolladores ineficientes					
Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Muy Baja	1	2	3	4	5	Muy Baja	1	2	3	4	5
Baja	2	4	6	8	10	Baja	2	4	6	8	10
Media	3	6	9	12	15	Media	3	6	9	12	15
Alta	4	8	12	16	20	Alta	4	8	12	16	20
Muy alta	5	10	15	20	25	Muy alta	5	10	15	20	25

Riesgo: Bugs y fallos en la aplicación						Riesgo: Problemas en el equipo de desarrolladores					
Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Muy Baja	1	2	3	4	5	Muy Baja	1	2	3	4	5
Baja	2	4	6	8	10	Baja	2	4	6	8	10
Media	3	6	9	12	15	Media	3	6	9	12	15
Alta	4	8	12	16	20	Alta	4	8	12	16	20
Muy alta	5	10	15	20	25	Muy alta	5	10	15	20	25

Riesgo: El dispositivo móvil de prueba falle						Riesgo: No dar mantenimiento a la aplicación					
Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Probabilidad / Impacto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Muy Baja	1	2	3	4	5	Muy Baja	1	2	3	4	5
Baja	2	4	6	8	10	Baja	2	4	6	8	10
Media	3	6	9	12	15	Media	3	6	9	12	15
Alta	4	8	12	16	20	Alta	4	8	12	16	20
Muy alta	5	10	15	20	25	Muy alta	5	10	15	20	25

En la Tabla 5, se realiza la clasificación de los riesgos, utilizando bajo, moderado y alto en base a la puntuación.

Tabla 5. Rangos de puntuación

Puntuación	Clasificación
1 a 7	Bajo
8 a 14	Moderado
15 en adelante	Alto

En la Tabla 6, se clasifican los riesgos que pudieran existir a lo largo del proyecto.

Tabla 6. Clasificación de riesgos

Bajo	Moderado	Alto
Sistema operativo móvil no soporta la aplicación	Equipo de trabajo no competente	Software de desarrollo incompleto
Dispositivo antiguo	Aplicación no intuitiva	No dar seguimiento a la aplicación
Incapacidad en alguno de los miembros del equipo	Retraso de actividades	
Poco uso de la aplicación	Perdida del equipo de trabajo	
	Poco conocimiento del lenguaje de programación	
	Poco conocimiento en el uso de las herramientas de modelado	
	Desarrolladores ineficientes	
	Bugs y fallos en la aplicación	
	Problemas en el equipo de desarrolladores	
	El dispositivo móvil de prueba falle	

En la Tabla 7 y en la Tabla 8, se muestran los riesgos del proyecto y del producto clasificado en interno y externo.

Tabla 7. Riesgos del proyecto

Interno	Externo
	Equipo de trabajo no competente
	Retraso de actividades
Perdida del equipo de trabajo	
Poco conocimiento del lenguaje de programación	
Poco conocimiento de las herramientas de desarrollo	
	Desarrolladores ineficientes
Problemas en el equipo de desarrolladores	
	El dispositivo móvil de prueba falle
	Software de desarrollo incompleto
	Incapacidad de alguno de los miembros del equipo

Tabla 8. Riesgos del producto

Interno	Externo
Sistema operativo no soporta la aplicación	
	Dispositivo antiguo

	Poco uso de la aplicación
Aplicación no intuitiva	
Bugs y fallos de la aplicación	
No dar mantenimiento a la aplicación	

Un factor de gran importancia es saber qué medidas utilizar en caso de algún riesgo, en la Tabla 9 se muestran las estrategias para mitigarlos.

Tabla 9. Estrategias de mitigación de riesgos

Mitigación	Riesgo mitigado
Especificar en el manual de la aplicación cual es sistema operativo compatible, así como los dispositivos móviles que serán capaces de desplegar la aplicación.	Sistema operativo móvil no soporta la aplicación
Tener actividades delegadas en los equipos, conforme a sus tiempos y compromisos externos al proyecto, así como todos estar al tanto de cada una de las áreas de trabajo, y en caso de un accidente alguien más pueda continuar con facilidad el proyecto.	Incapacidad de alguno de los miembros del equipo
Tener equipo a la mano que sea de última generación, así como tener en cuenta cuales son las especificaciones técnicas que requieren los IDEs y las herramientas del modelado en 3D.	Equipo de trabajo no competente

Realizar pruebas en el dispositivo móvil, manejando la interfaz previamente realizada para encontrar bugs o fallos que puedan hacer del manejo de la aplicación poco amigable.	Aplicación no intuitiva
Tener un cronograma de actividades, considerando la actividad a realizar y el tiempo a requerir para su desarrollo, para evitar el mínimo retraso posible, y que los miembros del equipo sepan trabajar en todas las actividades sin problemas.	Retraso de actividades
En caso de pérdida del equipo, contar con un respaldo para continuar trabajando sin problemas, y que el equipo de respaldo también cuente con las especificaciones necesarias y requeridas por las herramientas de desarrollo.	Perdida del equipo
Antes de instalar las herramientas de desarrollo, investigar y tener en cuenta las herramientas de modelado contiene, sabe si tiene varias versiones y cuál es la más actualizada y si es necesario pagar por más herramientas o con las incluidas en una versión gratuita es suficiente.	Software de desarrollo incompleto
Tener un límite de soporte o alcance entre dispositivos móviles según su generación, fecha de salida, y el sistema operativo máximo soportable, para que los usuarios tengan en cuenta si su dispositivo es compatible con la aplicación	Dispositivo antiguo

Tomar en cuenta a los usuarios realizando encuestas, y que les gustaría que incluyera la aplicación, para hacerla llamativa al público y que sea una herramienta de estudio utilizada para cualquiera que la necesite.	Poco uso de la aplicación
Realizar un estudio óptimo sobre el lenguaje de programación, sobre el uso de algoritmos, librerías y todo lo que conlleve a un desarrollo óptimo en la aplicación.	Poco conocimiento del lenguaje de programación
Investigar previamente que herramientas contiene el software de modelado y su funcionamiento, y llevar a cabo prácticas de desarrollo para tener un control y manejo óptimo.	Poco conocimiento en el uso de herramientas de modelado
Capacitar a los desarrolladores en todas las áreas de trabajo. Para que en caso de emergencias o retraso alguien mejor capacitado continúe.	Desarrolladores ineficientes
Realizar pruebas en un dispositivo móvil específico para poder pulir y corregir todos los posibles errores previos a la fecha de lanzamiento.	Bugs y fallos en la aplicación
Estar siempre en comunicación en caso de cualquier cambio o revisión hecha en el proyecto, para evitar malentendidos que puedan ocasionar disgusto entre los miembros del equipo	Problemas en el equipo de desarrolladores

Tener un dispositivo de respaldo en caso de que el primero presente alguna falla de fábrica o sobrecarga en su interior.	El dispositivo móvil de prueba falle
Hacer un calendario con fechas asignadas en las cuales se realizará y aplicará una actualización a la aplicación en caso de ser necesaria.	No dar mantenimiento a la aplicación

En la Figura 29 se muestra el diagrama de Pareto, el cual se realiza para analizar la probabilidad de que los riesgos sucedan.



Figura 29. Diagrama de Pareto