

APLICACIÓN MÓVIL PARA EL APOYO EN EL ESTUDIO ANATÓMICO DEL ROSTRO CON REALIDAD AUMENTADA

MOBILE APPLICATION FOR SUPPORTING THE ANATOMIC STUDY OF THE FACE WITH AUGMENTED REALITY

Leonardo Sánchez

Universidad Autónoma Metropolitana
ldsm@correo.azc.uam.mx

José A. Reyes Ortiz

Universidad Autónoma Metropolitana
ceca@xanum.uam.mx

Alan Garza Ángeles

Universidad Autónoma Metropolitana
alang.zerex@gmail.com

Resumen

La realidad aumentada ha tenido gran auge en los últimos años. La cantidad de aplicaciones que incorporan realidad aumentada se ha incrementado gracias a su potencial y a la cantidad de dispositivos móviles disponibles. Hoy en día, existen diversas actividades que se pueden apoyar con el uso de esta tecnología, siendo la educación una de las más representativas gracias al impacto de su contribución a la sociedad. En este trabajo, se presenta el desarrollo de una aplicación móvil que busca apoyar a la educación de los futuros estudiantes de medicina y ciencias de la salud en el aprendizaje de la anatomía humana. Nuestra aplicación está centrada en el rostro humano y en los diversos sistemas anatómicos que lo componen. El desarrollo de la aplicación se realizó utilizando Unity y el kit de desarrollo Vuforia. Nuestros resultados muestran una aplicación funcional y atractiva para el aprendizaje de la anatomía humana.

Palabras Claves: Aplicaciones para dispositivos móviles, desarrollo de sistemas, realidad aumentada.

Abstract

The augmented reality has had great boom in recent years. The number of applications that incorporate augmented reality has increased thanks to its potential and the number of mobile devices available. Currently, there are several activities that can be improved with the use of this technology, being the education one of the most benefited. In this work, we present the development of a mobile application that seeks to help to future students in medicine and health field. The goal of such application is to facilitate the learning of human anatomy. Our application is focused on the human face and in some of the several anatomy systems that make it up. The development of the application was done using Unity and the Vuforia development kit. Our results show a functional and attractive application for the learning of human anatomy.

Keywords: *Applications for mobile devices, augmented reality, systems development.*

1. Introducción

El uso de dispositivos móviles se ha incrementado en los últimos años. Se estima que para noviembre del año 2016 se contabilizaban un total de 7,500 millones de teléfonos móviles, siendo el 80% teléfonos inteligentes, 10% más respecto al del año anterior [Ericsson, 2016]. Esto muestra un aumento en el uso de dispositivos móviles, así como un claro aumento en la demanda y desarrollo de aplicaciones para este tipo de tecnología. Gracias a esto, los teléfonos inteligentes o *smartphones* han revolucionado la forma en que las personas interactúan con la tecnología, ya que estos además de su capacidad de comunicación, incluyen otros elementos como cámara fotográfica, capacidades de almacenamiento para archivos y aplicaciones, capacidades de procesamiento, así como diversos sensores que permiten a las aplicaciones interactuar con el entorno del dispositivo. Por otro lado, el desarrollo tecnológico no es único de los teléfonos inteligentes, sino también de otros tipos de dispositivos móviles como las tabletas. Estas funcionan como el punto intermedio entre los *smartphones* y las computadoras personales, contando con la movilidad característica de los primeros, pero aportando también

las mejoras de las segundas. La importancia de esto radica en que a medida que avanza la tecnología en el ámbito del hardware, la experiencia del usuario cambia con esta, surgiendo así nuevas formas de aprovechar sus beneficios por medio del desarrollo de software.

Una de las tecnologías aplicadas al desarrollo de aplicaciones móviles con mayor auge en la actualidad es la realidad aumentada¹, la cual extiende la percepción del usuario en cuanto a lo que este puede observar con ayuda de la pantalla del dispositivo. Dicha tecnología irá en ascenso de acuerdo con la tendencia del desarrollo tecnológico, ya que gracias a la mejora en procesamiento gráfico y la manera en la que ésta se presente al usuario, se mejorará la experiencia del usuario al lograr una mayor inmersión [Gglassday,2016].

Hoy en día, la mayoría de las aplicaciones de realidad aumentada se encuentran enfocadas al entretenimiento, no obstante, el uso de esta ha ido poco a poco abarcando un mayor número de áreas como lo son la publicidad, la mercadotecnia y la educación. Esta última tiene un gran potencial de aplicación, ya que al poder utilizar los beneficios inmersivos que otorga la tecnología se apoya el proceso de aprendizaje de los estudiantes. En particular, los estudiantes de medicina son un sector que se ha visto ampliamente beneficiado por el uso de programas de simulación multimedia, ya que han favorecido al proceso de enseñanza y aprendizaje [Narváez, 2014]. Uno de los campos con mayor auge en los últimos años es la medicina, siendo la anatomía una de las disciplinas involucradas más recurrentes en este tipo de tecnologías [Virtualama, 2014]. Dicha disciplina es de suma importancia para los estudiantes de este campo debido a que suministra al estudiante una serie de conocimientos, habilidades y actitudes que le serán esenciales para el futuro ejercicio de su profesión [Sañudo, 2007]. Adicionalmente, esta representa un reto para los estudiantes que cursan dicha profesión por lo extenso de su contenido, lo que deriva en la necesidad de aplicaciones que contribuyan al reforzamiento del aprendizaje del alumno.

¹ La Realidad Aumentada (AR) consiste en sobreponer objetos o animaciones generadas por computadora sobre la imagen en tiempo real que recoge una cámara de un dispositivo. Es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite al usuario estar en un entorno aumentado con información generada por una computadora. [Centro de Difusión de Ciencia y Tecnología,2018]

Actualmente, la realidad aumentada ya ha demostrado ser una herramienta aplicable en el campo del aprendizaje, tal es el caso de la herramienta diseñada en [Cano, 2013]. Por otro lado, ya existen diversas herramientas que contribuyen al aprendizaje de la anatomía humana mediante modelos tridimensionales, como la presenta en [Goodwill Enterprise, 2013], sin embargo, este tipo de herramientas no implementan realidad aumentada ni reconocimiento de elementos relacionados al entorno del usuario. Finalmente, existen un sinnúmero de aplicaciones que permiten reconocer objetos del mundo real y realizar acciones con base en dicha identificación [Ramírez, 2014], [Morales, 2014], pero ninguna que integre realidad aumentada con el estudio de la anatomía.

Así, en este trabajo se presenta el diseño e implementación de una aplicación móvil con realidad aumentada aplicada a un rostro. La aplicación es capaz de tomar la imagen de un rostro en dos dimensiones y transformarla en un modelo tridimensional con el que el usuario puede interactuar por medio del uso de tecnologías de realidad aumentada. De esta manera, la herramienta desarrollada en este trabajo busca complementar el aprendizaje de los estudiantes de medicina y carreras afines utilizando un modelo completamente computarizado. La aplicación desarrollada en este trabajo resulta en una herramienta atractiva para el usuario final, ya que le permite adquirir y reafirmar conocimientos de una manera novedosa.

2. Métodos

Existen varias formas de aproximarse al estudio de la anatomía humana [Gray, 2015]:

- *Anatomía sistemática o descriptiva*: Estudia y sigue cada sistema a través de todo el cuerpo. Fracciona al cuerpo humano y lo organiza por sistemas y aparatos.
- *Anatomía artística*: Se enfoca en el estudio de las cuestiones anatómicas que afectan directamente a la representación artística de la figura humana.
- *Anatomía clínica*: Se enfoca en el funcionamiento y correlación de los elementos que conforman al cuerpo humano.

- **Anatomía regional o topográfica:** Estudia cada región del cuerpo por separado y todos los aspectos de dicha región se estudian al mismo tiempo.

En este trabajo nos enfocamos en la aproximación basada en la anatomía regional. Bajo este enfoque, el cuerpo humano se divide en regiones esquemáticas como cabeza, cuello, tronco, miembros superior e inferior. A su vez, cada región se divide en componentes que se estudian al mismo tiempo.

De este modo, es posible seccionar elementos de los diversos sistemas y aparatos que conforman al cuerpo, simplificando y esquematizando el estudio del mismo. En particular, la jerarquización de los huesos y músculos que conforman el área de la cabeza, como se muestra en las figuras 1 y 2, son de interés para el desarrollo de la aplicación propuesta.

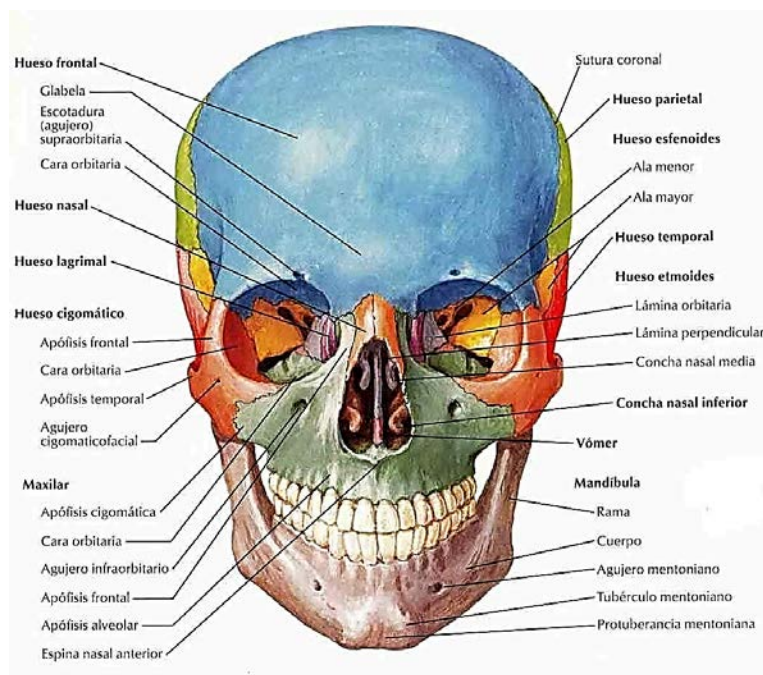


Figura 1 Sección de la cabeza del sistema óseo [Anatomía-Humana, 2000].

Por otro lado, la realidad aumentada ha encontrado en los dispositivos móviles una plataforma propicia para el aprovechamiento de ésta. Los dispositivos móviles cuentan con los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la realidad aumentada, así como la portabilidad y practicidad necesaria para dar

soporte completo a este tipo de tecnología. Aunado a esto, Android, siendo el sistema operativo líder en dichos dispositivos, es una plataforma de gran importancia para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada al contar con distintas librerías y herramientas de desarrollo de licencia libre. Un claro ejemplo de ello es el trabajo presentado en [Vicente, 2014], en el que se desarrolla una aplicación que permite convertir un plano de una casa en un modelo 3D.

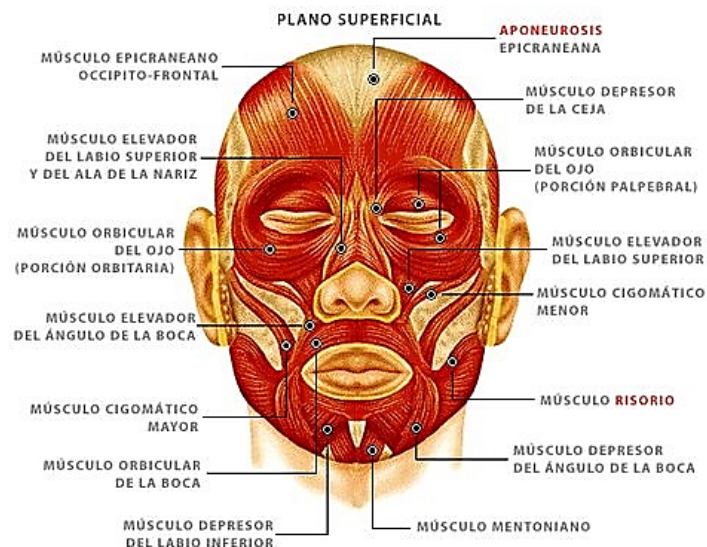


Figura 2 Sección de la cabeza del sistema muscular [Pinterest, 2005].

Por otro lado, la realidad aumentada ha encontrado en los dispositivos móviles una plataforma propicia para el aprovechamiento de ésta. Los dispositivos móviles cuentan con los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la realidad aumentada, así como la portabilidad y practicidad necesaria para dar soporte completo a este tipo de tecnología. Aunado a esto, Android, siendo el sistema operativo líder en dichos dispositivos, es una plataforma de gran importancia para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada al contar con distintas librerías y herramientas de desarrollo de licencia libre. Un claro ejemplo de ello es el trabajo presentado en [Vicente, 2014], en el que se desarrolla una aplicación que permite convertir un plano de una casa en un modelo 3D.

Por su parte, Vuforia es el kit de desarrollo de software de realidad aumentada para dispositivos móviles más utilizado a nivel mundial. Vuforia utiliza tecnología de

visión por computadora para realizar el reconocimiento de imágenes planas y objetos 3D simples como cajas y cilindros. Con ayuda de esto, es posible desarrollar aplicaciones que posicionen y orienten objetos virtuales en el entorno del mundo real que es capturado por la cámara del dispositivo móvil [Vuforia, 2017]. Vuforia ofrece tres herramientas de operación para generar realidad aumentada:

- *Vuforia Object Scanner*: ayuda escanear objetos 3D en un formato compatible para el motor Vuforia.
- *Target Manager*: Aplicación web en el portal de desarrollo que permite crear bases de datos de los objetivos a escanear en la nube. Como se muestra en la figura 3, al subir una imagen, la herramienta reconoce los puntos significativos de ésta los cuales permitirán realizar el reconocimiento, añadiéndole un nivel de “aumentabilidad” que indica la facilidad con la que podrá realizar el reconocimiento de dicha imagen.
- *Calibration Assistant*: Permite a los usuarios finales crear perfiles personalizados que se adapten a la geometría del objetivo.

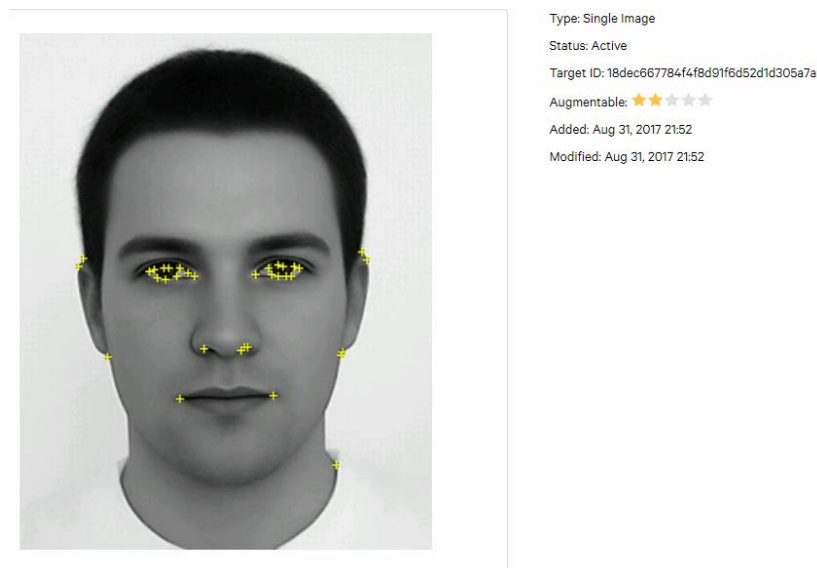


Figura 3 Puntos elegidos por el Target Manager y nivel de aumentabilidad.

A su vez, Unity es un motor gráfico para creación de videojuegos multiplataforma que permite agregar las herramientas de Vuforia para el desarrollo de aplicaciones

de realidad aumentada de forma simple. Unity es notable por su capacidad multiplataforma, lo cual lo vuelve una gran opción para el desarrollo de aplicaciones y videojuegos. Así, para el desarrollo de la aplicación propuesta se seleccionaron y utilizaron los elementos de hardware y software que se mencionan a continuación.

Hardware

Computadora con los siguientes requerimientos:

- OS: Windows 7 SP1+, 8, 10, 64-bit versions only; Mac OS X 10.9+. Windows XP y Vista no son compatibles.
- CPU: Soporte para el conjunto de instrucciones SSE2.
- GPU: Tarjeta gráfica con DX9 (modelo de shader 3.0) o DX11 con capacidades de funciones de nivel 9.3.

Requisitos adicionales para el desarrollo de plataformas:

- iOS: Computadora Mac con sistema operativo versión OS X 10.9.4 como mínimo y Xcode 7.0 o superior.
- Android: Android SDK y Java Development Kit (JDK); IL2CPP scripting backend requiere Android NDK.
- Windows Store: Windows 8.1 (64 bits) y Visual Studio y plataforma SDK correspondiente:
- Universal Windows Platform (UWP): Windows 8.1 (64 bits), Visual Studio 2015 o posterior y Windows 10 SDK;
- El scripting backend IL2CPP también requiere la instalación de la función de compilador C++ con Visual Studio.

En cuanto al dispositivo móvil, se requiere que este cuente con giroscopio con el fin de poder ejecutar aplicaciones de realidad aumentada. Esto se debe a que gracias a este sensor es posible que el dispositivo conozca en qué plano del espacio se encuentra, cuál es su aceleración con respecto al punto de partida y si el dispositivo está girando sobre el plano o inclinándose, es decir, detecta el

movimiento en sus seis ejes. Esto permite que en tecnologías como la realidad virtual y aumentada sea posible cuadrar la imagen en pantalla con la posición y movimiento del usuario. El funcionamiento del giroscopio se puede observar en la figura 4.

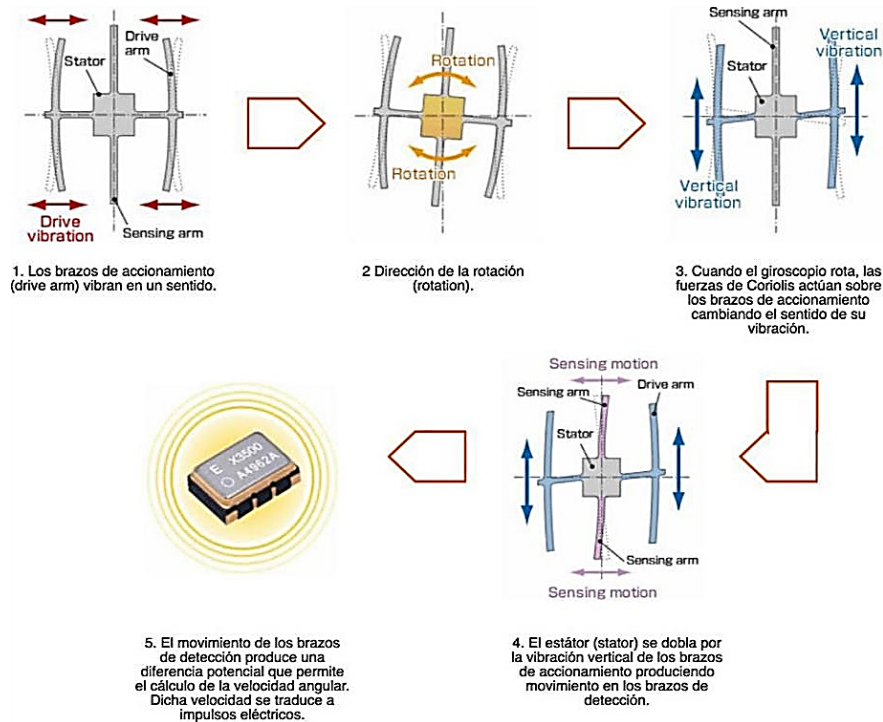


Figura 4 Funcionamiento del giroscopio dentro de un dispositivo móvil [Android 2018].

Software

Para el desarrollo de la aplicación se utiliza el motor gráfico Unity versión 5.6.2 junto con el kit de desarrollo Vuforia versión 6.2.10 para Unity. En cuanto al desarrollo de modelos tridimensionales se utiliza el software Autodesk Maya 2018. A su vez, para el desarrollo de los scripts en lenguaje C# que permiten la interacción con los modelos tridimensionales, se utiliza el entorno de desarrollo integrado Visual Studio 2015.

Desarrollo

La aplicación se visualiza como un conjunto de módulos interconectados, los cuales requieren una entrada y proveen una salida. A excepción del primer módulo,

la entrada de un módulo es la salida del anterior, tal y como se observa en la figura 5. Para el correcto funcionamiento de la aplicación se generó una base de datos en la nube de Vuforia con una imagen preprocesada en ella, la cual determinará al conjunto de imágenes válidas.



Figura 5 Diagrama de bloques de los módulos que conforman la aplicación móvil.

El módulo de detección de rostro es el primer componente interno de la aplicación. Se conforma por los elementos de entrada del dispositivo móvil que permiten capturar valores del entorno del usuario y el entorno del usuario. En particular, para el desarrollo de esta aplicación se utiliza la cámara del dispositivo móvil y una imagen preprocesada. Por medio de este módulo, el usuario es capaz de detectar si la imagen introducida es una imagen válida o no. Esto significa que la aplicación verifica que la imagen exista en la base de datos creada en la nube.

Por otro lado, el módulo de extracción de información es el responsable de recibir la información obtenida por el módulo de detección de rostro. Una vez que el módulo de detección de rostro ha determinado que se tiene una entrada válida para la aplicación, el módulo de extracción de información se encarga de recuperar el número de bordes y relieves de la imagen, los cuales definen las dimensiones y características específicas de un rostro en particular. El resultado es un plano con bordes y relieves. Por su parte, el módulo de transformación es el encargado de convertir el plano de bordes y relieves a una imagen tridimensional, para lo cual toma como entrada los datos entregados por el módulo de extracción de información y los extrapola para determinar las características de la imagen. Dicha imagen contempla tres modelos tridimensionales, cada uno relacionado con uno de los tres sistemas que integran al rostro humano [Gray, 2015]:

- Sistema tegumentario: Conformado de la piel, vellos y uñas.
- Sistema muscular: Formado por los diversos músculos del cuerpo que permiten el movimiento del mismo.
- Sistema óseo: Integrado por los diversos huesos en el cuerpo, proporcionan apoyo estructural y protección a los órganos.

Los modelos tridimensionales están basados en los elementos principales de las figuras 1 y 2, es decir, en el conjunto de elementos de mayor jerarquía que conforman a cada uno de los sistemas. A su vez, el módulo de realidad aumentada se encarga de agregar información adicional al modelo tridimensional generado por el módulo de transformación. La información se agrega de manera superpuesta de modo que el modelo contiene información detallada de cada parte del mismo. Finalmente, el módulo de interacción con el usuario permite al usuario interactuar con el modelo tridimensional durante tiempo de ejecución. Esto quiere decir, que una vez que el objeto tridimensional se visualiza en pantalla, el usuario es capaz de realizar diversas acciones sobre los elementos que conforman al modelo. Esto implica que el usuario, a través de este módulo, puede acceder a cualquiera de los modelos tridimensionales relacionados con el rostro humano y a su respectiva información. La figura 6 muestra la manera en la que el usuario interactuará con la aplicación a través de diversas vistas, mientras que la figura 7 muestra los tres modelos tridimensionales considerados para el desarrollo de esta aplicación.

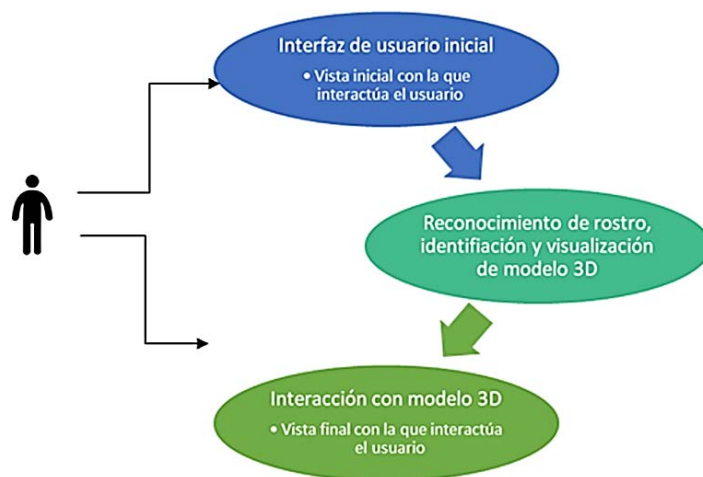


Figura 6 Interacción del usuario con las vistas de la aplicación.

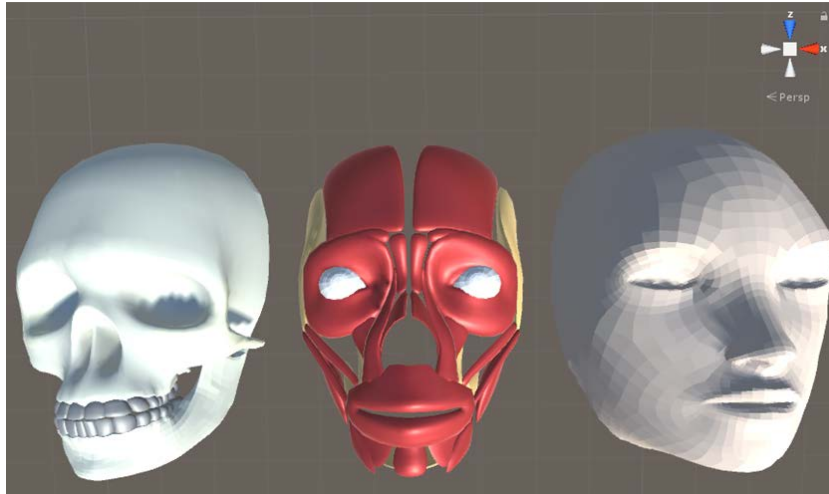


Figura 7 Modelos tridimensionales.

En figura 7 de izquierda a derecha: sistema óseo, el sistema muscular y el sistema tegumentario de un rostro. Como se puede apreciar, los modelos diseñados para la aplicación están basados completamente en los elementos presentados en las figuras 1 y 2.

3. Resultados

La aplicación es capaz de identificar una imagen almacenada en la base de datos que proporciona Vuforia. Dicha base se puede ampliar agregando imágenes distintas o la misma imagen desde distintos ángulos o con distintas exposiciones de luz. Una vez identificada una imagen válida, la aplicación es capaz de generar un modelo tridimensional con información basado en los tres sistemas que integran al rostro humano, es decir, es capaz de agregar los elementos de realidad aumentada sobre esta. La imagen elegida y los puntos característicos para el reconocimiento de ésta se pueden apreciar en la figura 8. Se eligió esta imagen debido a su simetría, lo que facilitó colocar los elementos tridimensionales sobre el rostro permitiendo cierta continuidad y naturalidad entre los elementos.

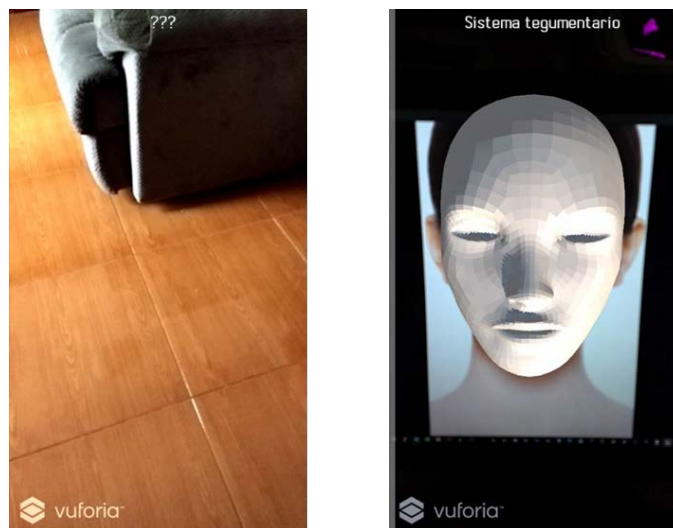
A pesar de que el nivel de aumentabilidad que nos proporciona la base de datos de Vuforia respecto a la imagen es muy bajo (de sólo una estrella), el reconocimiento por parte de la aplicación se realiza de forma rápida en la mayoría de los casos.



Figura 8 Imagen para reconocimiento y puntos característicos elegidos por Vuforia.

La primera vista de la aplicación se presenta en la figura 9a, que es la vista inicial del sistema en la que no se ha hecho el reconocimiento de la imagen objetivo. En esta, el usuario visualiza su entorno junto con tres signos de interrogación en la parte de arriba a través de la cámara del dispositivo móvil. Los tres signos indican que no se ha reconocido ningún objeto. La figura 9b muestra la vista en la que se ha hecho el reconocimiento de la imagen objetivo.

Al momento que la cámara enfoca la imagen objetivo, se avanza a la siguiente vista de la aplicación donde ya se encuentran los elementos de realidad aumentada agregados sobre la imagen objetivo, como se muestra en la figura 10.



a) Vista inicial sin reconocimiento. b) Vista con reconocimiento.

Figura 9 Vistas sin y con reconocimiento.

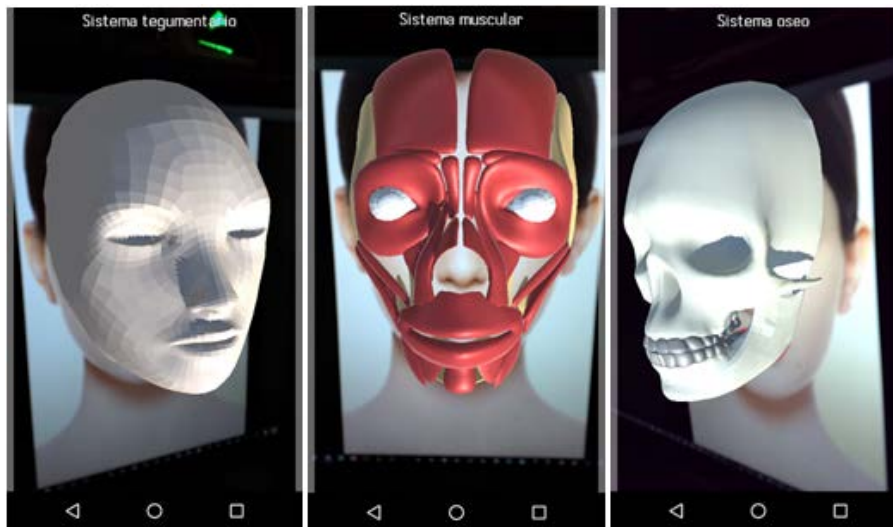


Figura 10 Vista de los tres sistemas que conforman el rostro humano.

Estos elementos serán visibles siempre que se mantenga la cámara enfocada sobre la imagen, de lo contrario se regresará a la vista de la figura 9b. En la vista con los elementos superpuestos, el usuario puede navegar entre los tres sistemas disponibles por medio de *swipes*. En cada sistema, se muestra el nombre de este junto con los elementos que lo componen, como se muestra en figura 10. Al seleccionar uno de estos elementos por medio de un *touch* sobre la pantalla, el elemento se aislará y mostrará con información de este en la parte inferior, tal y como se puede apreciar en la figura 11.

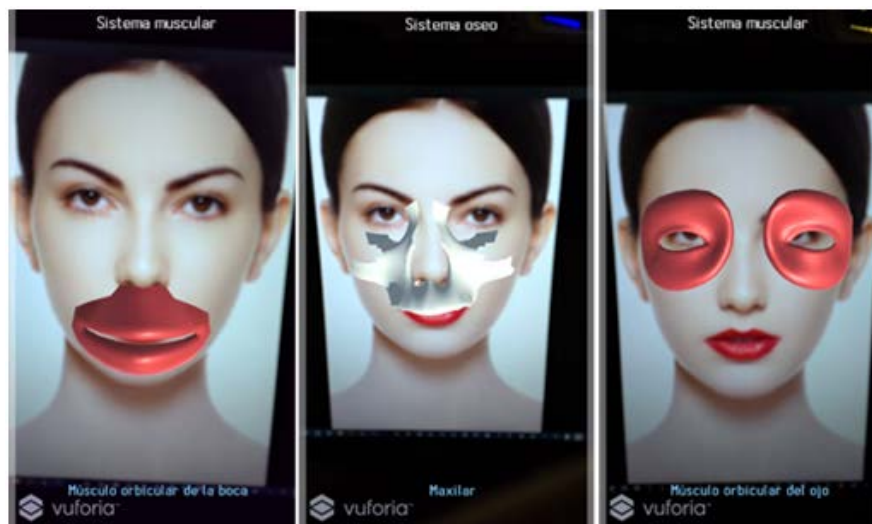


Figura 11 Ejemplos de selecciones de elementos de los sistemas disponibles.

4. Discusión

Los resultados muestran un buen funcionamiento de la aplicación, ya que a partir de una imagen preprocesada en dos dimensiones, se obtiene una imagen tridimensional en la que se presentan los tres sistemas involucrados en el rostro humano. Además, la aplicación permite al usuario:

- Seleccionar diversos sistemas anatómicos del modelo tridimensional, así como aislar elementos de cada sistema y conocer información adicional acerca del elemento seleccionado.
- Redimensionar el modelo y observar distintas perspectivas de éste al momento de mover el dispositivo hacia la dirección deseada.
- Funcionar de manera fluida y optimizada durante su ejecución en el dispositivo móvil.

Por otro lado, los módulos planteados en el diseño del sistema cumplen con su función, ya que:

- El módulo de detección de rostro reconoce objetos que en efecto representan un rostro a partir de una imagen preprocesada.
- El módulo de extracción de información permite obtener toda la información relacionada a un rostro a partir de una imagen.
- El módulo de transformación es capaz de generar un modelo tridimensional a partir de datos específicos.
- El módulo de realidad aumentada agrega información a un modelo tridimensional.
- El módulo de interacción permite realizar, de forma intuitiva para el usuario, las acciones de selección, movimiento y redimensionamiento de un modelo tridimensional.

Por el momento, es difícil afirmar que la aplicación cumple con el objetivo de mejorar el aprendizaje de la anatomía humana sin realizar antes un estudio estadístico probando la aplicación en estudiantes de ciencias de la salud. Así mismo, se pueden agregar más elementos a la aplicación con el fin de hacerla más

robusta. Se puede mejorar la aplicación para que permita mantener el modelo tridimensional aun cuando la imagen bidimensional salga del enfoque de la cámara. Adicionalmente, se pueden agregar más sistemas a la aplicación e información adicional a los sistemas existentes.

5. Conclusiones

Se ha desarrollado una aplicación móvil con realidad aumentada integrada para el área de anatomía del campo de la medicina. La aplicación desarrollada se enfocó en tres sistemas involucrados en el rostro humano y está orientada a dispositivos móviles con sistema operativo Android.

La aplicación es funcional y adecuada, sin embargo, queda mucho trabajo por hacer. Lo primero es evaluar el aporte de la aplicación a la comunidad estudiantil de carreras afines a la medicina. Por otro lado, existen diversos aspectos de la aplicación que se pueden mejorar. Uno de ellos es incluir más imágenes preprocesadas a la base de datos de Vuforia o incluir un módulo de detección de rostros a través de alguna de las técnicas ya conocidas, como las funciones de Haar. Además, se puede ampliar la información relacionada a los sistemas que conforman el modelo tridimensional. Finalmente, se puede mejorar el módulo de interacción para que el usuario pueda continuar trabajando aun cuando se ha perdido de foco la imagen preprocesada.

El desarrollo de esta aplicación es el principio de lo que puede ser una amplia gama de aplicaciones de esta tecnología en la enseñanza de diversas disciplinas fundamentalmente visuales, ya que esta tecnología permite una mayor inmersión por parte del usuario y aporta elementos de entretenimiento que facilitan e incitan al usuario a continuar con dicha interacción.

Es de gran importancia aprovechar las nuevas tecnologías que la ingeniería nos provee e integrarlas en las distintas disciplinas para realizar proyectos novedosos e innovadores, con el objetivo del beneficio social. La educación, que es una de las ramas más importantes en la sociedad, requiere de constante innovación para facilitar a los estudiantes el aprendizaje de disciplinas complejas y esenciales para su formación como profesionistas.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] A.A. Ramírez Avilés, Sistema de detección y reconocimiento facial multi-hilo sobre GPUs, propuesta de proyecto terminal, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, México, 2015
- [2] Anatomia-Humana, Todo sobre anatomía, <http://www.anatomia-humana.com/>, 2000.
- [3] Android Libre: <https://elandroidelibre.com/>, 2018
- [4] C. Hipólito Morales, Cerradura electrónica con reconocimiento facial, propuesta de proyecto terminal, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, México, 2014.
- [5] Ericsson, Ericsson Mobility Report, Stockholm, Sweden, <https://www.ericsson.com/>, 2016.
- [6] Gglassday, Google Glass, toda la información, ¿qué es Google Glass? ¿Para qué sirven?, Gglassday, 2016, <http://gglassday.com/>.
- [7] Gray, Anatomía para estudiantes, Drake, Mitchell & Vogl, 3a edición, 2015.
- [8] Goodwill Enterprise, Anatomy 3D–Anatronica, <https://play.google.com/store/apps>, 2013.
- [9] H. E. Narváez, E. I. Murillo Rábago, Herramientas de estudio utilizadas por alumnos de ciencias de la salud en la materia de Anatomía, Revista Investigación en Educación Médica, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, <http://riem.facmed.unam.mx/>, 2014
- [10] J. Cano Flórez, M. Franco Buriticá, Realidad aumentada aplicada a objetos de aprendizaje para asignaturas de Ingeniería Informática. Tesis, Facultad de Ingenierías, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia, 2013.
- [11] J.R. Sañudo, The participation of Anatomy Departments in the continuing professional development of surgeons, European Journal of Anatomy, vol. 11, sup. 1, pp.111-119, <http://www.eurjanat.com>, 2007.
- [12] L.S. Fernando Vicente, Sistema de realidad aumentada para estrategias de mercadotécnica enfocada a una empresa inmobiliaria, Tesis, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México C.U., México, 2014.

- [13] Microsoft, Microsoft HoloLens, <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>, 2017.
- [14] Pinterest, <https://www.pinterest.com.mx/>, 2005.
- [15] Virtualama, Realidad aumentada aplicada a la medicina, <http://www.virtualama.com/>, 2014.
- [16] Vuforia, Vuforia: Developer Library, <https://library.vuforia.com/>, 2017.