



**UNIVERSIDAD DE MONTEMORELOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

**Aplicación de la realidad virtual para la ubicación  
del infarto agudo al miocardio**

**Presenta: Myriam Torres González**

**Asesor principal:  
Dr. Jair Arody del Valle López**

**Montemorelos, Nuevo León, México**

**Fecha de presentación: 11 de Abril de 2016**

## ÍNDICE

### CONTENIDO

Resumen

#### I. INTRODUCCIÓN

|   |   |
|---|---|
| <i>A. Antecedentes</i> .....            | 1 |
| <i>B. Definición del problema</i> ..... | 2 |
| <i>C. Justificación</i> .....           | 2 |
| <i>D. Objetivos</i> .....               | 2 |
| 1) <i>Objetivo general</i> .....        | 2 |
| 2) <i>Objetivos específicos</i> .....   | 2 |
| <i>E. Hipótesis</i> .....               | 2 |

#### II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <i>A. Marco teórico</i> .....   | 2 |
| <i>B. Estado del arte</i> ..... | 4 |

#### III. RESULTADOS

|  |    |
|--|----|
| <i>A. Metodología</i> .....                    | 5  |
| 1) <i>Escena de título y descripción</i> ..... | 7  |
| 2) <i>Escena de instrucciones</i> .....        | 7  |
| 3) <i>Escena principal</i> .....               | 7  |
| <i>B. Presentación de los resultados</i> ..... | 11 |
| <i>C. Análisis de resultados</i> .....         | 11 |

#### IV. CONCLUSIONES .....

Agradecimientos .....

Referencias .....

# Aplicación de la realidad virtual para la ubicación del infarto agudo al miocardio

Myriam Torres, Jair A. Del Valle, Eder Martínez, Alejandra Guillen.

Facultad de Ingeniería y Tecnología

Universidad de Morelia

Apartado 16-5 Morelia N.L. México

1110063@alumno.um.edu.mx, jdelvalle@um.edu.mx.

**Resumen-** El infarto agudo al miocardio constituye la primera causa de muerte en numerosos países. Los métodos tradicionales de enseñanza, se hacen con esquemas en dos dimensiones, a pesar de que con ellos se trata de describir una realidad tridimensional. Durante los últimos años, la realidad virtual ha ganado presencia en los entornos educativos como un enfoque alternativo a las experiencias de aprendizaje tradicionales. La realidad virtual consiste en un entorno de escenas u objetos que parecen reales, pero que son generados por medio de tecnología informática, creando en el usuario la sensación de estar inmerso en él. En este proyecto se desarrolla una aplicación para que estudiantes de medicina aprendan la anatomía del corazón y logren identificar la ubicación del infarto agudo al miocardio mediante la interpretación de electrocardiogramas. El proyecto se desarrolló en unity una plataforma para el desarrollo de software de entretenimiento y se implementó el dispositivo de control gestual leap motion el cual es capaz de capturar con precisión los movimientos de la mano para interactuar con el corazón.

**Palabras Clave-** Anatomía cardíaca, herramienta educativa, infarto agudo al miocardio, leap motion, realidad virtual.

## I. INTRODUCCIÓN

### A. Antecedentes

A nivel mundial los síndromes coronarios agudos (SCA) son una causa importante de morbilidad y mortalidad. En el 2006 más de 6 millones de personas fueron propensos a presentar un infarto agudo al miocardio (IAM) y su prevalencia aumenta el 33.3%. Datos epidemiológicos de México, establecen a la cardiopatía isquémica como primera causa de mortalidad en mayores de 60 años y la segunda causa en la población en general [1].

Se suele considerar que las enfermedades crónicas afectan principalmente a las personas de edad avanzada,

pero actualmente se sabe que casi la mitad de las muertes por estas enfermedades se producen prematuramente en personas menores de 70 años y una cuarta parte de esas defunciones se dan en personas menores de 60 años.

En México, las enfermedades del corazón en conjunto son la primera causa de mortalidad general; cuando se desagrupan como causa única, la más prevalente de ellas, la cardiopatía isquémica se convierte en la segunda causa de mortalidad general, debajo de la diabetes mellitus (DM) cuya mortalidad es originada principalmente por complicaciones cardiovasculares. Cuando se considera por género la DM sigue siendo la primera causa de mortalidad en las mujeres, pero no en los hombres, en quienes la cardiopatía isquémica ocupa la primera causa de muerte, siendo un gran problema en la salud pública de este país [2]. En el mundo, cada 4 segundos ocurre un infarto agudo al miocardio y cada cinco segundos un evento cerebrovascular [1].

Gracias a la tecnología biomédica y a los avances en el desarrollo de herramientas de diagnóstico, dispositivos médicos y software de aprendizaje, ha habido una reducción significativa entre el descubrimiento de mecanismos, procesos biomoleculares, fisiopatología y su aplicación en la práctica clínica [3].

Múltiples estudios han demostrado que el pronóstico del paciente infartado está influenciado por el manejo inicial recibido en el departamento de emergencia, lo cual contribuye a disminuir la mortalidad hospitalaria y mejorar las expectativas de vida de los pacientes [4]. Es por eso la importancia del desarrollo de nuevas herramientas que ayuden al médico a comprender mejor la fisiopatología en las enfermedades de carácter cardiovascular de una manera integral y lo más real posible.

### B. Definición del problema

Las enfermedades cardiovasculares constituyen un desafiante problema de salud por su relevante asociación con la morbimortalidad. El infarto agudo al miocardio constituye la primera causa de muerte en numerosos países y se conoce como una de las formas más graves de cardiopatía isquémica. Solamente en los Estados Unidos ocurren 1.5 millones de IAM anualmente, de ellos casi

500.000 son fatales [5]. Afecta casi sin excepción a todos los países, constituye una de las primeras causas de incidencia, morbilidad y mortalidad, en la actualidad es la enfermedad más frecuente en los países industrializados y en vías de desarrollo.

El diagnóstico del IAM durante muchos años fue basado en los elementos de la clínica, la primera descripción se le atribuye a Herrik [6] [7]. A principios del siglo XX, tras la difusión de la electrocardiografía, se elevó la posibilidad diagnóstica y pasó a ocupar una de las primeras causas de muerte.

Pero actualmente no existe una herramienta cercana a la realidad que permita a los estudiantes de medicina visualizar la sección de infarto y relacionarla con su representación en el electrocardiograma.

El conocimiento en el área médica siempre se está renovando por lo que se necesitan herramientas que ayuden a los médicos a estar capacitados.

Hoy en día la tecnología y el desarrollo de software que apoyen la educación del médico y lo preparen son de gran importancia para el impacto favorable en la atención médico hospitalaria.

### C. Justificación

Los métodos tradicionales de visualización de modelos y datos, muchas veces se hace con esquemas en dos dimensiones, a pesar de que con ellos se trata de describir una realidad que por naturaleza es tridimensional [8]. Con el avance de la tecnología se han ido creando nuevos paradigmas en la enseñanza. Durante los últimos, la realidad virtual ha ganado presencia en los entornos educativos como un enfoque alternativo a las experiencias de aprendizaje tradicionales [9].

La escuela de medicina de la Universidad de Morelia realiza la enseñanza de la anatomía, fisiología cardíaca e interpretación de electrocardiogramas, con esquemas en dos dimensiones. Por lo cual una herramienta con realidad virtual puede ser de gran utilidad para que los estudiantes aprendan en un ambiente más cercano a la realidad.

### D. Objetivos

#### 1) Objetivo general

Desarrollar una aplicación con realidad virtual para que los estudiantes de medicina de la Universidad de Morelia aprendan la anatomía del corazón y logren identificar la ubicación de infartos agudos al miocardio mediante la interpretación de electrocardiogramas.

#### 2) Objetivos específicos

- Realizar diversos movimientos al corazón virtual en los ejes z, x, y.
- El corazón virtual permitirá seleccionar un área específica del mismo, para desplegar el nombre del infarto que ocurre en esa sección, su descripción y su representación en el electrocardiograma.

### 1.5 HIPÓTESIS

Es posible aplicar la realidad virtual para crear herramientas que apoyen a la ubicación de los infartos agudos al miocardio y a comprender la anatomía del corazón.

## II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### A. Marco teórico

La fase inicial del IAM es un periodo crítico con mortalidad elevada. Un sistema de emergencias pre hospitalario cumple un papel importante en el diagnóstico, la selección (triage) y la terapéutica son factores determinantes en su éxito como tal. Sin embargo todo esto no es posible sin el conocimiento y preparación del médico [10].

Desde el punto de vista de la atención clínica, el infarto agudo de miocardio reúne todos los requisitos para ser considerado una verdadera urgencia médica. Las manifestaciones del infarto aparecen de forma súbita, y el riesgo de muerte o complicaciones graves a corto plazo es elevado. Además, la eficacia del tratamiento va a depender, en gran medida, del tiempo transcurrido desde el inicio de los síntomas hasta su administración.

Cuando se sospecha de un infarto agudo de miocardio en un paciente que presenta los síntomas, se confirma el diagnóstico en la mayoría de casos con la realización inmediata de un ECG. Por tanto, el ECG es la pieza clave para el reconocimiento precoz del infarto y, sobre todo, para poner en marcha sin demora las medidas necesarias para recanalizar urgentemente la arteria coronaria obstruida [12].

Si se interrumpe bruscamente el riego sanguíneo en una parte del corazón, aparece de manera inmediata una alteración característica y fácilmente reconocible en el ECG: la elevación del segmento ST. Esta alteración representa la lesión isquémica aguda que aparece inmediatamente en el músculo cardíaco tras la interrupción de su irrigación sanguínea. Esta elevación del segmento ST suele mantenerse durante varias horas o hasta conseguir la recanalización eficaz de la arteria coronaria ocluida. Tras la elevación del segmento ST, aparecen en el ECG las llamadas ondas Q que representan la parte necrosada o muerta del músculo cardíaco. Estas ondas suelen mantenerse de por vida e indican la presencia de una cicatriz fibrosa en el segmento del corazón que sufrió el infarto [11].

Dado que en el ECG se registran varias derivaciones que corresponden a la actividad eléctrica de distintos segmentos del corazón, la localización y el número de derivaciones con elevación del ST permitirá conocer de forma rápida cuál es el segmento del corazón afectado por el infarto; asimismo, se podrá inferir cuál de las arterias coronarias se ha ocluido bruscamente y ha provocado la enfermedad [11].

Anatomía del corazón. El corazón es un órgano muscular cuya finalidad es bombear sangre a todos los

tejidos del cuerpo para nutrirlos con oxígeno. Esto se logra mediante un corazón de cuatro compartimentos. Las dos cámaras superiores de menor tamaño son las cámaras receptoras, llamadas aurícula izquierda y aurícula derecha, y están separadas entre sí por una pared llamada tabique interauricular. Las dos cámaras inferiores llamadas ventrículos, están separadas por una pared más gruesa llamada tabique interventricular [12].

**Electrocardiograma.** Un electrocardiograma es un registro de la actividad eléctrica que tiene lugar en el corazón cada vez que se contrae. Se ponen electrodos en determinadas zonas del cuerpo del paciente y mediante el uso de diversas combinaciones de estos electrodos se observan 12 vistas diferentes de la misma actividad eléctrica en el papel cuadriculado del electrocardiograma [12].

El electrocardiograma consta de una serie de segmentos que corresponden a la contracción cardíaca (QRS) y a la repolarización del ventrículo (segmento ST y onda T) [11].

**Ondas Q.** Ondas que aparecen en el ECG y representan el segmento necrosado o muerto de la pared cardíaca tras haber acontecido un infarto agudo de miocardio (Ver figura 1).

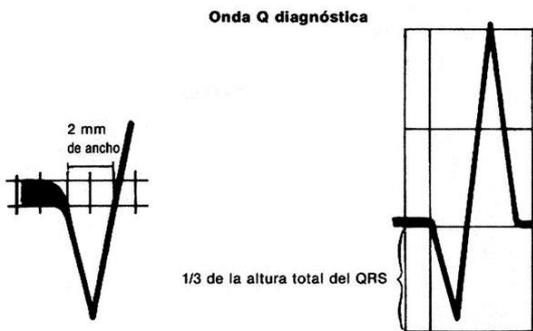


Figura 1. Ondas Q.

**Segmento ST.** Porción del registro electrocardiográfico que representa parte de la repolarización de las fibras musculares cardíacas. Cuando se obstruye una arteria coronaria, la lesión isquémica que inmediatamente se produce en el miocardio provoca una característica elevación del segmento ST en el ECG, alteración clave en el reconocimiento precoz del infarto agudo de miocardio (ver figura 2).

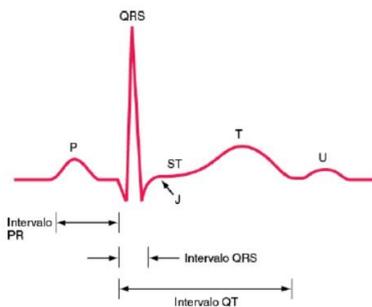


Figura 2. Segmento ST.

**Infarto.** Proceso de necrosis o muerte de un tejido que tiene lugar cuando se interrumpe de forma brusca el flujo sanguíneo por la obstrucción de la arteria que irriga dicho tejido.

**Infarto agudo al miocardio.** Es una patología que se caracteriza por la muerte de una porción del músculo cardíaco que se produce cuando se obstruye completamente una arteria coronaria. En las circunstancias en las que se produce la obstrucción el aporte sanguíneo se suprime. Si el músculo cardíaco carece de oxígeno durante demasiado tiempo, el tejido de esa zona muere y no se regenera [13].

Tipos de infarto de miocardio son iguales. La localización y el tamaño van a definir el tipo de infarto y, además, ambas características son definitivas para determinar el pronóstico del paciente que ha sufrido este episodio cardíaco. La localización exacta y el tamaño del infarto dependerán fundamentalmente del lugar [11].

**Infarto anterior.** Se produce la oclusión de Arteria descendente izquierda anterior (ADIA). En el ECG se tendrá Q significativa, inversión de la onda T en las DI, V2, V3 y V4 (ver figura 3) [12].

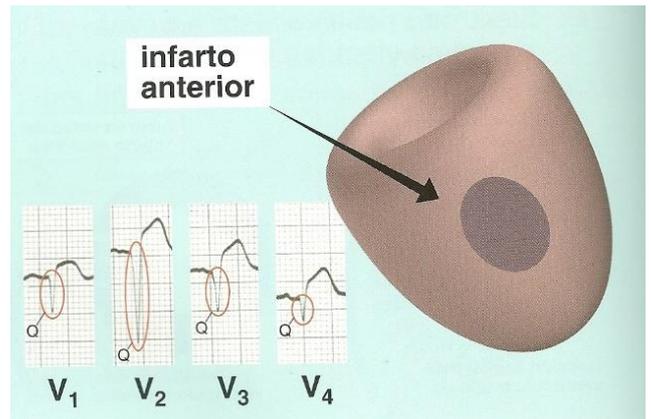


Figura 3. Infarto anterior.

**Infarto lateral.** Se produce una oclusión de Arteria descendente anterior izquierda (rama diagonal), Arteria circunfleja izquierda (rama marginal), Arteria coronaria circunfleja izquierda (ver figura 4) [12].

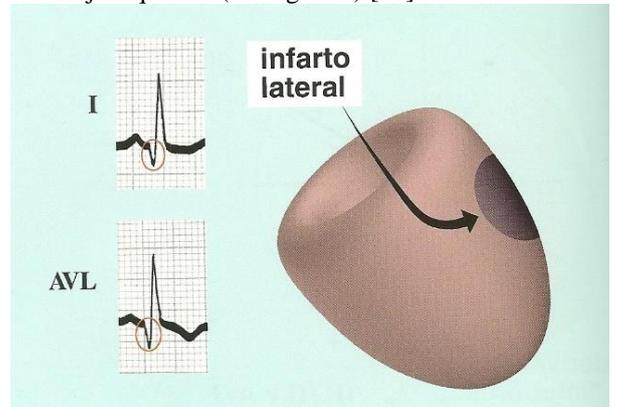


Figura 4. Infarto lateral.

Infarto inferior. Se produce la oclusión de arteria coronaria derecha (ACD). En el ECG se tiene: Onda Q significativa (ver figura 5) [12].

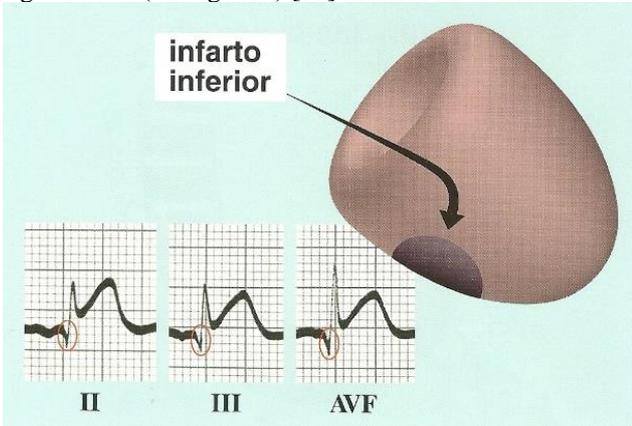


Figura 5. Infarto inferior.

Infarto posterior. Se encuentran ocluidas las arterias Circunfleja, arteria descendente anterior. En el electrocardiograma se tiene onda R grande en V1, aunque eso es inusual, como ninguna derivación (ver figura 6) [12].

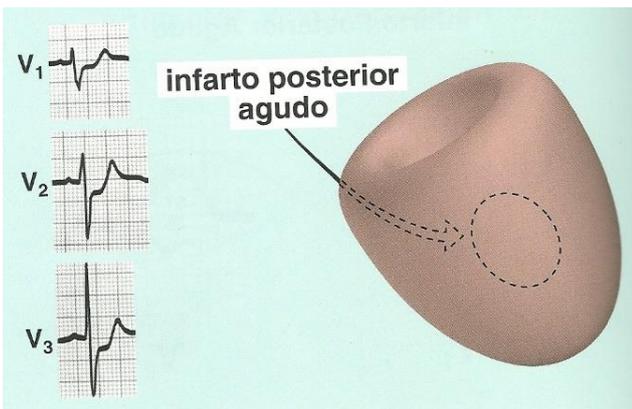


Figura 6. Infarto posterior.

Infarto al ventrículo derecho. La arteria coronaria irriga la mayor parte del ventrículo derecho, debido a esto, cualquier oclusión proximal a la salida de las ramas del ventrículo derecho, produce isquemia de ventrículo derecho (ver figura 8) [12].

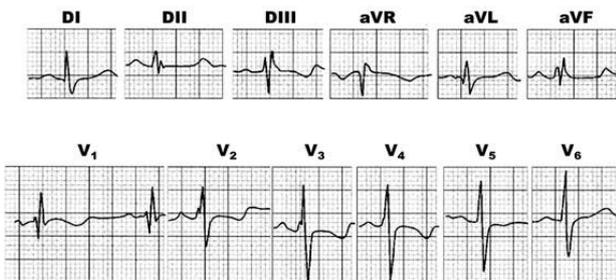


Figura 8. Infarto al ventrículo derecho.

Realidad virtual: La realidad virtual consiste en un entorno de escenas u objetos que parecen reales, pero que son generados por medio de tecnología informática, creando en el usuario la sensación de estar inmerso en él. Ese entorno es contemplado por el usuario normalmente a través de un dispositivo conocido como gafas o casco de realidad virtual. Este puede ir acompañado de otros dispositivos, como guantes o trajes especiales, que permiten una mayor interacción del usuario con el entorno, así como la percepción de diferentes estímulos que intensifican la sensación de realidad [8].

Leap motion. Es un diminuto dispositivo de control gestual que colocado frente a la pantalla de la computadora es capaz de capturar con bastante precisión los movimientos de las manos, dedos e incluso objetos (ver figura 9) [15].



Figura 9. Dispositivo leap motion.

Blender. Es dedicado especialmente al modelado, iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos tridimensionales. Está pensado para representar, o dibujar, escenas 3D. Esa representación se realiza mediante motores gráficos, los cuales pueden ser de varios tipos. Blender trae por defecto tres motores gráficos de pre-renderizado y uno de tiempo real [15].

Unity 3D. Unity es una plataforma de desarrollo flexible y poderosa para crear software de entretenimiento y experiencias interactivas 3D y 2D multiplataforma [16].

MonoDevelop. Es un entorno de desarrollo integrado libre y gratuito, diseñado primordialmente para C# y otros lenguajes [17].

### B. Estado del arte

En la enseñanza los métodos tradicionales de visualización y la visualización misma de modelos y datos, muchas veces se hace con esquemas en dos dimensiones, a pesar de que con ellos se trata de describir una realidad que por naturaleza es tridimensional [8].

Con el avance de la tecnología se han ido creando nuevos paradigmas en la enseñanza. Durante los últimos años principalmente en los países desarrollados, la realidad virtual ha ganado presencia en los entornos educativos como un enfoque alternativo a las experiencias de aprendizaje tradicionales [9].

El primer uso práctico de una aplicación de la realidad virtual en la educación ocurrió en 1993 a través de un prototipo de laboratorio de física aplicada [18]. En 1998,

el Instituto de Análisis de Defensa de los Estados Unidos emitió un informe completo acerca de las aplicaciones que se podían hacer con esta tecnología en el campo de la educación [19]. Desde entonces la realidad virtual ha alcanzado un nivel de desarrollo tal que ha permitido considerarla dentro del grupo de las tecnologías innovadoras aplicables a la educación, la formación y la investigación, que ofrecen nuevas oportunidades y desafíos para el sector educativo [20].

La realidad virtual ofrece la oportunidad de transmitir información de manera multisensorial, que hace que los usuarios involucrados en dicha tecnología tengan vivencias muy parecidas a las que obtendrían si estuvieran en esa misma situación, pero en la realidad [8]. La realidad virtual puede hacer que lo artificial parezca tan real, o incluso más que la propia realidad [21], con lo que se amplían las posibilidades de transmitir conocimientos sin obstáculos a más estudiantes, más asignaturas y más escuelas, aunado a la convergencia tecnológica actual en materia de tecnologías de la información y la comunicación, lo que también permite un uso cada vez mayor de esta tecnología a costos cada vez más accesibles [20].

El profesor Bowen de la Universidad de Houston contrastó la educación tradicional con aquella que se podía brindar a través de la realidad virtual y reveló que lo mejor que la primera puede ofrecerle a los estudiantes en el aula o en el laboratorio son las tradicionales lecturas de materiales clásicos de épocas pasadas, complementadas algunas veces con una escasa participación de ellos en experimentos de laboratorio y una también escasa observación de otras regiones, culturas y pueblos; esto se facilitaba muchas veces a través de imágenes, fotografías o videos en dos dimensiones [8]. Durante siglos, el principal medio utilizado en el ámbito educativo había sido la palabra hablada y escrita, con las limitantes que eso implicaba para la enseñanza.

La realidad virtual le brinda al usuario un entorno visual en tres dimensiones altamente interactivas muy parecidas a las que ofrece el mundo real. Esto permite que los estudiantes experimenten la sensación de estar presentes dentro del entorno y la posibilidad de interactuar con los objetos dentro de él, todo ello a través de sus dos componentes clave: la inmersión y la interacción. Para lograr esto se utilizan los sentidos del tacto, el oído, y la vista mediante dispositivos especiales que están conectados a la computadora, tales como guantes de datos y pequeños monitores de vídeo dentro de un casco. Estos aparatos tienen sensores que detectan el movimiento de forma precisa [22].

La realidad virtual se ha convertido en una herramienta educativa muy importante en el entrenamiento médico [23]. Con la tecnología de realidad virtual el alumno puede enfrentar situaciones variables y mundos complejos por medio de las simulaciones realizadas por computadora e incorporadas a un sistema de realidad virtual que da la posibilidad de tener múltiples sesiones de práctica y ampliar la gama de situaciones a las que se enfrenta; también,

proporciona información sobre el rendimiento del usuario, lo que permite controlar y registrar electrónicamente los avances del participante. Dentro del sistema de realidad virtual se pueden incluir contenidos que incluyan una amplia gama de posibles problemas técnicos y humanos muy similares a los que se pueden encontrar en el mundo real [8].

Los autores se han centrado en crear aplicaciones para visualizar conjuntos médicos, por ejemplo, la educación anatómica, también se han desarrollado proyectos para enseñar a los usuarios de manera individual los procedimientos de atención de la salud [24]. Otros proyectos más avanzados permiten la participación de varios usuarios para que colaboren en la sala de urgencias. Además, se ha desarrollado aplicaciones con realidad virtual para diversas especialidades quirúrgicas, principalmente las endoscopias, laparoscopias y terapias endoluminales [25].

También se han desarrollado diversas herramientas educativas que implementan el dispositivo de control gestual *leap motion*. Una de ellas se llama “*Cyber Science 3D– Motion*”, esta aplicación permite explorar, diseccionar y montar un cráneo humano. Contiene un nivel de interacción que permite a los usuarios experimentar las relaciones espaciales sutiles y complejas de la anatomía humana de manera muy real, por lo tanto proporciona los componentes básicos necesarios para la comprensión científica fundamental [26].

Otra aplicación que sobresale se llama “*form and function 3D*” y está destinada a dar sentido de espacio para el aprendizaje de la anatomía comparativa, ya que permite explorar y comparar los corazones de tres animales diferentes. Este proyecto tiene el objetivo de ayudar a los estudiantes de pregrado de anatomía a entender las relaciones espaciales del sistema circulatorio [27].

### III. RESULTADOS

#### A. Metodología

En este proyecto se utilizó la realidad virtual en una aplicación que ayuda a encontrar la ubicación del infarto agudo al miocardio. La aplicación contiene un corazón en 3D, que a través del dispositivo de control gestual *leap motion*, permite al usuario realizar movimientos en los ejes x, z, y. El corazón contiene cinco secciones de infarto agudo al miocardio, las cuales son las siguientes: infarto lateral, infarto posterior, infarto al ventrículo derecho, infarto anterior e infarto inferior. Cuando el usuario señala una de las zonas de infarto, se muestra la descripción de ese infarto y su representación en un electrocardiograma, de esa manera el estudiante de medicina puede relacionar los cambios en el electrocardiograma, con la sección que está siendo afectada.

Para realizar la aplicación se utilizaron diversas tecnologías de hardware y software.

En el hardware se utilizó el dispositivo de control gestual *leap motion*, el cual permite realizar un seguimiento

con los 10 dedos de las manos de manera simultánea. La resolución de los movimientos cuenta con un margen de error de 0.01 milímetros para cada dedo. El leap motion cuenta con dos cámaras y 3 LEDs infrarrojos capaces de identificar los dedos de las dos manos, ubicados encima del dispositivo. A pesar de tener dos cámaras, leap motion no utiliza técnicas de estereovisión para determinar la profundidad. En vez de eso, la segunda cámara proporciona una fuente adicional de información y previene errores que podrían producirse cuando partes de la mano de una persona pudieran oscurecerla, u oscurecer a la otra mano.

Con este dispositivo en lugar de levantar los brazos hacia el teclado o el ratón de la computadora solo es necesario levantar las manos un poco sobre el teclado y hacer gestos con los dedos. Además, con un pequeño movimiento de los dedos se puede recorrer una distancia mucho mayor en pantalla. Esto generalmente hace que sea mucho más rápido que usar el ratón y el teclado.

El dispositivo leap motion tiene un costo de \$99.99 dólares y se compró desde la tienda oficial en: <http://store-world.leapmotion.com/>.

Todo el proceso necesario para el seguimiento de gestos se hace mediante un controlador de software instalado en la computadora. Lo primero que se realizó fue entrar en la página web de leap motion en: [www.leapmotion.com/setup](http://www.leapmotion.com/setup) donde se descargó e instaló el controlador para Windows. Al terminar la instalación en la parte inferior derecha del escritorio se localiza el icono correspondiente a la aplicación que detecta el sensor. Cuando el icono está de color verde significa que el sensor está conectado a la computadora.

En lo referente a software se utilizó la plataforma para crear aplicaciones de entretenimiento de Unity 5, que es la plataforma de desarrollo para crear juegos y experiencias interactivas 2D/3D. Unity 5 le ofrece un nuevo y sorprendente poder artístico. Su eficiencia mejorada hace que el trabajo más difícil sea más fácil y divertido, y con el soporte multiplataforma más completo de la industria.

Con la evolución de la tecnología, muchos diseñadores de juegos han utilizado motores de juego. Mientras que los motores de juegos eran inicialmente esenciales para la producción de juegos de vídeo, ahora se utilizan para una amplia gama de aplicaciones, con fines distintos de los juegos. Por ejemplo, los motores de juego Ahora se emplean para la simulación, la enseñanza y la formación, ya que a menudo hacen que sea posible crear y gestionar entornos muy realistas con facilidad. Por otra parte, estas herramientas proporcionan medios para la creación de entornos universalmente accesibles, sobre todo gracias a los formatos de exportación populares para los dispositivos móviles y la web.

Unity ha existido durante varios años, con un número cada vez mayor de usuarios y varios juegos de video de gran prestigio producidos hasta la fecha. Unity está construido con sencillez y eficacia en mente para permitir que tanto desarrolladores novatos y avanzados puedan mejorar su experiencia de creación de juego. Esto hace que

sea posible el desarrollo de juegos de diferentes géneros (por ejemplo, juegos de plataformas, juegos de rol, acción en primera persona, juegos de rol multijugador masivo en línea, simulaciones o juegos de estrategia), y para un número amplio de plataformas (por ejemplo, Android, iOS, Windows Phone 8, PC, Mac, Linux, PS3 o Xbox 360).

Hay muchos motores de juegos existentes, pero Unity es uno de los pocos que ofrece un gran número de herramientas y técnicas que simplifican el proceso de desarrollo, ayudan a producir juegos de alta calidad, y aborda muchos aspectos del desarrollo del juego, incluyendo una Entorno de desarrollo integrado (IDE), Inteligencia artificial (IA), animaciones, o la iluminación.

En cuanto a otros motores de juego, Unity hace posible codificar el juego usando relativamente programación y script lenguajes de alto nivel, incluyendo JavaScript, Boo, o C#. Mientras que C# puede requerir el conocimiento previo de programación orientada a objetos (POO). Además de sus capacidades incorporadas, Unity ofrece la posibilidad de emplear los plugins de terceros que mejoran en gran medida el flujo de trabajo y añadir algunos efectos y funcionalidades muy interesantes.

Por último, Unity incluye un acceso integrado a la tienda de assets (<https://www.assetstore.unity3d.com/>), una tienda online que ofrece material para nuestra Unidad proyectos (por ejemplo, texturas, caracteres, sistemas de interfaz gráfica de usuario, o secuencias de comandos). Mientras que la mayoría de estos assets tienen que ser comprados, algunos de ellos pueden ser importados de forma gratuita, por lo que se puede crear un juego con un pequeño presupuesto.

Unity 5 se descargó de la página oficial: <https://unity.com/es/get-unity/download>; cuando se descargó, el asistente de instalación, procede con las indicaciones necesarias para su instalación, al finalizar este proceso se tiene el icono de Unity 5 en el escritorio.

El modelo 3D del corazón utilizado en el proyecto se descargó de manera gratuita en: <http://www.turbosquid.com/3d-models/free-max-model-realistic-human-heart/791469> el cual tiene un formato obj, el modelo obtenido contenía además su textura correspondiente.

Para la manipulación de modelo del corazón en 3D se utilizó el programa blender 2.7, el cual es dedicado especialmente al modelado, iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos tridimensionales, este programa se obtuvo de: <https://www.blender.org/> y se instaló siguiendo las indicaciones del asistente de instalación, al finalizar el proceso el icono de blender se muestra en el escritorio.

Ya que era necesario poder identificar cada una de las secciones de los diversos infartos, pero el modelo obtenido consistía en una sola pieza, se decidió dividir de manera manual, por lo tanto se importó el modelo 3D que se muestra en la figura 10, dentro de blender y se cortó cada una de las secciones específicas.

Para comenzar se seleccionó el objeto y se entró al modo de edición, a continuación, se subdividió el modelo para realizar los cortes de manera más precisa, luego se seleccionó el área del infarto como se muestra en la figura 11, y se cortó, por último, se emparejaron los bordes cortados y se suavizaron el resultado se muestra en la figura 12. Cada una de las secciones cortadas se exportaron en formato obj.

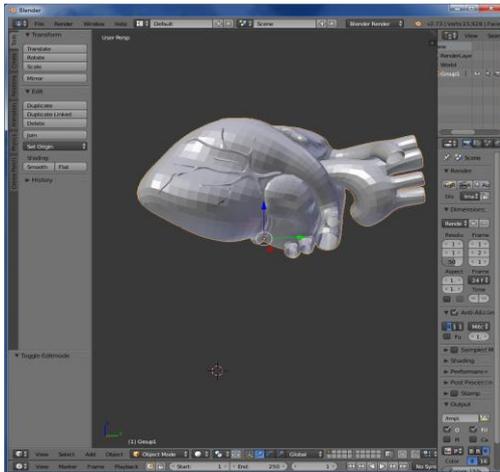


Figura 10. Modelo del Corazón en 3D.

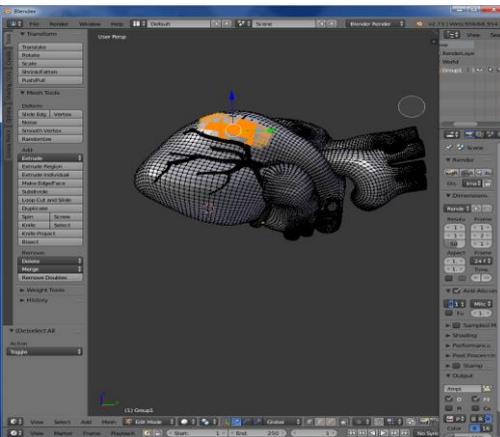


Figura 11. Selección de una sección de infarto

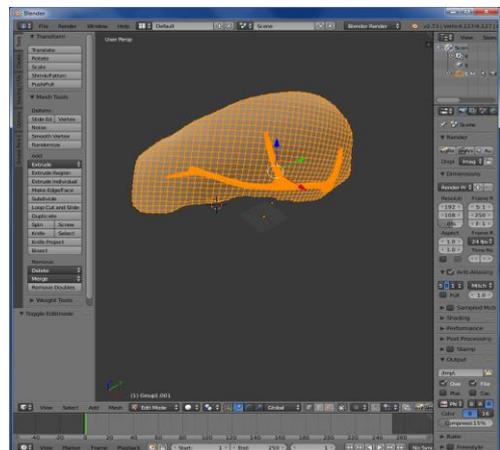


Figura 12. Corte finalizado de la sección de infarto.

Al comenzar en Unity se creó un nuevo proyecto, a continuación, se importaron los plugins necesarios, el plugin de leap motion descargó el paquete de assets de: <https://developer.leapmotion.com/downloads/unity> y se importó de la siguiente manera: se seleccionó el menú Assets > Import Package > Custom Package, y se localizó el paquete descargado previamente y se importó dentro del proyecto.

El proyecto se estructuró de la siguiente manera como se muestra en la figura 13:



Figura 13. Estructura del proyecto en unity.

### 1) Escena de título y descripción

La escena "00-title" es primera que se muestra al iniciar la aplicación. Esta escena contiene el prefab de leap motion llamado PluginLeapNotice, que al ejecutar la escena da la indicación de conectar el dispositivo leap motion a la computadora. También contiene el título y la información básica del proyecto.

### 2) Escena de instrucciones

La escena "01-instructions" contiene las instrucciones básicas para el usuario, en esta escena se indica que para pasar de una escena a otra se realiza mediante el gesto "deslizar", para seleccionar un objeto se debe señalar con un dedo extendido, para rotar el corazón se deben extender dos dedos y mover hacia la dirección que se desea rotar, y por ultimo para realizar el zoom del corazón se deben extender los cinco dedos y alejarlos o acercarlos.

### 3) Escena principal

La escena "02-main" es la escena principal de la aplicación y contiene los siguientes elementos: La cámara principal la cual captura y muestra el mundo al usuario, dentro de ella se encuentra el prefab de leap motion llamado HandControler, que permite interactuar con el dispositivo leap en la escena y sirve como punto de anclaje para la prestación de sus manos en la escena. Este prefab

contiene un script llamado HandControler, esto permite que al reproducir la escena, las manos detectadas por el controlador leap motion se dibujan en relación con la posición y orientación del prefab.

También contiene un Objeto de juego llamado "objects", dentro del cual se agregó el modelo del corazón completo, y cada una de las cinco secciones de infarto, a cada uno de ellos se le agregó la textura del corazón.

Las luces determinan la iluminación de la escena, el sombreado de un objeto y las sombras que proyecta.

Para la interfaz de usuario se creó el Objeto de juego Canvas el cual es el área donde se encuentra los elementos UI. El área Canvas se muestra como un rectángulo en la Vista de Escena. Esto hizo que fuera fácil posicionar los elementos UI sin necesitar tener una vista de juego todo el tiempo.

Dentro del canvas se creó un panel utilizando el menú Objeto de juego > UI > panel. El elemento UI es creado como un hijo de este Canvas.

En el interior del panel se colocó un texto llamado "Título" y otro llamado "información". También se colocó una imagen.

Se crearon cuatro scripts para realizar cada una de las acciones del proyecto. Estos scripts se desarrollaron en el lenguaje de programación C# por medio de monoDevelop.

Estos scripts se basaron en la programación de otro proyecto que interactúa con diversos objetos en 3D, el cual se encuentra en GitHub en la siguiente dirección: [https://github.com/FlipeRodrigues/LeapMotion\\_FingerInteraction.git](https://github.com/FlipeRodrigues/LeapMotion_FingerInteraction.git)

El primer script se llama "changeScene" y es el encargado de cambiar de una escena a otra. Este script se agregó a la cámara de leap en cada una de las escenas. Realiza su función mediante la detección del gesto de leap motion "deslizar" el cual se muestra en la figura 14.



Figura 14. Gesto "deslizar".

Cuando detecta el movimiento hacia el lado izquierdo retrocede de escena, y al detectar el movimiento hacia el lado derecho avanza de escena.

```
string nombre del nivel = Obtener el nombre de la
escena activa;
```

```
Si (tipo de gesto == tipo de gesto deslizar) {
```

```
    deslizamiento = nuevo gesto deslizar;
```

```
    Vector dirección de
    deslizamiento = dirección de deslizamiento;
```

```
    si (dirección de deslizamiento en el eje
    x <0 && nombre del nivel == "00-title") {
```

```
        cargar escena ("00-title");
```

```
    }
```

```
    entonces si (dirección de deslizamiento en el eje
    x >0 && nombre del nivel == "00-title") {
```

```
        cargar escena ("01-istructions");
```

```
    }
```

```
}
```

El segundo script se llama "FingerInteraction" y es el que realiza el movimiento del corazón, este script permite realizar el zoom y la rotación del corazón. Este se agrega a la mano detectada al momento de ejecución.

Este script ejecuta las acciones mediante la detección de la cantidad de dedos extendidos.

Cuando detecta cinco dedos extendidos realiza el zoom al corazón como se muestra en la figura 15.

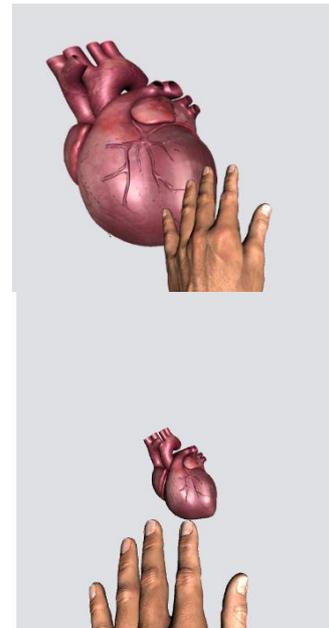


Figura 15. Movimiento de zoom.

Cuando detecta dos dedos extendidos permite realizar la rotación del corazón hacia cualquier sentido (figura 16).

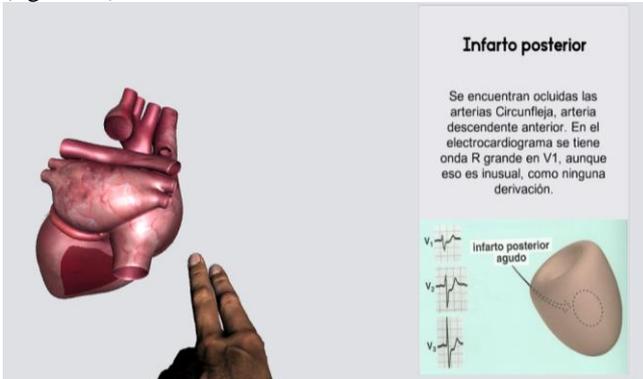


Figura 16. Movimiento de rotación.

Cuando detecta un dedo extendido permite seleccionar una sección del corazón (figura 17).

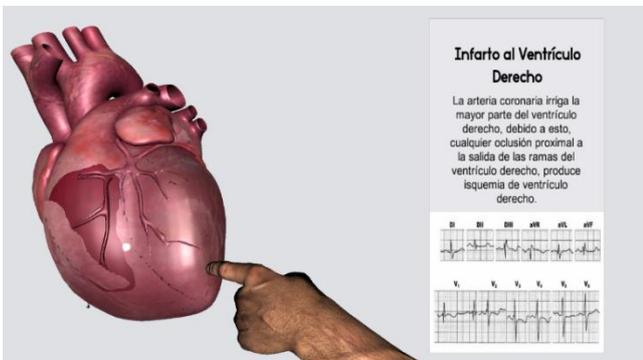


Figura 17. Selección del infarto al ventrículo derecho.

Función actualizar () {

Mano = obtener modelo de la mano;  
Dedos extendidos = cantidad dedos extendidos de la mano;

Cambiar (de acuerdo a la cantidad de dedos extendidos) {

En caso de ser 1:  
// seleccionar una sección  
llama a la función seleccionar;  
break;

En caso de ser 2:  
// Rotar el corazón  
llama a la función Rotar selección;

En caso de ser 5:  
// Hacer zoom al corazón  
llama a la función Escalar selección ();  
break;

}

Función seleccionar {

Si (la selección actual! = Selección previa) {

// Envía mensaje al script HighlightBehavior  
Selección previa envía mensaje de falso;  
selección actual envía mensaje de verdadero;

Se llama a la función establecer información del script información;

}

}

Función Escalar selección () {

// Calcular la velocidad media para escalar;

Vector3 velocidad media = Vector de tres dimensiones en (0, 0,0);

Velocidad media += Velocidad / cantidad de dedos extendidos;

Vector3 escala actual = escala local de la selección actual;

// sólo el componente z de la velocidad se ponderó en el momento

Vector3 escala objetivo = escala actual \* (1 + velocidad media en el eje z);

// Transición suave entre la escala actual

Trasformar la escala local de la selección actual = interpolación lineal entre dos vectores (escala actual, escala objetivo, escala de sensibilidad \* una delta de tiempo);

}

Función Rotar selección {

Vector3 torque = producto cruzado de (la velocidad media, vector en tres dimensiones con dirección hacia abajo) \* sensibilidad de rotación;

// Gira el corazón alrededor de un eje que es perpendicular tanto a la dirección hacia abajo y la velocidad media.

Al cuerpo rígido del objeto se le añade el torque;

}

El tercer script se llama “information” y es el que muestra la información de cada infarto en la interfaz de usuario. Este script obtiene el nombre del objeto que está siendo seleccionado en el script de “fingerInteraction”, de acuerdo al nombre de la sección que esta seleccionada despliega su información correspondiente, esta información se muestra en los cuadros de texto e imagen que se crearon dentro del panel.

```

Función establecer información {

Si (el nombre de la sección seleccionada del script de
FingerInteraction == “anterior”) {

    Busca el objeto llamado “titulo”, obtiene su
    componente tipo texto y le asigna “Infarto anterior”;

    Busca el objeto llamado “Texto”, obtiene su
    componente tipo texto y le asigna la información
    correspondiente a ese infarto;

    Busca el objeto llamado “imagen”, obtiene su
    componente tipo imagen y le asigna el material que
    contiene la imagen correspondiente;
    }
}

```

Por ultimo script se llama “HighlightBehaviour” y es el que define como reacciona un objeto al ser seleccionado.

```

Función iniciar () {
    render = render del componente;
    color default = color del material del render;
    selección de audio = Obtener el componente de
    audio;

    // afecta a la selección de audio de este objeto
    basado en el tiempo que tomó para seleccionarlo

    Tono de audio = 1 / (retraso de selección * 3);
    tiempo de selección = retraso de selección;
}

```

```

// Esto se llama a través de " Enviar mensaje" de
FingerInteraction.cs cuando un objeto esta
seleccionado

Función seleccionar (bool isSelecting) {

    reproducir la selección de audio;

    tiempo de selección = retraso de selección – tiempo
de selección;

    seleccionado = si es seleccionado;
    valor de combinación = (tiempo de
selección, retraso de selección) / retraso de selección;

    valor de combinación = seleccionado? valor de
combinación: 1f - valor de combinación;

    llama a la función de cambio de color ();
}

// cambiar el color del objeto seleccionado

Función cambiar color {

    color del material del render = Interpolación lineal
entre dos colores (color default, color de resalte, valor
de combinación);
}

```

Para finalizar se produjo el proyecto en menú file> build, ahí se seleccionaron las tres escenas que crearon. El proyecto puede ser creado para diversas plataformas tales como Windows, Mac, Linux etc. (ver figura 18).

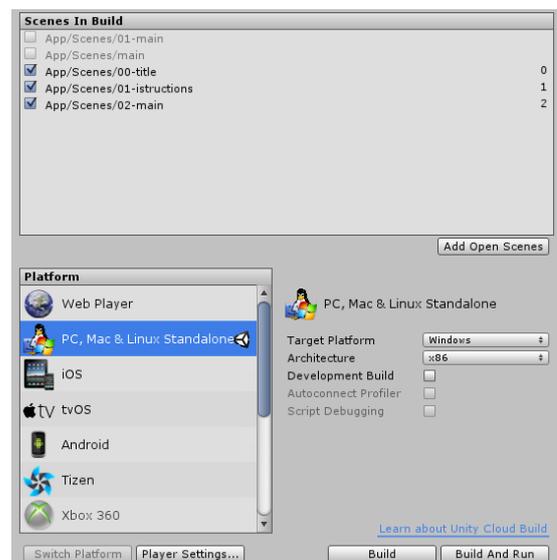


Figura 18. Construcción de proyecto.

### B. Presentación de resultados

Como resultado de la presente investigación, se tiene un archivo ejecutable de la aplicación, como página de inicio se presenta el título del proyecto y una breve descripción del mismo como se muestra en la figura 19.

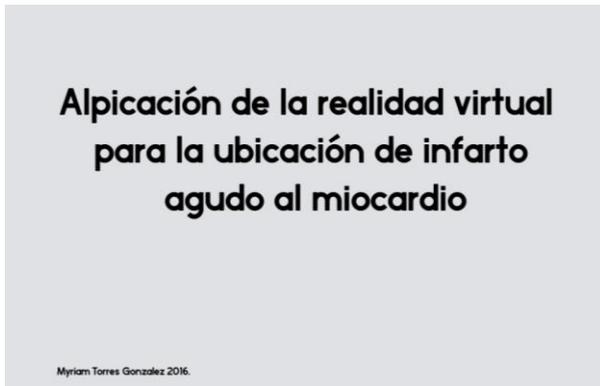


Figura 19. Escena principal.

A continuación, se presentan las instrucciones para interactuar en la aplicación (figura 20),

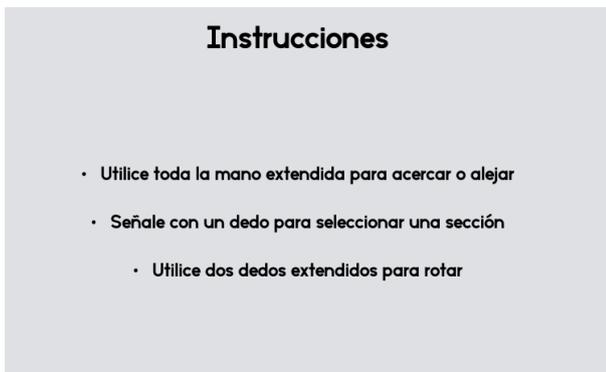


Figura 20. Instrucciones de uso.

Por último se muestra el corazón en 3D, el cual puede acercarse y alejarse y ser rotado. Cuando se señala con el dedo una sección específica del corazón, esta cambia de color (se resalta) y muestra en la pantalla la información correspondiente a ese infarto y su representación en un electrocardiograma (ver figura 21).

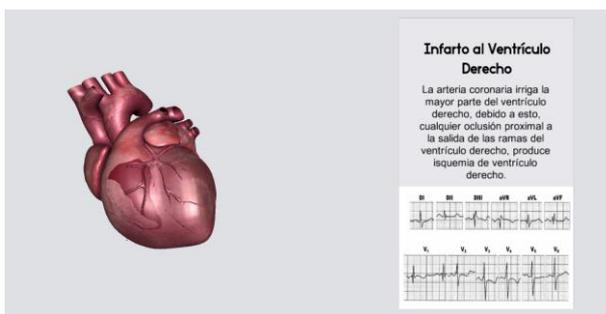


Figura 21. Aplicación en ejecución.

### C. Análisis de resultados

La aplicación con realidad virtual que se desarrolló permite a los estudiantes de medicina conocer la anatomía del corazón en un ambiente cercano a la realidad tridimensional y relacionar las secciones de infarto agudo al miocardio con su representación en el electrocardiograma.

Esta aplicación es de gran interés para los usuarios ya que hace uso de una tecnología novedosa por medio del dispositivo leap motion.

Sin embargo la repercusión más relevante del proyecto es la preparación que brinda a los futuros médicos para identificar el tipo de infarto en relación al área afectada, información que es de suma importancia para el manejo adecuado y oportuno de los pacientes.

Los trabajos de investigación previos relacionados con este proyecto se enfocaron solamente en mostrar la anatomía del corazón, entre ellos destaca "form and function 3D", el cual muestra la anatomía de tres animales diferentes [26], mientras que en este proyecto además de mostrar la anatomía, permite identificar la ubicación de cinco tipos de infarto agudo al miocardio.

Como trabajo futuro de este proyecto se puede añadir una etapa de cuestionario para verificar que el estudiante de medicina este aprendiendo la ubicación de cada infarto. Además este proyecto ser la base para realizar otros proyectos de enseñanza y aprendizaje en el área médica.

## IV. CONCLUSIONES

Utilizando la tecnología por medio de la realidad virtual se pudo desarrollar una aplicación para comprender la anatomía del corazón e identificar la ubicación de los diversos tipos de infarto agudo al miocardio, la cual puede ser utilizada por los estudiantes de medicina y servir como material de apoyo.

### Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme llegar hasta aquí y guiarme en todo el trayecto. A mis padres y mi hermana por creer en mí, ayudarme en todo momento y motivarme para nunca darme por vencida. Agradezco a mi asesor principal el Doctor Jair del Valle por sus consejos en el momento adecuado, a la Dirección de Investigación por permitirme ser parte de ellos: Al Doctor Andrés Díaz Valladares, a Eder Martínez "porque sí", a Alejandra Guillen por su asesoría en el área médica, a Carlos Mondragón, a la Doctora Rosaura Kantú por su apoyo en la materia de investigación y a mis compañeros por su gran amistad y apoyo.

### REFERENCIAS

- [1] A. García Castillo, *et al.*, "Mexican Registry of Acute Coronary Syndromes", *Archivos de cardiología de México*, vol. 75, no. 1, pp. 6-19, 2005.

- [2] J. Hernández, J. San Román Montero, R. Gil, M. Aneón and Á. Gil, "Asociación entre la carga herpética y la enfermedad isquémica crónica del corazón: estudio de casos y controles", *Medicina*, vol. 137, no. 4, pp. 157-160, 2011.
- [3] M. Rosas Peralta and F. Attie, "Cardiovascular disease. First cause of death in adults in Mexico and worldwide", *Archivos de cardiología de México*, vol. 77, no. 2, pp. 91-93, 2011.
- [4] C. Delfín Ballesteros, F. Rodríguez Martorell, A. Domínguez Torres, A. Rodríguez Alvarez and N. de León Llaguno, "Infarto agudo del miocardio en la unidad de cuidados intensivos de emergencias", *Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias*, vol. 5, no. 4, pp. 571-577, 2006.
- [5] T. Romero C, "La rehabilitación cardíaca como punto de partida en la prevención secundaria de la enfermedad coronaria", *Rev. méd. Chile*, vol. 128, no. 8, 2000.
- [6] V. Gafarov, S. Niu and A. Gafarova, "Monitoring myocardial infarct (diagnostic combination, prodromal period, behavioral characteristics) using the WHO program "Registry of Acute Myocardial Infarct"", *Ter Arkh*, vol. 74, no. 9, pp. 9-12, 2002.
- [7] W. Brady, C. Chase and T. Chan, "Electrocardiographic ST-segment elevation: Correct identification of AMI and non-AMI syndromes by emergency physicians-preliminary results", *Annals of Emergency Medicine*, vol. 34, no. 4, p. S23, 1999.
- [8] J. Flores Cruz, P. Camarena Gallardo and E. Avalos Villarreal, "La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería", *Apertura: Revista de Innovación Educativa*, vol. 6, no. 2, 2014.
- [9] E. Lee, K. Wai Wong and C. Che Fung, "Learning with Virtual Reality: Its Effects on Students with Different Learning Styles", in *Transactions on Edutainment IV.*, Z. Pan, Ed. Berlin: Springer, 2010, pp. 79-90.
- [10] A. Caccavo, "El infarto agudo de miocardio, un problema de salud pública", *Revista argentina de cardiología*, vol. 78, no. 3, 2010.
- [11] A. Fernández Ortiz, "Qué es el infarto agudo de miocardio", in *Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA*, A. López Farré and C. Macaya Miguel, Ed. 2007, pp. 259-268.
- [12] D. Davis, *Interpretación del ECG*. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2007.
- [13] J. Alonso Martín, *Manual de síndrome coronario agudo*. Madrid: SCM, 2004.
- [14] L. Motion, "Leap Motion", *Leapmotion.com*, 2016. [Online]. Available: <https://www.leapmotion.com>. [Accessed: 22- Apr- 2016].
- [15] B. Foundation, "blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software", *blender.org*, 2016. [Online]. Available: <https://www.blender.org>. [Accessed: 22- Apr- 2016].
- [16] "Unity - Game Engine", *Unity3d.com*, 2016. [Online]. Available: <https://unity3d.com>. [Accessed: 22- Apr- 2016].
- [17] "MonoDevelop | MonoDevelop", *Monodevelop.com*, 2016. [Online]. Available: <http://www.monodevelop.com>. [Accessed: 22- Apr- 2016].
- [18] R. Loftin, M. Engleberg and R. Benedetti, "Applying virtual reality in education: A prototypical virtual physics laboratory", *Proceedings of 1993 IEEE Research Properties in Virtual Reality Symposium*, 1993.
- [19] C. Youngblut, "Educational Uses of Virtual Reality Technology", 1998.
- [20] A. Abulrub, A. Attridge and M. Williams, "Virtual Reality in Engineering Education: The Future of Creative Learning", *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, vol. 6, no. 4, 2011.
- [21] *Actas del XI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica = Proceedings of the XI International Congress of Graphics Engineering*. [S.l.]: Secretaría del XI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, 1999.
- [22] C. Bossard and G. Kermarrec, "Conditions that Facilitate Transfer of Learning in Virtual Environment", *Information and Communication Technologies*, pp. 604-609, 2006.
- [23] A. Dávila Cervantes, "Simulación en Educación Médica", *Investigación en educación médica*, vol. 3, no. 10, 2014.
- [24] J. Westwood, *Medicine Meets Virtual Reality 20*. Amsterdam: IOS Press, 2013.
- [25] [25]T. Mann, L. Gillinder and A. Szold, "The use of virtual reality simulation to determine potential for endoscopic surgery skill acquisition", *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies: MITAT: Official Journal Of The Society For Minimally Invasive Therapy*, vol. 24, no. 4, pp. 190-197, 2014.
- [26] L. Motion, "Cyber Science - Motion", *Apps.leapmotion.com*, 2016. [Online]. Available: <https://apps.leapmotion.com/apps/cyber-science-motion/windows>. [Accessed: 22- Apr- 2016].
- [27] "Form & Function 3D: Leap Motion Application for Undergraduate Anatomy Education", *Leap Motion Community*, 2014. [Online]. Available: <https://community.leapmotion.com/t/form-function-3d-leap-motion-application-for-undergraduate-anatomy-education/1047>. [Accessed: 22- Apr- 2016].

