

# MEMORIA FINAL

Proyecto de innovación y  
mejora docente

## GENERACIÓN DE HERRAMIENTAS DE APRENDIZAJE MÉDICO, CON SISTEMAS DE VISIÓN VIRTUAL HÍBRIDA ESTEREOSCÓPICA

VICERRECTORADO DE DOCENCIA  
Universidad de Salamanca



**Prof. Dr. Juan A. Juanes Méndez**  
Coordinador del Proyecto **ID2017/117**  
2017-2018





VNIVERSIDAD  
D SALAMANCA

## MEMORIA FINAL

# GENERACIÓN DE HERRAMIENTAS DE APRENDIZAJE MÉDICO, CON SISTEMAS DE VISIÓN VIRTUAL HÍBRIDA ESTEREOSCÓPICA



***Prof. Dr. Juan A. Juanes Méndez***

Coordinador del Proyecto

Proyecto: **ID2017/117**

2017-2018



## INDICE

	<b>Página</b>
<b>Introducción</b> .....	5
Visión estereoscópica .....	7
Sensorización táctil con dispositivos tecnológicos .....	8
Realidad mixta .....	9
<b>Justificación y Objetivos</b> .....	12
<b>Metodología</b> .....	14
<b>Resultados</b> .....	25
<b>Consideraciones finales</b> .....	43
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	45
<b>Equipo de trabajo</b> .....	50



## INTRODUCCIÓN

El equipo que constituye este Proyecto, tiene una amplia experiencia en el ámbito tecnológico aplicado a la formación médica, habiendo desarrollado numerosas aplicaciones informáticas con distintas técnicas de innovación tecnológica en relación con las ciencias de la salud. Nuestro equipo de trabajo es multidisciplinar, estando compuesto por anatomistas, odontólogos, cirujanos y especialistas en el manejo de herramientas tecnológicas y softwares comerciales. Fruto de nuestra experiencia como equipo de trabajo ha sido la obtención de numerosos premios, así como la publicación de un gran número de artículos en revistas con índice de impacto considerable y la presentación de multitud de comunicaciones a congresos nacionales e internacionales de innovación tecnológica y educación médica. Por otra parte, nuestro grupo de trabajo (VisualMed System) viene colaborando con alguna empresa del sector tecnológico como AR Soft, situada en el Parque Científico de la Universidad de Salamanca, lo que hace que los desarrollos tecnológicos que elaboramos tengan un mayor impacto y calidad técnica.

La "Realidad virtual: *un sistema de computación usado para crear un mundo artificial en el cual el usuario tiene la impresión de estar y la habilidad de navegar y manipular objetos en él*". Manetta C. y R. Blade (1995). Por otra parte, la "Realidad aumentada: es una forma de realidad virtual que cumple tres requisitos: 1. Combinación de elementos virtuales y reales. 2. Interactividad en tiempo real. y 3. Información almacenada en 3D." Azuma (1997)

Nuestro proyecto se enmarca entre ambas definiciones, siguiendo la teoría desarrollada por Paul Milgram y Fumio Kishino en 1994 llamada Milgram-Virtuality Continuum, generando un entorno de realidad virtual semi-inmersiva,

en el que interactuamos con el mundo virtual de una forma intuitiva y en tiempo real, pero a través de un sistema de visualización con pantalla de teléfonos móviles.

Para llevar a cabo todo este procedimiento tecnológico se necesitan diferentes elementos, que relacionamos a continuación:

En primer lugar, se necesitan elementos que adquieran la información de la realidad que rodea al sujeto objetivo de la realidad virtual. Para ello se usan tanto cámaras para captar el entorno, como sensores u otras cámaras para captar al propio sujeto, y al usuario del sistema de realidad virtual. Ejemplos típicos son acelerómetros para saber la posición en la que se halla el punto de vista, geolocalización para conocer la posición del usuario, y flexómetros para conocer la pose de los elementos representados.

En segundo lugar, es necesario un elemento de procesamiento de imágenes que permita la función de todos los datos en un entorno inteligible para el usuario. Para ello son necesarios ordenadores relativamente potentes, aunque como se indico anteriormente este punto esta perfectamente desarrollado en la actualidad con una capacidad suficiente en un ordenador personal medio, e incluso en muchos terminales móviles.

En tercer lugar, es necesario el elemento sobre el que se proyectaran los resultados del procesamiento de imágenes del apartado anterior. Este puede ser una pantalla o una superficie genérica como un monitor o un proyector, o específica como los displays de las gafas de realidad virtual y aumentada.

Aunque en muchas fuentes se considera realidad virtual cualquier forma de interacción con un ordenador, realmente es a principios de los años ochenta cuando se dispone de ordenadores suficientemente potentes como para desarrollar sistemas realmente inmersivos, como el primer simulador de vuelo desarrollado en 1981 por Thomas A. Furness III, llamada "Cabina Virtual". Es en los años noventa cuando los fabricantes de videojuegos empezaron a lanzar sistemas realmente inmersivos, y los simuladores profesionales finalmente empezaron a utilizarse masivamente. De esta forma, es apenas hace treinta años cuando la física de experiencias parcial o totalmente virtuales toma forma. A partir de entonces ha sufrido una enorme diversificación.

Actualmente estamos viviendo los primeros pasos en la maduración de la segunda explosión de realidad virtual. La puesta a la venta de dispositivos de realidad virtual para el consumidor medio, así como la generalización de aplicaciones de realidad virtual en la vida diaria y profesional, están generando que tanto las grandes empresas como pequeñas start-ups y universidades estén dedicando esfuerzo y recursos a desarrollar experiencias de realidad virtual para el gran público. Los principales focos de avance de esta segunda era han sido:

- Mejora de la velocidad y el rendimiento de las CPUs y GPUs, lo que permite trabajar con gráficos más ricos y realistas.
- Aumento de la capacidad de las memorias físicas, tanto caché y RAM para la ejecución de los programas como de almacenamiento masivo en las que se pueden guardar archivos gráficos mucho más pesados.
- Mejora de la resolución y calidad de las pantallas, así como de las baterías, dando como resultado dispositivos relativamente pequeños y portables con autonomías de varias horas.

## VISIÓN ESTEREOSCÓPICA

La estereoscopia es cualquier técnica capaz de recoger información visual tridimensional y/o crear la ilusión de profundidad mediante una imagen estereográfica, un estereograma, o una imagen 3D (tridimensional). La ilusión de la profundidad en una fotografía, película, u otra imagen bidimensional se crea presentando una imagen ligeramente diferente para cada ojo, como ocurre en nuestra forma habitual de ver. Muchas pantallas 3D usan este método para transmitir imágenes.

Parece que Euclides y el genial Leonardo da Vinci ya observaron y estudiaron el fenómeno de la visión binocular, siendo considerados los pioneros en este tema. También el famoso astrónomo Kepler llevó a cabo estudios sobre la estereoscopia.

Curiosamente la estereoscopia precedió a la fotografía. Fue un físico escocés, Sir Charles Wheatstone, quien en Junio de 1838 describió primero con cierto rigor el fenómeno de la visión tridimensional y construyó luego un aparato con el que se podían apreciar en relieve dibujos geométricos: el Estereoscopio.



Años más tarde, en 1849, Sir David Brewster diseñó y construyó la primera cámara fotográfica estereoscópica, con la que obtuvo las primeras fotografías en relieve. Construyó también un visor con lentes para observarlas. Posteriormente, Oliver Wendell Holmes, en 1862, construyó otro modelo de estereoscopio de mano que se hizo muy popular a finales del siglo XIX. Con él podían verse en relieve fotografías estereoscópicas montadas sobre un cartón. Se crearon extensas colecciones y se pusieron a la venta. Podían encontrarse fotografías en relieve de cualquier parte del mundo.

En los años noventa, los avances de la informática permiten presentar imágenes 3D en monitores de ordenador y utilizarlas para presentaciones en Medicina, cartografía y otras muchas aplicaciones. Los ordenadores permiten además generar espectaculares imágenes de síntesis en relieve, para aplicaciones científicas, industriales o de entretenimiento. Recientemente la NASA ha utilizado la estereoscopia como una herramienta para ver en 3D y analizar las imágenes de Marte enviadas por la sonda Pathfinder

La estereoscopia se usa en fotogrametría y también para entretenimiento con la producción de estereogramas. La estereoscopia es útil para ver imágenes renderizadas de un conjunto de datos multidimensionales como los producidos por datos experimentales. La fotografía tridimensional de la industria moderna puede usar escáners 3D para detectar y guardar la información tridimensional. La información tridimensional de profundidad puede ser reconstruida partir de dos imágenes usando una computadora para hacer relacionar los píxeles correspondientes en las imágenes izquierda y derecha. Solucionar el problema de correspondencia en el campo de la visión por computadora apunta crear información significativa de profundidad a partir de dos imágenes. Actualmente podemos disfrutar de la estereoscopia en cine con el nuevo formato Digital 3D.

#### Sensorización táctil con dispositivos tecnológicos

La sensorización táctil es un proceso que determina propiedades físicas de los objetos a través de su contacto con el mundo. Los sensores táctiles ofrecen posibilidades apasionantes para el uso en aplicaciones mecatrónicas y aparatos de medida en muchas áreas de la ciencia y la ingeniería.

El sentido del tacto en humanos ha servido como principal fuente de conocimiento e inspiración para el desarrollo de la sensorización táctil robótica. Hay una importante distinción entre dos diferentes componentes en la percepción de contacto en humanos: la sensación kinético que se refiere a la percepción de movimiento del miembro y las fuerzas con receptores internos, mientras que la percepción cutánea es la percepción de información de contacto con receptores en la piel. A la hora de hablar de los sensores táctiles biológicos destacar que son sensores con gran histéresis, no lineales, variantes en el tiempo y lentos. En contraste, cuando se pretende diseñar un sistema robótico se requiere el uso de linealidad y sensores invariantes en el tiempo que solo respondan ante un único parámetro.

La sensorización táctil tiene como principal finalidad conseguir obtener información del medio como se podría hacer a través del propio sentido del tacto humano. Es muy común ver experimentos donde se estudie la movilidad de las articulaciones o la obtención de información del medio relevante como podría ser la forma, la dureza o la rugosidad de un elemento. La sensorización táctil también se utiliza en procesos de manipulación de objetos correosos o desconocidos con ondulaciones que requieren mucha información del contacto. Se define un sensor táctil como un aparato o sistema que puede medir una propiedad de un objeto o el contacto físico entre el sensor y el objeto. Los sensores táctiles aportan a los robots maneras adicionales de sentir los objetos que se están manipulando. Por ejemplo, se puede detectar si el robot está en contacto con un elemento o no. El modelado geométrico mediante sensores táctiles está basado en un contacto que determina cómo la superficie de contacto del sensor y el objeto interaccionan. El resultado de esta interacción se registra y se cuantifica mediante el sensor táctil pudiendo así obtener una estimación del modelo geométrico de la superficie del objeto.

Un buen sensor táctil debería poseer, como la piel humana, suavidad, elasticidad y algo de resistencia mecánica.

La **Realidad Mixta** (MR), a veces denominada **Realidad Híbrida**, es la fusión de mundos reales y virtuales para producir nuevos entornos y visualizaciones donde los objetos físicos y digitales coexisten e interactúan en



tiempo real. La Realidad Mixta se produce no sólo en el mundo físico o en el mundo virtual, sino que es una mezcla de realidad y realidad virtual, que abarca tanto la Realidad Aumentada (AR) como la Virtualidad Aumentada (AV).

En 1994, Paul Milgram y Fumio Kishino definieron una realidad mixta como ‘... entre los extremos del continuum de la virtualidad’ (VC), donde el continuum de la virtualidad se extiende desde el entorno completamente real hasta el completamente virtual con Realidad Aumentada y entre Virtualidad Aumentada.

La visión convencional de un entorno de Realidad Virtual (VR) es aquella en la que el participante-observador está totalmente inmerso en un mundo totalmente sintético y capaz de interactuar con él. Este mundo puede imitar las propiedades de algunos entornos del mundo real , ya sean existentes o ficticios, sin embargo, también puede exceder los límites de la realidad física mediante la creación de un mundo en el que las leyes físicas ordinariamente gobiernan el espacio, el tiempo, la mecánica, las propiedades de los materiales, etc, que no se sostienen. Sin embargo, es la etiqueta VR que también se utiliza frecuentemente en asociación con una variedad de otros entornos, a los que la inmersión total y la síntesis completa no pertenecen necesariamente, pero que caen en algún lugar a lo largo de un continuum de virtualidad. La subclase de las tecnologías VR relacionadas que implican la fusión de mundos reales y virtuales, que nos referimos de forma genérica como Realidad Mixta (MR).

Varias tecnologías buscan cambiar la forma en que percibimos nuestra realidad, ya sea que involucre entrar en un mundo virtual, aumentar una ya existente de una manera realista e interactiva, o en algún lugar intermedio.

Toda la tecnología que altera la realidad cambia la forma en que percibimos el mundo de alguna manera, pero la Realidad Virtual (VR) cambia completamente el entorno visual que nos rodea.

Merriam-Webster define la realidad virtual como “un entorno artificial que se experimenta a través de estímulos sensoriales (como vistas y sonidos) proporcionados por una computadora y en los que las acciones de uno determinan parcialmente lo que ocurre en el ambiente”.

Sin embargo, la forma en que interactuamos con este entorno virtual depende en gran medida de la plataforma en uso. Algunos auriculares visuales de VR fueron diseñados para ser utilizados mientras permanecemos sentados y moviéndonos a través del espacio virtual con un controlador de mano, como lo haría en un videojuego. La diferencia aquí es simplemente que la pantalla se adjunta a su cara (a través de un auricular visual) y cubre una porción mucho mayor de su campo de visión, sumergiéndolo en el virtual, en un mundo de 360 grados.

La Realidad Aumentada (AR) toma su realidad existente y cambia aspectos de ella a través de la lente de un teléfono inteligente, un juego de gafas o incluso un auricular. Con la Realidad Aumentada siempre verá lo que está justo delante suyo, pero con una capa virtual añadida encima.

Según Merriam-Webster, la Realidad Aumentada es “una versión mejorada de la realidad creada por el uso de la tecnología para superponer información digital en una imagen de algo que se ve a través de un dispositivo (como una cámara de teléfono inteligente)”.

La realidad mixta (MR), por otro lado, lleva a la AR al siguiente nivel y es, esencialmente, lo que muchos de nosotros inicialmente esperábamos o esperábamos que la AR fuera. En lugar de sólo una capa en la parte superior del mundo que vemos todos los días, la MR se refiere a la capacidad de mezclar objetos digitalmente prestados en nuestro entorno real.

La realidad mixta se define como “la fusión de mundos reales y virtuales para producir nuevos entornos y visualizaciones donde los objetos físicos y digitales coexisten e interactúan en tiempo real. La Realidad Mixta se produce no sólo en el mundo físico o en el mundo virtual, sino que es una mezcla de realidad y realidad virtual, que abarca tanto la Realidad Aumentada como la Virtualidad Aumentada”.

Aunque las experiencias de la RM pueden ocurrir en un smartphone, los auriculares visuales probablemente dominarán este espacio con una experiencia más inmersiva.

La terminología alterando la realidad consigue un poco de confusión a veces y el como estas diversas tecnologías definitivamente se solapan. La

Realidad Aumentada y la Realidad Mixta, específicamente, comparten mucho espacio y casos de uso similares.



### **JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO**

El proyecto se enmarca dentro de diversas disciplinas relacionadas que se imparten en diferentes titulaciones de nuestra Universidad (Medicina, Odontología, Enfermería, Fisioterapia y Terapia Ocupacional), como materias fundamentales en estas titulaciones de las ciencias de la salud.

No cabe duda que las incorporaciones prácticas de las tecnologías en los sistemas de enseñanza-aprendizaje de las ciencias de la salud son una realidad creciente. La realidad virtual alcanza en el campo de la educación una de sus máximas expresiones y se está convirtiendo en una herramienta eficaz en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que esta tecnología permite captar la atención de los estudiantes mediante su inmersión en entornos virtuales relacionados con diferentes aspectos del conocimiento científico. Actualmente en numerosas universidades de todo el mundo se emplean en prácticas programas informáticos y desarrollos tecnológicos basados en simulaciones virtuales mediante la utilización de diferentes dispositivos como las gafas visión estereoscópica, guantes, sensores de movimiento, etc.. La utilización de estos recursos está teniendo una excelente repercusión en el aprendizaje de los estudiantes. Por otra parte, el uso de dispositivos móviles por la población universitaria para la formación médica y el manejo de otros periféricos asociados a estos dispositivos móviles, está enfocada a que, cada vez más se utilicen estos aparatos en las en los centros docentes como recursos adicionales de enseñanza-aprendizaje. Es evidente que en el estado actual de las tecnologías aplicadas a la formación y práctica en ciencias de la salud surgen nuevos métodos de visualización de imágenes médicas. Uno de estos

avances es la aplicación, en la formación clínica, de los sistemas de visión estereoscópica con gafas de realidad virtual; los cuales están transformando radicalmente las condiciones tradicionales de la enseñanza médica. Este tipo de recursos tecnológicos formativos aportan ventajas educativas y pueden ayudar a la comprensión de procedimientos concretos, como la realización, de forma adecuada, de una intervención quirúrgica de la columna vertebral, la realización de un implante dental, o la utilización de estos entornos tecnológicos para el entrenamiento clínico de una auscultación cardíaca correcta. Por tanto, estos sistemas tecnológicos aplicados a la formación en el campo de las ciencias de la salud, se están convirtiendo en herramientas de gran utilidad ya que permiten eliminar algunos errores y ayudan a percibir y valorar mejor algunas prácticas médicas y quirúrgicas.

La creación de entornos y sistemas inmersivos de visualización, hacen que el usuario (alumno) se sienta dentro un entorno muy próximo a la realidad en la que se va a mover en su labor profesional. Para que la interacción en estos ambientes virtuales sea de la forma más natural posible, se recurre al uso de dispositivos especiales que nos permiten sumergirnos en el ambiente virtual. En consecuencia, el uso de dispositivos móviles en la docencia de las ciencias de la salud constituye ya un elemento muy positivo en la construcción del conocimiento, ya que con la utilización de estas tecnologías se incrementan las posibilidades de interactuar con diferentes opciones que presentan estas herramientas tecnológicas.

Nuestro objetivo es desarrollar herramientas tecnológicas que permitan a los usuarios trabajar y practicar con elementos visuales interactivos que faciliten su aprendizaje y adiestramiento. Como ejemplos prácticos se desarrollarán diferentes modelos aplicados a distintos campos (Neurocirugía, Traumatología, Odontología, Medicina Interna, Anatomía Humana,.....). De esta manera, como *objetivo principal* ha sido la realización de tres ejemplos prácticos de la utilización de estas tecnologías en diferentes especialidades médicas. Así, diseñaremos la reconstrucción virtual de un abordaje quirúrgico de columna vertebral, para implante de tornillos en pacientes con escoliosis.

Por otro lado, se diseñó un entorno virtual para valorar el protocolo a seguir y para llevar a cabo en la realización de un implante dental, mediante la reconstrucción tridimensional del aparato estomatognático, así como de los diferentes materiales e instrumentos necesarios para su realización; y por último, se ha desarrollado una aplicación tecnológica, de ambiente inmerso, para el aprendizaje y adquisición de competencias y habilidades básicas en materia de auscultación cardíaca. Y todo ello, con una finalidad formativa, basada en tecnologías de última generación

De esta forma, el estudiante, con el manejo de estos dispositivos y entornos docentes, se apropia de una información complementaria y realiza una auténtica participación en la comunidad de aprendizaje, al sentirse responsable de su propio proceso educativo.

Nuestro propósito además, es generar espacios virtuales de visualización espacial, para que el estudiante pueda valorar cada uno de los componentes que los integran.



## METODOLOGÍA

Para el desarrollo de nuestros procedimientos tecnológicos empleamos un hardware que nos permitió elaborar sistemas de realidad virtual, de carácter inmersivo; que incluye los siguientes elementos: dispositivos móviles, gafas de visión estereoscópica, guantes con sensores de movimiento, cámara de grabación en 360 grados, sistemas de almacenamiento masivo de documentación gráfica, etc... Además estos sistemas tecnológicos necesitan también de dispositivos con alto nivel de procesamiento y un ordenador con gran capacidad de cálculo con una tarjeta gráfica potente para poder manejar modelos 3D de alta calidad, como es en nuestro caso.

Para las grabaciones de los espacios y salas clínicas se empleó la cámara Samsung Gear 360 (Fig. 1), la cual presenta un diseño esférico, de seis centímetros de diámetro, y 152 gramos de peso.

La cámara cuenta con dos sensores en lados opuestos abarcando cada uno 180° de campo visual y unas lentes 180° apertura f/2.0; con una resolución de video procesado de máximo 4K 30fps. Una vez grabadas las imágenes se procedió a su montaje mediante el software Gear 360 Action Director (Fig. 2).

Utilizaremos modelos anatómicos en 3D consistentes en modelos geométricos delimitados por mallas poligonales. Posteriormente, aplicando un algoritmo denominado “marching cubes”, se obtendrán modelos de malla triangular de la superficie de cada una de las estructuras corporales diseñadas. Se simplificarán y suavizarán las mallas, pretendiendo así obtener modelos poligonales que posteriormente se podrán editar con mayor facilidad, sobre los dispositivos móviles donde se ejecutarán las aplicaciones tecnológicas a desarrollar.

Para asignar un color a los diferentes huesos, músculos, nervios, arterias, asignaremos a cada modelo 3D, un material, que a su vez a ese material se le asignará un color. Esto es lo que denominamos shader; es decir, algoritmos que calculan continuamente el color que debe tener cada pixel renderizado, basándose en la luz que reciben y en el material que se ha asignado a la malla. Por tanto si queremos obtener una buena calidad en las imágenes renderizadas, es importante elegir tanto el material (que aporta la textura y el color) como el shader correcto.

Para la implementación del sistema se utilizó el motor Unity3D junto con el paquete de herramientas de desarrollo o SDK (Software Development Kit) que provee Oculus (también trabajamos con otros SDK, como el de Cardboard). Con todo esto desarrollamos un sistema para crear experiencias inmersivas de realidad virtual, importando nuevos modelos 3D y creando explicaciones en las que se ensalzan partes del modelo 3D o incluso en las cuales el usuario puede interactuar con el sistema.

Todo el material final elaborado ha sido implementado en una aplicación informática para su visualización con gafas de visión estereoscópica, que

permite al usuario (alumn@s) sumergirse dentro de espacio virtual generado y trabajar dentro de ese entorno.

Una vez resumido toda la descripción metodológica, reflejaremos seguidamente, los detalles más relevantes y las características técnicas de algunos de los dispositivos utilizados

### Cámara 360:

A través de este dispositivo se grabaron diferentes entornos clínicos (quirófanos y salas radiológicas y consultas de atención primaria).

Las grabaciones en 360 grados constituyen una nueva dimensión audiovisual que permite la inmersión en la grabación y la posibilidad de observar lo grabado como si se estuviera físicamente en ese lugar. Si hasta ahora el vídeo era un material lineal, cuyo movimiento y posibilidad de observación dependían exclusivamente de lo captado en su momento por el cámara; con el manejo de las cámaras 360 se ha dado un paso más, donde el espectador puede interactuar directamente con la grabación y elegir a su antojo qué ver como si estuviera físicamente presente en el lugar de la grabación.

Para nuestro proyecto empleamos la cámara Samsung Gear 360 (Fig. 1), la cual presenta un diseño esférico, de seis centímetros de diámetro, y 152 gramos de peso. Cuenta con dos sensores en lados opuestos abarcando cada uno 180° de campo visual y unas lentes 180° apertura f/2.0; con una resolución de video procesado de máximo 4K 30fps.



Figura 1.- Cámara Samsung Gear 360 empleada para la grabación de espacios clínicos y obtener una visualización en cualquier plano del espacio

Entre otras características técnicas de este dispositivo, cabe destacar las siguientes:

- Doble sensor de 15 MP
- Doble lente ojo de pez con apertura f/2.0
- Resolución de vídeo de 3840 x 1920 píxeles a 30 fps
- Resolución de imagen de 7776 x 3888 píxeles (equivalente a 30 MP)
- Modos: Vídeo, foto, time-lapse, vídeo looping
- Tamaño: 66.7 x 56.3 x 60.1 mm
- Ranura microSD

#### Postproducción de las imágenes:

Una vez grabadas las imágenes se procedió a su montaje mediante el software Gear 360 Action Director (Figs. 2). Se trata de un programa de edición para crear vídeos VR en 360 grados. Para poder instalar este programa, es necesario introducir la clave del producto que encontraremos en la etiqueta incluida con la cámara Gear 360.



Figura 2.- Interface del software Gear 360 Action Director



Acelerómetro y giroscopio: a través de estos sensores, el sistema de Realidad Virtual detecta hacia dónde está mirando el usuario para mostrarle la imagen correcta del entorno virtual en el cual está inmerso.

### Gafas de visión estereoscópicas

Nuestras gafas alcanzaron un ángulo de visión de 96° y tiene una cobertura de distancia interpupilar de entre 55 y 71mm. A diferencia de otras gafas, disponen de un pequeño panel táctil que nos permite disponer de una herramienta hardware para interactuar con el usuario. Además estas gafas alcanzan una alta resolución de pantalla y resultan muy cómodas para el usuario.

Además de las gafas de visión estereoscópica, los sistemas de Realidad Virtual de carácter inmersivo, necesitan también dispositivos con alto nivel de procesamiento y una tarjeta gráfica potente si queremos manejar modelos 3D de alta calidad, como es el caso de nuestro proyecto.

La figura 3 nos muestra un ejemplo de la imagen duplicada que observa el usuario en la pantalla con las gafas de Realidad Virtual, imagen que nosotros siempre vemos a través de las lentes, obteniendo así una sensación de tridimensionalidad.

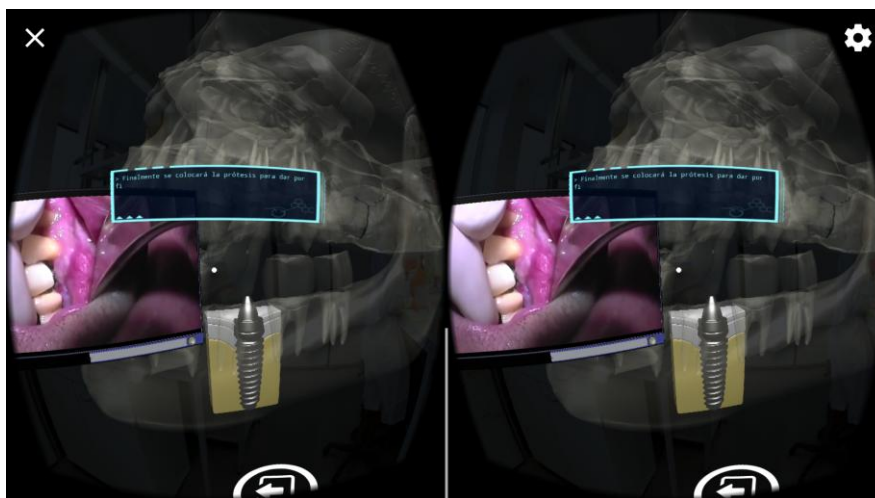


Figura 3.- Imagen duplicada, que se fusionará con las gafas estereoscópicas

### Guantes sensorizado de realidad virtual

Los dispositivos Senso (Figs. 4, 5, 6 y 7) son unos interesantes guantes de realidad virtual con retroalimentación háptica de los dedos, que además cuentan con la capacidad de simular variaciones de presión, con todas las posibles aplicaciones que implica tanto para realidad virtual como aumentada. Permiten situar con precisión nuestros dedos en el entorno virtual.



Figura 4.- Guantes de Realidad Virtual con sensores Senso

Cuentan con 6 grados de libertad sin necesidad de ningún punto de referencia fijo para hacerlo, al contrario que los dispositivos convencionales incluidos hasta el momento por fabricantes como Oculus o HTC con sus gafas de realidad virtual.



Figura 5.- Utilización de guantes Senso para visualización y manejo de entornos virtuales

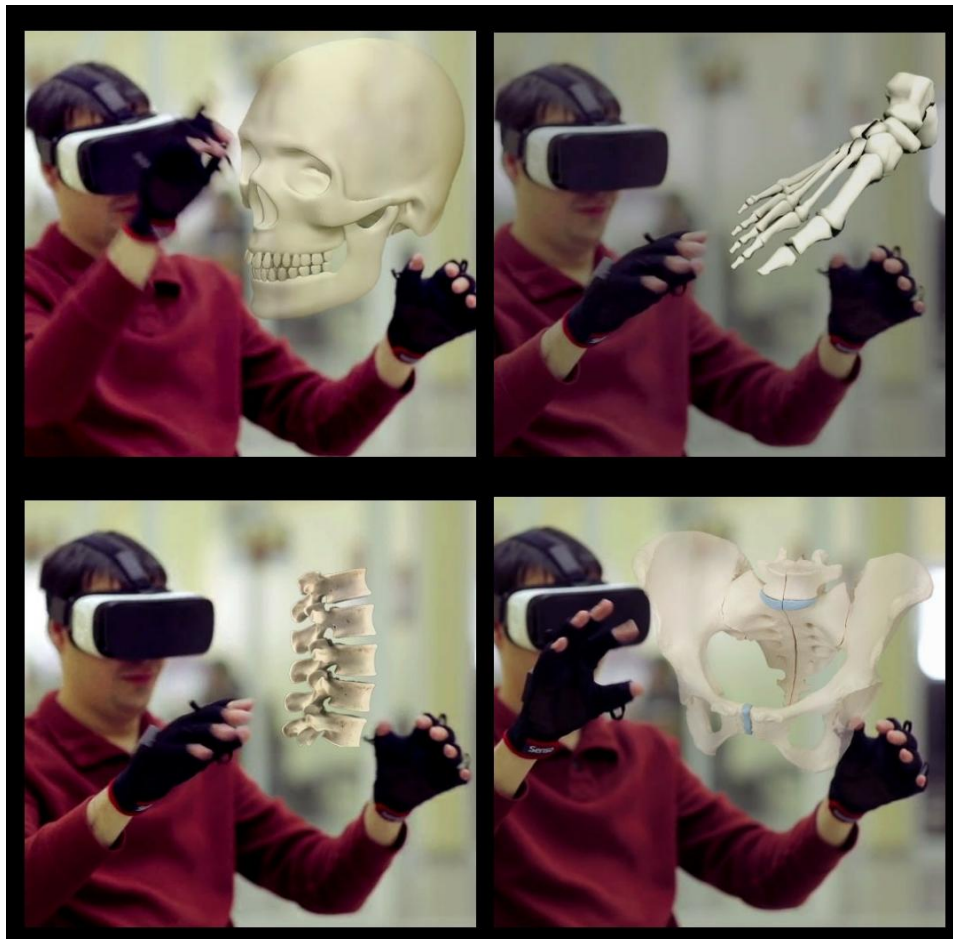


Figura 6.- Utilización de guantes Senso para visualización y manejo de estructuras anatómicas tridimensionales bajo entornos virtuales

Cada guante además del rastreo posicional de cada uno de los dedos dispone también de vibración independiente en cada uno de ellos.

Estos guantes logran el posicionamiento preciso sin error alguno a pesar de no emplear referencias externas fijas, todo esto con un muestreo de posición de unas 150 medidas por segundo y una latencia de menos de 10ms.

La batería incluida dará a los guantes una autonomía de hasta 10 horas, mas que suficiente para cualquier sesión de realidad virtual hoy por hoy.

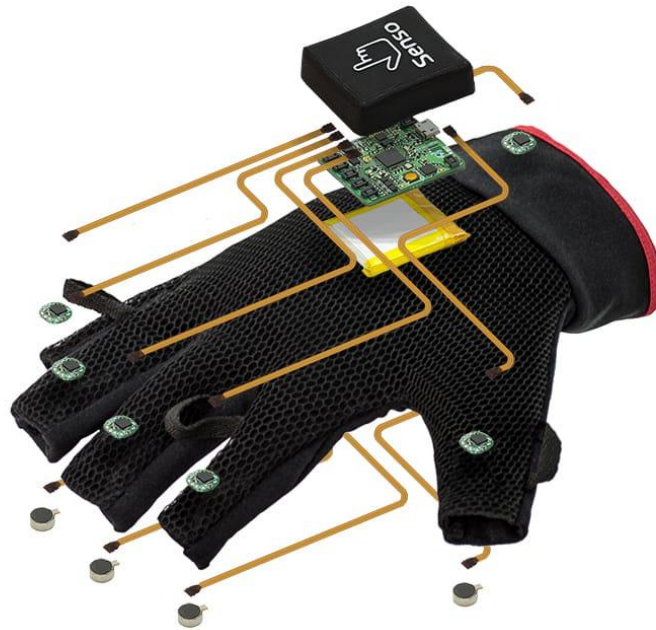


Figura 7.- Visualización de los elementos que integran el interior de los guantes de realidad virtual

Estos guantes vienen acompañados de la librería proporcionada por el fabricante. Básicamente es una API para leer la comunicación serial que suministra el guante, a través de ella podemos abrir el puerto y leer del mismo los datos que proporcionan los sensores con funciones de alto nivel.

### Herramientas de desarrollo

Para la implementación del entorno virtual hemos utilizado el motor de videojuegos Unity3D, junto con el paquete de herramientas de desarrollo de software o SDK (*software development kit*) que provee Oculus (también trabajamos con otros SDK, como el de Cardboard). Con todo esto hemos desarrollado un sistema para crear experiencias inmersivas de Realidad Virtual, importando nuevos modelos 3D y creando, gracias a una estructura que hemos

desarrollado, explicaciones en las que se ensalzan partes del modelo 3D o incluso en las cuales el usuario puede interactuar con el sistema.

### Grabación de ruidos cardíacos

Para la adquisición de los ruidos cardiacos utilizamos un fonendoscopio modelo Littmann® Modelo 3200, capaz de grabar sonidos para posteriormente transferirlos a un ordenador. El fonendoscopio posee una función de amplificación de sonido de 24x y un sistema de eliminación de ruido ambiental, que reduce en promedio un 85 por ciento del ruido que está en el ambiente y que puede interferir con la auscultación (Fig. 8).



Figura 8.- Fonendoscopio modelo Littmann® Modelo 3200, para la grabación de los sonidos cardiacos

Para la implementación del sistema inmersivo, se ha utilizado la herramienta de desarrollo de videojuegos Unity3D. Esta herramienta es multiplataforma, lo cual permite que con un único desarrollo y pequeñas adaptaciones se puedan crear sistemas tanto para dispositivos Android como para dispositivos iOS. Incluso se puede utilizar el desarrollo realizado para sistemas para videoconsolas, como XBOS o Play Station, sistemas de escritorio para PC o Mac OSX, páginas web... Se trata por tanto de una herramienta muy útil, ya que además pone a disposición del programador un conjunto de funcionalidades orientadas a facilitar la creación de entornos virtuales.

Para la creación de este sistema en primer lugar se creó una habitación donde cada una de las paredes está decorada con un esquema o dibujo con

información sobre los distintos focos de auscultación (Fig. 3). A continuación se colocó en medio de la habitación una camilla con un cuerpo humano en tres dimensiones sobre la misma. Después, se colocaron cuatro elementos tridimensionales, uno en cada uno de los puntos de auscultación. El usuario puede elegir si quiere ver estos puntos de auscultación o no. La opción de esconder y mostrar estos puntos indica el nivel de dificultad al que se enfrenta el alumno a la hora de encontrar los puntos de auscultación, ya que si están a la vista será mucho más sencillo. El objetivo es que inicialmente pueda verlos, pero que una vez haya practicado un determinado número de veces los esconda para ser capaz de identificarlos rápidamente.

En última instancia incluimos un modelo 3D básico de un corazón para que el alumno pueda ver también su posición respecto a cada uno de los focos. Por tanto, también se le permite hacer traslúcida la piel del paciente, y poder ver así su interior.

Para la interacción del usuario con el sistema inmersivo, se han implementado dos filosofías diferentes. En primer lugar implementamos una aplicación alternativa que convierte cualquier smartphone en un control remoto, haciendo uso del acelerómetro y del giroscopio del dispositivo. Gracias a este sistema podemos detectar y reconocer los movimientos de la mano del usuario, y trasladar dichos movimientos al entorno virtual. Esto le permite mover el estetoscopio con sus propias manos, haciendo la experiencia más realista.

En segundo lugar, implementamos otros sistemas en el que el usuario no necesita ningún dispositivo externo para interactuar con el mundo virtual, ya que esta tarea la llevará a cabo a través del botón de las gafas. Muchas gafas de Realidad Virtual cuentan con uno de estos botones, que permiten al usuario coger el estetoscopio y moverlo con el movimiento de su cabeza hasta el foco de auscultación deseado.

El motivo por el que se han implementado ambos sistemas de interacción es que muchos modelos de gafas no cuentan con un botón para interactuar con el sistema, por lo que resulta necesario buscar un alternativa. En cuanto a la tecnología de Realidad Virtual utilizada para la implementación de este proyecto, se ha querido que el sistema esté disponible para el mayor número de dispositivos posible. Por esta razón, se han utilizado dos

tecnologías diferentes: Cardboard y Samsung Gear VR. La primera de ellas permite a prácticamente cualquier smartphone actual, ya sea Android o iOS, ejecutar el sistema y utilizar un amplio catálogo de gafas disponibles en el mercado. Esta tecnología ha sido desarrollada por Google, y aunque inicialmente se utilizaba con las gafas que ellos mismos fabricaban, actualmente existen innumerables fabricantes con gafas en todas las calidades y acabados posibles.

También se ha creado el sistema para dispositivos Oculus y Samsung Gear VR. Estos dispositivos tienen un coste ligeramente superior, y requieren determinados móviles para funcionar. En el caso de las Oculus Rift se trata de unas gafas que ya incorporan una pantalla en su interior, por lo que no necesitan ningún smartphone para funcionar, aunque sí requieren de una conexión a un ordenador de gran potencia.

Una vez que el fonendo se sitúa sobre un punto de auscultación, se detecta una colisión entre ambos y se lanza un audio asociado a dicho punto de auscultación. Este audio puede ser diferente, en función de si trata de un paciente sano o uno con alguna cardiopatía en concreto. El objetivo es que el usuario, por un lado, encuentre rápidamente el punto de auscultación, y por otro que sea capaz de reconocer el sonido e identificar si tiene alguna cardiopatía y cuál sería.

Una de las grandes ventajas que ofrece la simulación virtual de auscultación cardíaca frente a la auscultación real, es que el usuario podrá practicar tantas veces como requiera, sin necesidad de contar para ello con un paciente real.

Nuestro desarrollo tecnológico permite al usuario interactuar con el sistema, de forma que no se trata de visualizar un simple video, sino que es el propio usuario el que va dirigiendo las explicaciones. Esto significa que podemos tener exposiciones inmersivas de todo el cráneo, y que el estudiante puede viajar a cualquier parte del cráneo dirigiendo la experiencia virtual hacia donde más le interese.

Además, se debe implementar un sistema de interacción con el usuario, para la cual es necesario disponer de algo parecido al tradicional ratón de los

PC. En este caso, a diferencia del ratón, el puntero lo moveremos mediante el movimiento de la cabeza, y gracias al pequeño panel táctil disponible en las gafas, cuando el usuario está apuntando con el puntero al hueso que quiere seleccionar sólo tendrá que presionar este panel.

Todo el procedimiento tecnológico se llevó a cabo bajo una aplicación informática (App) para dispositivos móviles. Una vez instalada en el Smartphone aparecerá un pequeño icono ilustrativo de dicha aplicación.



## RESULTADOS

Está ya demostrado que las ayudas de aprendizaje visuales e interactivas, suponen un incentivo para el estudiante en ciencias de la salud, además de mejorar la retención a largo plazo. Por tanto, la visualización de imágenes anatómicas tridimensionales reales en entornos virtuales de aprendizaje, supone una forma muy eficiente de representación no solo de la anatomía corporal, lo que facilita una mejor comprensión para su estudio y análisis, sino también de entornos y salas de exploración clínica en las que es difícil entrar un gran número de estudiantes (Fig. 9).





Figura 9.- Experiencia de realidad virtual con un grupo de alumnos, mediante diferentes gafas de visión estereoscópica

Por ello, con nuestro proyecto de innovación docente se pretende llevar a cabo diferentes procedimientos, que permitan una interacción lo más natural posible, con los elementos que se manejan en diferentes situaciones clínicas: desde una intervención quirúrgica, dentro de la propia sala del quirófano para valorar las maniobras que se deben desarrollar para llevar a cabo en una intervención quirúrgica específica; hasta aplicaciones clínicas que sirvan de entrenamiento para el aprendizaje de la auscultación cardíaca, pudiéndose adiestrar dónde debe colocarse el fonendo y que ruido se debe escuchar para una buena interpretación y análisis de una auscultación cardíaca correcta, etc, etc..

Pensamos que la generación y desarrollo de estos recursos tecnológicos como lo que se proponen en este proyecto enriquecerán y facilitarán la transmisión de contenidos didácticos, favoreciendo la formación en diversas áreas de las ciencias de la salud, que se imparte en todos los grados de esta ciencia (Medicina, Odontología, Enfermería, Fisioterapia y Terapia Ocupacional). El manejo de distintos dispositivos tecnológicos de Realidad Virtual (Gafas, guantes, sensores...) permitirán gestionar el conocimiento y las habilidades prácticas de los estudiantes de estas titulaciones, desarrollando nuevas formas de innovación docente y elevar así la calidad del proceso

académico. Creemos que estas aplicaciones tecnológicas incentivarán el aprendizaje de los estudiantes, promoviendo una acción más participativa.

Por otra parte, con este Proyecto de innovación docente, se pretende aumentar la motivación, tanto de los profesores como de los estudiantes, al proceso de enseñanza-aprendizaje, al proporcionándoles recursos tecnológicos de plena actualidad y difusión, como medio adicional y atractivo para la formación académica de estudiantes en nuestra Universidad de Salamanca..

Actualmente, los recursos tecnológicos emergentes que nos ofrece la industria, nos están proporcionando un abanico importante en la generación de procedimientos informáticos de formación médica de gran interés en diversos ámbitos de la Medicina y la Cirugía. Además, estos medios tecnológicos permiten crear situaciones artificiales que se acercan mucho a la situación real, lo que consigue aumentar la motivación de los usuarios (estudiantes) que las manejan.

Para que la interacción en estos ambientes virtuales sea de la forma más natural posible, se recurre al uso de dispositivos especiales que nos permiten sumergirnos en el ambiente virtual. El uso de dispositivos móviles en la docencia, junto con la combinación de gafas de realidad virtual, constituye ya un elemento positivo en la construcción de conocimiento, ya que con la utilización de estas tecnologías se incrementan las posibilidades de interactuar con diferentes opciones que presentan estas herramientas tecnológicas.

Por tanto uno de nuestros propósitos ha sido generar espacios virtuales de visualización espacial, (como por ejemplo una simulación de intervención quirúrgica de columna vertebral, dentro de un quirófano real, una simulación de un implante dental, con gafas de visión estereoscópica; y un ejemplo de exploración clínica virtual elaborando un sistema que facilite el adiestramiento en la auscultación cardíaca; para que el estudiante pueda valorar cada uno de los componentes que integran estas actuaciones clínicas, dentro de un entorno inmerso virtual, pero con apariencia real.

De esta forma, con el manejo de estos dispositivos y entornos docentes, el estudiante de ciencias de la salud se apropia de una información complementaria y realiza una auténtica participación en la comunidad de aprendizaje, al sentirse responsable de su propio proceso educativo.

La grabación con la cámara de 360 grados, de espacios reales, permitió obtener una visualización general de todo el entorno de trabajo. Así, la grabación de diferentes quirófanos (Fig. 10) ha servido para crear ambientes virtuales, de características inmersivas, para analizar los elementos más representativos de los que dispone un quirófano, y poder simular una intervención como si se estuviese en el mismo quirófano.



Figura 10.- Entorno de visualización inmersiva de un quirófano a través de las gafas de realidad virtual. Grabación con cámara de 360 grados

Así, de manera muy resumida, describiremos los tres ejemplos representativos que hemos desarrollado para el presente proyecto de innovación docente:

En todas las situaciones y procedimientos tecnológicos que hemos elaborado, el papel de los conocimientos anatómicos es básico e importante para el buen desarrollo de las aplicaciones clínicas que presentamos, dentro del proceso de formación médica en todas las titulaciones de ciencias de la salud. Su importancia no puede ser sobreestimada puesto que su conocimiento establece el fundamento, tanto para la exploración clínica, como para el abordaje quirúrgico

## Simulación de una intervención quirúrgica a columna vertebral

La cirugía de fusión vertebral por vía transpedicular es una técnica quirúrgica difícil y complicada que puede presentar ciertos riesgos para el paciente a causa de la compleja morfología de la columna vertebral y la proximidad a estructuras neurovasculares de relevancia clínica. En este sentido la utilización de simuladores quirúrgicos como el que hemos desarrollado puede ser un buen recurso para el entrenamiento y adiestramiento en estas técnicas quirúrgicas (Fig. 11).

En el procedimiento virtual se explica el protocolo de actuación para una cirugía de columna vertebral, donde el usuario podrá comprobar cómo se deben fijar los tornillos a los cuerpos vertebrales así como el acoplamiento de las barras de metal.

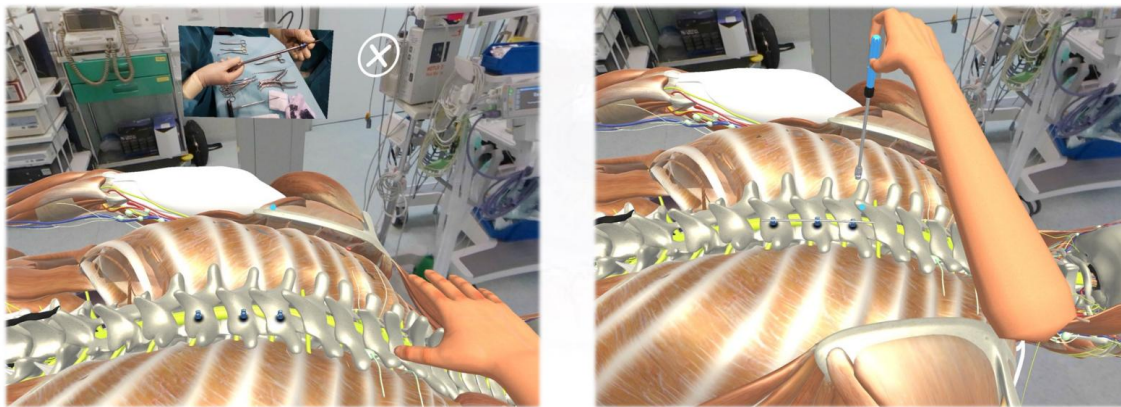


Figura 11.- Visualización del entorno de trabajo para el abordaje virtual. Se aprecia el quirófano real, en 360 grados, y el paciente virtual sobre el que se realizará la intervención.

### *Protocolo de actuación:*

Una de las opciones disponibles para el tratamiento quirúrgico de la patología vertebral es la instrumentación de la columna por vía transpedicular. En la actualidad, la cirugía de fusión vertebral por vía transpedicular representa la técnica de fijación más comúnmente utilizada para el tratamiento quirúrgico de las enfermedades vertebrales.

El procedimiento consiste en la introducción de tornillos transpediculares a través de un punto ubicado en la unión de la apófisis transversa con la apófisis articular superior, el cual atraviesa en su trayectoria al pedículo hasta

alcanzar el cuerpo vertebral, proporcionando estabilidad y fijación interna al segmento vertebral afectado (Fig. 12).

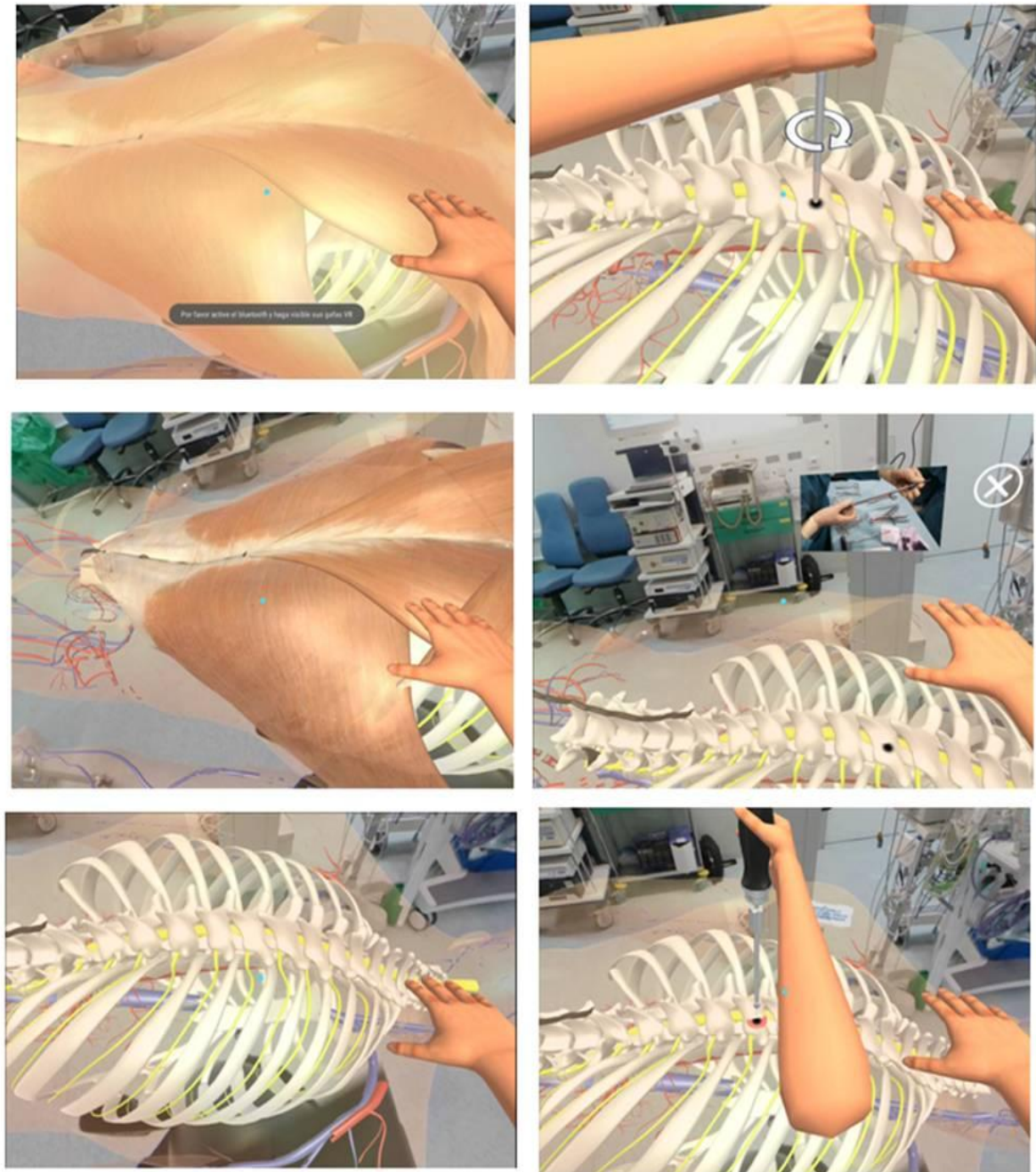


Figura 12.- Ejemplo de algunas de las fases del protocolo de actuación en el abordaje quirúrgico virtual a la columna vertebral

## **Simulación para la realización virtual de un implante dental**

Un implante dental es un sustituto artificial de la raíz natural del diente. El procedimiento quirúrgico para la colocación de los implantes dentales reúne el conjunto de técnicas que emplea el implantologista con el objetivo de favorecer la conexión íntima entre el implante y el hueso vivo, considerándose la clave de la técnica de la osteointegración.

Describiremos seguidamente los principales pasos quirúrgicos a realizar en la intervención del implante dental, simulada bajo entorno tecnológico de visión estereoscópica, con gafas de realidad virtual (Figs. 13 a 18).

En el fresado de la colocación del implante dental se debe reducir en lo posible la producción de calor durante la preparación del hueso. En ese sentido se propone el uso de irrigación interna y externa con suero salino. Se empieza levantando un pequeño colgajo de encía pero suficiente para acceder al hueso y observar el contorno del borde alveolar.

Si el periosteo resulta dañado en exceso, se producirá una resorción ósea marginal alrededor de los implantes, con un escaso crecimiento de encía lo cual puede comprometer la osteointegración.

Se debe conocer los límites anatómicos de las áreas nobles como el suelo nasal o el seno maxilar, la arteria palatina o el nervio nasopalatino en el maxilar superior y a nivel mandibular, el nervio mentoniano y el nervio dentario inferior.

Si accidentalmente se invaden las estructuras anatómicas importantes, el implante puede fracasar o podrán surgir complicaciones.

Antes de la preparación quirúrgica del hueso para la inserción del implante dental puede ser necesario la regularización del reborde óseo o técnicas de regeneración ósea guiada para obtener una adecuada anchura ósea. Esto dependerá de la anchura del implante que se emplee.

La primera de estas fases de fresado se realiza con una fresa guía, capaz de perforar la corteza externa y señalar el lugar de implantación.

Las siguientes fases de fresado determinarán la longitud, posición e inclinación del implante de titanio.

Una vez comprobada la calidad ósea, debe seleccionarse la anchura apropiada del orificio final, que permita una estabilidad primaria óptima.

La profundidad y anchura del lecho dependerá del diseño del implante, aunque todos los fabricantes suelen proporcionar algún sistema de medición que asegure la exactitud de la profundidad de la preparación y una serie de fresas para seleccionar la anchura apropiada, con el fin de acomodar el implante de titanio.

El implante se coloca con un contraángulo a baja velocidad 45rpm o manualmente.

La superficie externa de los implantes suele estar asociada a implantes de cabeza plana con un pequeño hexágono que forma una cabeza de junta con el tornillo de protección de la cubierta y, como consecuencia, con los elementos transmucosales.

La superficie interna de contacto suele presentar forma hexagonal, como la del implante americano con válvula de tornillo

Una vez colocados los tornillos de protección, queda completada la fase de inserción.

Antes de comenzar a suturar, el área operatoria debe haber sido irrigada y limpiada convenientemente. Para suturar la herida se debe comprobar que los colgajos de tejido se encuentran en la posición correcta, recomendándose realizar la sutura de colchonero, que facilita la eversión de los bordes.

Transcurrida una semana, se retiran los puntos de sutura y se observa el proceso de cicatrización del tejido.

Posteriormente, el paciente deberá esperar un período de osteointegración para que se pueda colocar el diente fijo definitivo.

Todos estos pasos en conjunto se resumen de forma simulada en la aplicación tecnológica desarrollada, lo que supone un adiestramiento y un conocimiento dinámico, que supera a los clásicos libros y atlas en este sentido.



Figura 13.- Fase inicial de acceso a la aplicación tecnológica

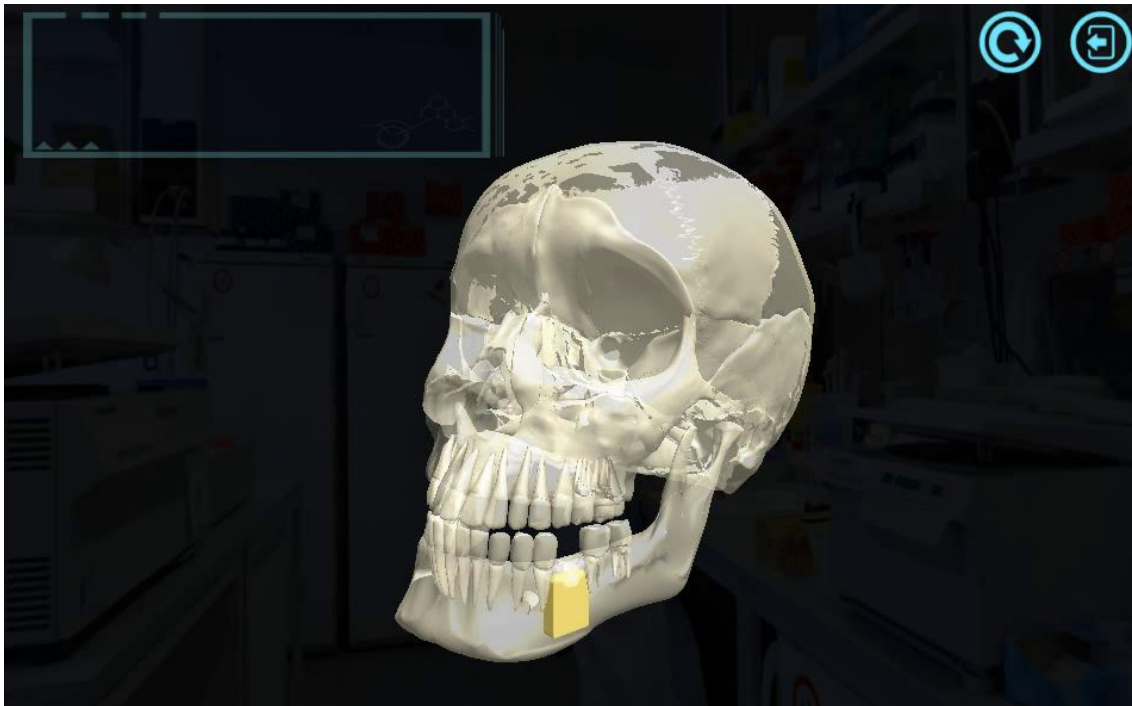


Figura 14.- Visualización inicial del entono donde se centrará el implante dental



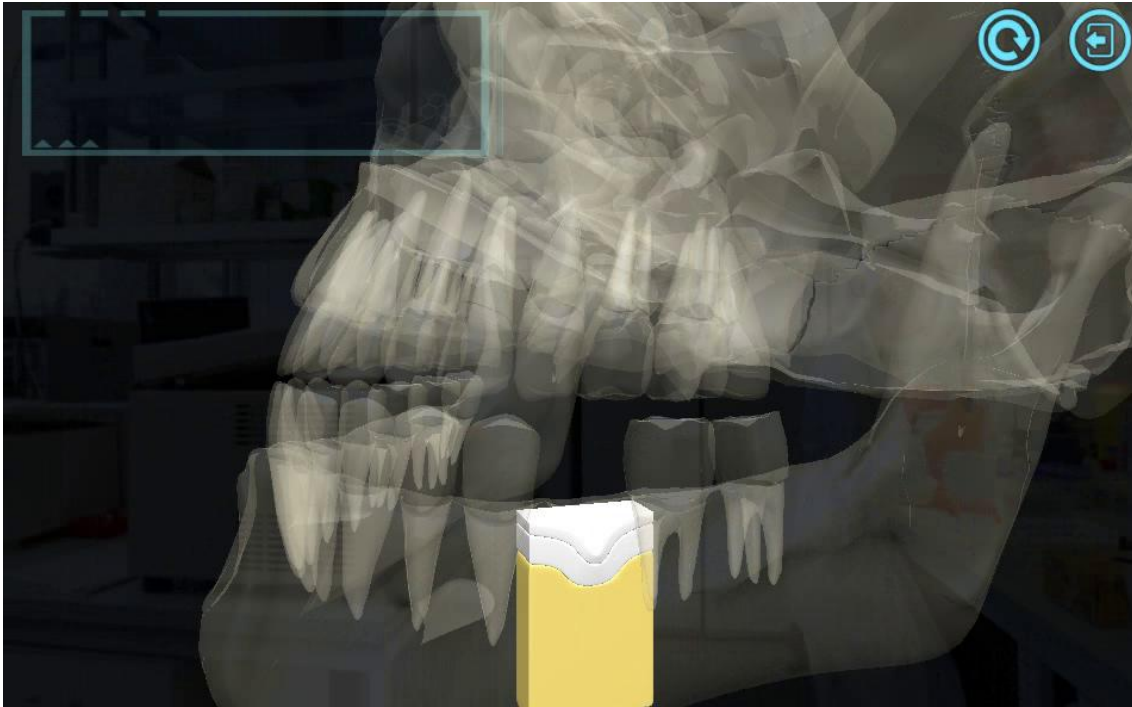


Figura 15.- Detalle con zoom de la zona del implante dental

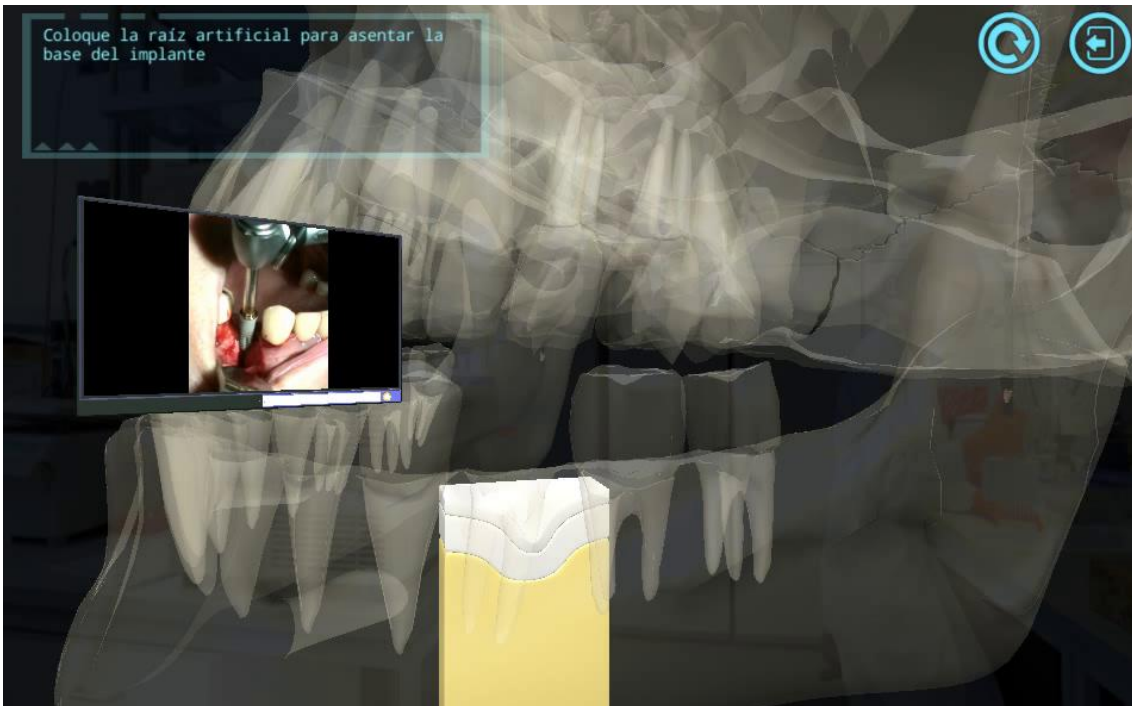


Figura 16.- Detalle de la zona del implante dental virtual, acompañado de un video del implante real, que facilita el seguimiento

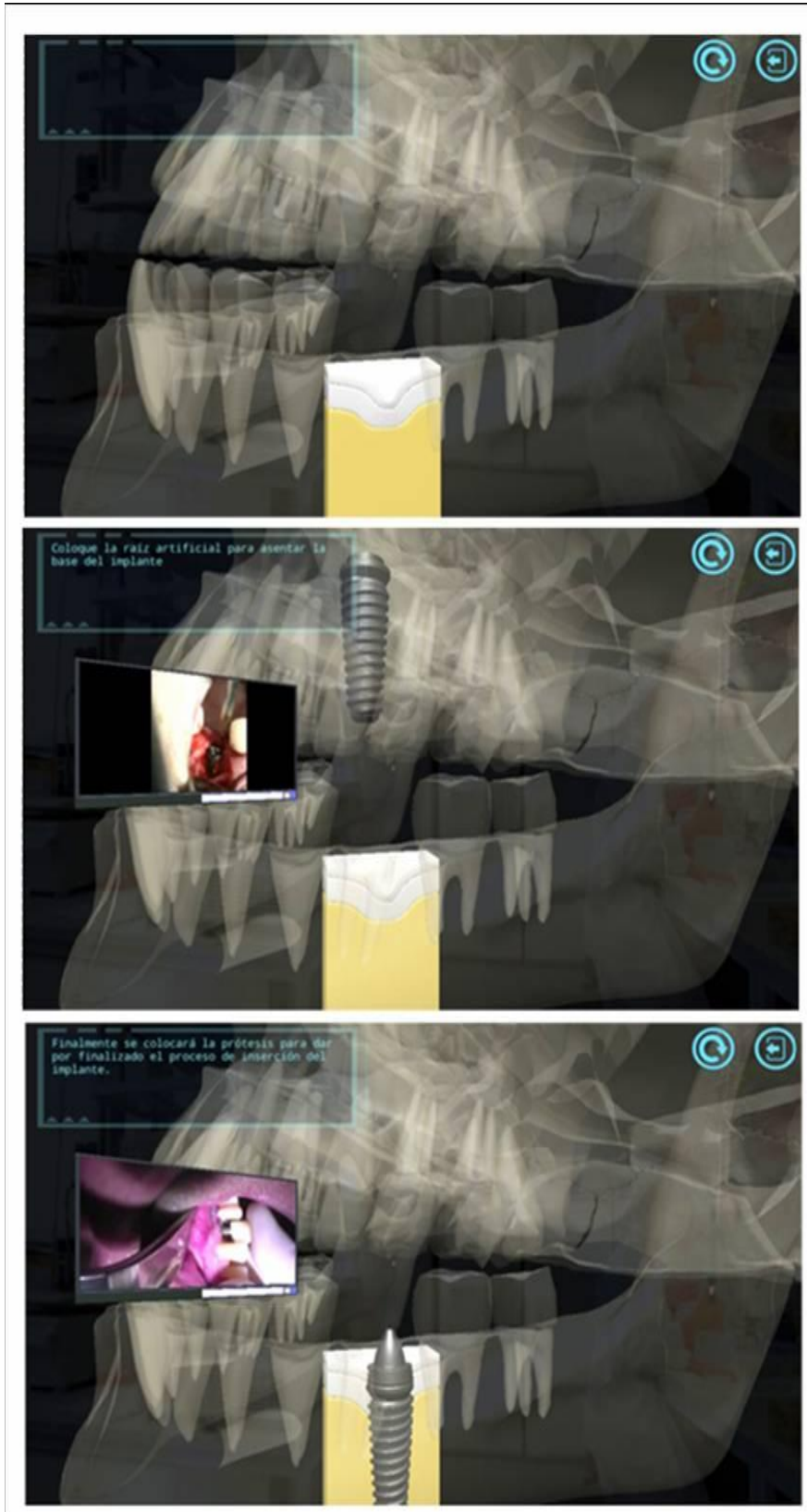


Figura 17.- Visualización de algunas de las fases del implante dental virtual

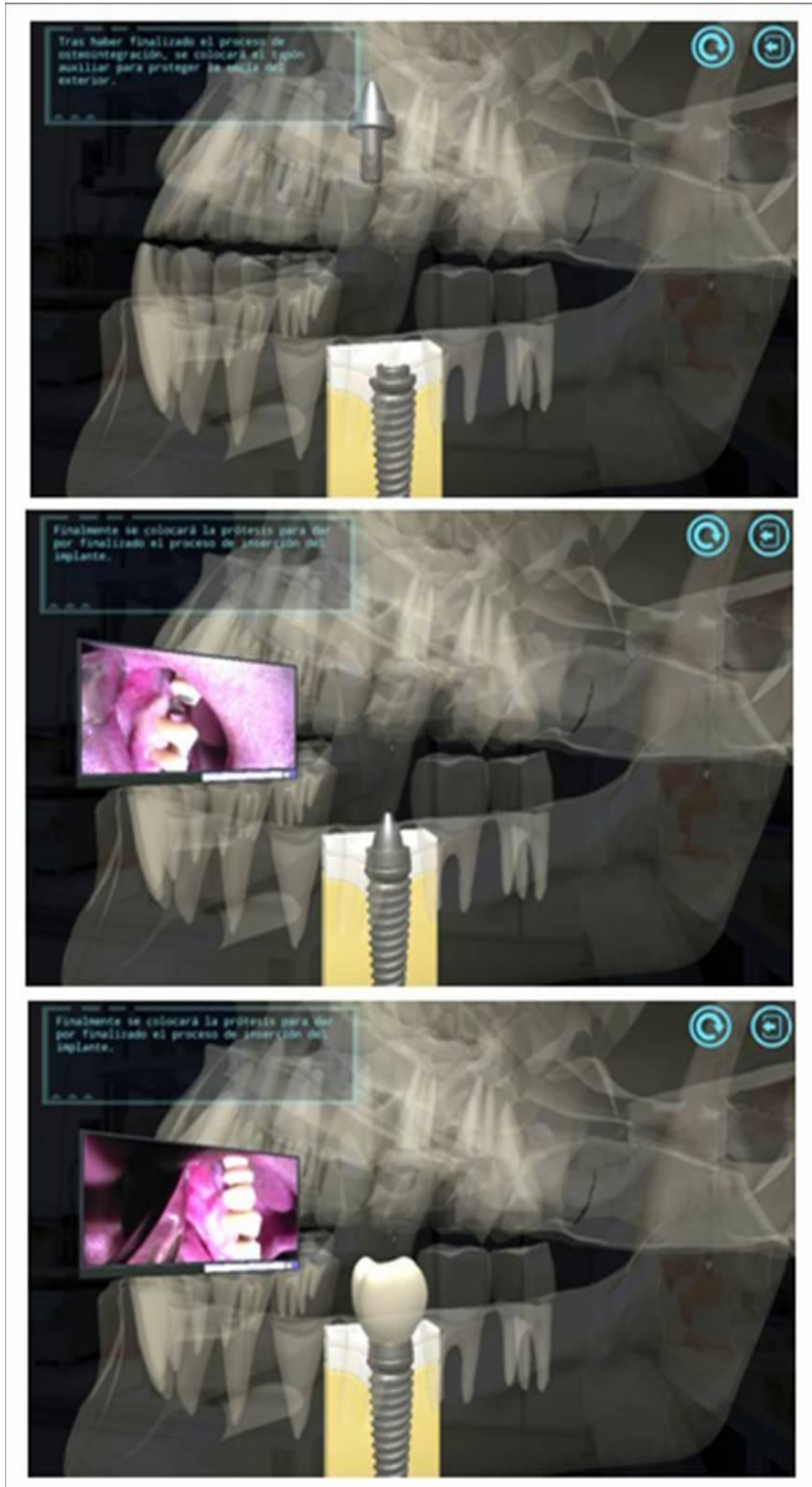


Figura 18.- Visualización de algunas de las fases del implante dental virtual

## Simulador virtual de auscultación cardiaca

Aprender cómo hacer una auscultación cardiaca con precisión es una habilidad importante para los estudiantes de medicina, así como para los residentes médicos, ya que este procedimiento puede ayudar en el diagnóstico de una serie de problemas importantes del corazón. Una auscultación cardiaca debe hacerse con precisión; de otra manera, los resultados no serán exactos.

Por tanto, es importante tomarse el tiempo necesario y llevar a cabo cada paso con confianza y precisión. En este sentido, la generación de aplicaciones tecnológicas que simulen todo este proceso de llevar a cabo una exploración cardiaca mediante la auscultación, supone una herramienta muy interesante y válida para adiestramientos en esta técnica exploratoria.

Los ruidos cardíacos son la expresión sonora del cierre de las válvulas cardíacas, su funcionamiento fisiológico siempre es unidireccional, lo cual permite la correcta circulación de la sangre a través del circuito cardiovascular. La auscultación del área precordial permite la identificación de estos ruidos. Las válvulas emiten un ruido al cerrar que se escucha con un estetoscopio o fonendo.

La auscultación cardiaca requiere un conocimiento elemental de la anatomía y la fisiología del corazón. La sangre que circula por nuestro organismo es un flujo de líquido que, en condiciones normales, no suena porque fluye de manera ordenada. En reposo, el corazón normalmente late entre 60 y 100 veces por minuto. Cada latido está provocado por un impulso eléctrico proveniente del nódulo sinusal, constituido por un grupo de células situadas en la aurícula derecha que marca el ritmo cardiaco en condiciones normales. Sin embargo, en el momento en que algo falla (como consecuencia de una estenosis, una regurgitación o cualquier cosa que altere el curso normal de las moléculas de sangre) el flujo se vuelve turbulento, provocando un ruido que llamamos soplo, que es lo que intentamos detectar con el fonendoscopio.

Nuestra aplicación tecnológica está planteada para el adiestramiento en la auscultación de los ruidos cardíacos más básicos (Figs. 19 a 25): Foco aórtico: situado en el segundo espacio intercostal derecho, borde esternal derecho. Foco pulmonar: ubicado en el segundo espacio intercostal izquierdo,

borde esternal izquierdo. Foco tricuspídeo: en el cuarto espacio intercostal izquierdo, borde esternal izquierdo. Foco mitral: en el quinto espacio intercostal izquierdo, línea media clavicular. Cuando el usuario coloca el fonendo sobre un punto de auscultación, podrá ver una pequeña descripción de ese foco y escuchar el sonido característico de ese punto. Una vez que el fonendo se sitúa sobre un punto de auscultación, se detecta una colisión entre ambos y se lanza un audio asociado a dicho punto de auscultación. Este audio puede ser diferente, en función de si trata de un paciente sano o uno con alguna cardiopatía en concreto.

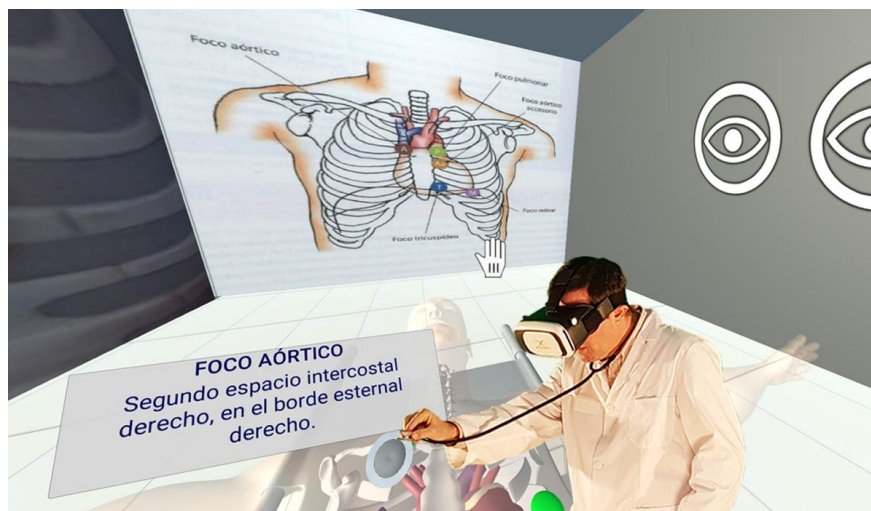


Figura 19.- Entorno virtual de simulación de auscultación cardiaca sobre paciente virtual

El uso de nuestro simulador mejoró la destreza en la auscultación cardíaca, siendo una alternativa útil y atractiva de entrenamiento, que ayudara a los usuarios a reconocer los ruidos cardíacos, posteriormente ya, sobre un paciente real. De los resultados de su valoración, se desprende que este sistema constituye un método de aprendizaje excelente.

Este procedimiento tecnológico de entrenamiento en auscultación cardíaca, facilita la capacitación para adquirir la habilidad clínica de diferenciar los principales ruidos cardíacos. Nuestro desarrollo muestra las ventajas que tiene las técnicas de la Realidad Virtual y los sistemas inmersivos en el ámbito de la formación médica.

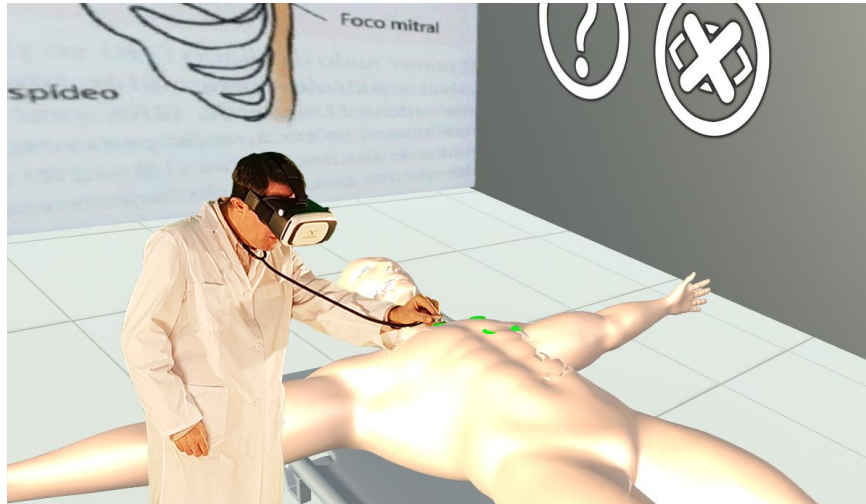


Figura 20.- Entorno virtual de simulación de auscultación cardiaca sobre paciente virtual

El uso de este simulador mejoró la habilidad y destreza en la auscultación cardiaca, siendo una alternativa de entrenamiento atractiva y útil, que ayuda a reconocer los ruidos cardíacos sobre un paciente real.

La simulación médica puede ser un buen complemento a las prácticas en un entorno clínico real. Nuestro entorno tecnológico interactivo, de carácter inmersivo, es una herramienta muy útil en el aprendizaje de la auscultación cardiaca. La integración de esta nueva metodología de formación médica implica también un cambio en la cultura de la formación universitaria y hospitalaria con los médicos residentes y definir los criterios que permitan seleccionar las competencias que mejor se benefician de este tipo de entrenamiento.

Nuestro desarrollo constituye por tanto un sistema de computación que ha permitido crear un escenario artificial con un paciente virtual, sobre el que el usuario tiene la impresión de estar con el paciente y manipular un fonendo sobre la superficie torácica del individuo. De esta forma se ha pretendido simular las percepciones sensoriales de forma que el usuario las tome como reales al actuar sobre el entorno ficticio.

Mediante la utilización de gafas de visión estereoscópica, de realidad virtual, nos sumergimos en un entorno donde visualizamos al paciente para la exploración cardiaca mediante el fonendoscopio virtual, el cual podemos mover por la superficie del paciente para oír los diferentes ruidos cardíacos.



Figura 21.- Simulación de un sistema de auscultación cardíaca que el alumno puede visualizar con las gafas estereoscópicas

Entre las valoraciones más positivas de nuestro entorno tecnológico destacan las siguientes: su elevada eficacia en la identificación del punto óptimo de auscultación, la identificación específica del ruido cardíaco, facilita la posterior identificación de los ruidos sobre un paciente real, y el ser un buen método de formación médica.

El propósito final con esta aplicación tecnológica de entrenamiento clínico ha sido crear y simular un entorno clínico alternativo y complementario en la formación médica, que permite mantener una relación entre profesional médico y paciente interaccionando entre ambos, para que se perciba una sensación de realidad. Estas herramientas tecnológicas, con su uso adecuado, pueden contribuir sin duda a una mejora en los procesos de formación médica.

La utilización de estos medios tecnológicos de visión estereoscópica, facilitan y ayudan a mejorar la capacitación en habilidades prácticas y en la adquisición de conocimientos médicos.

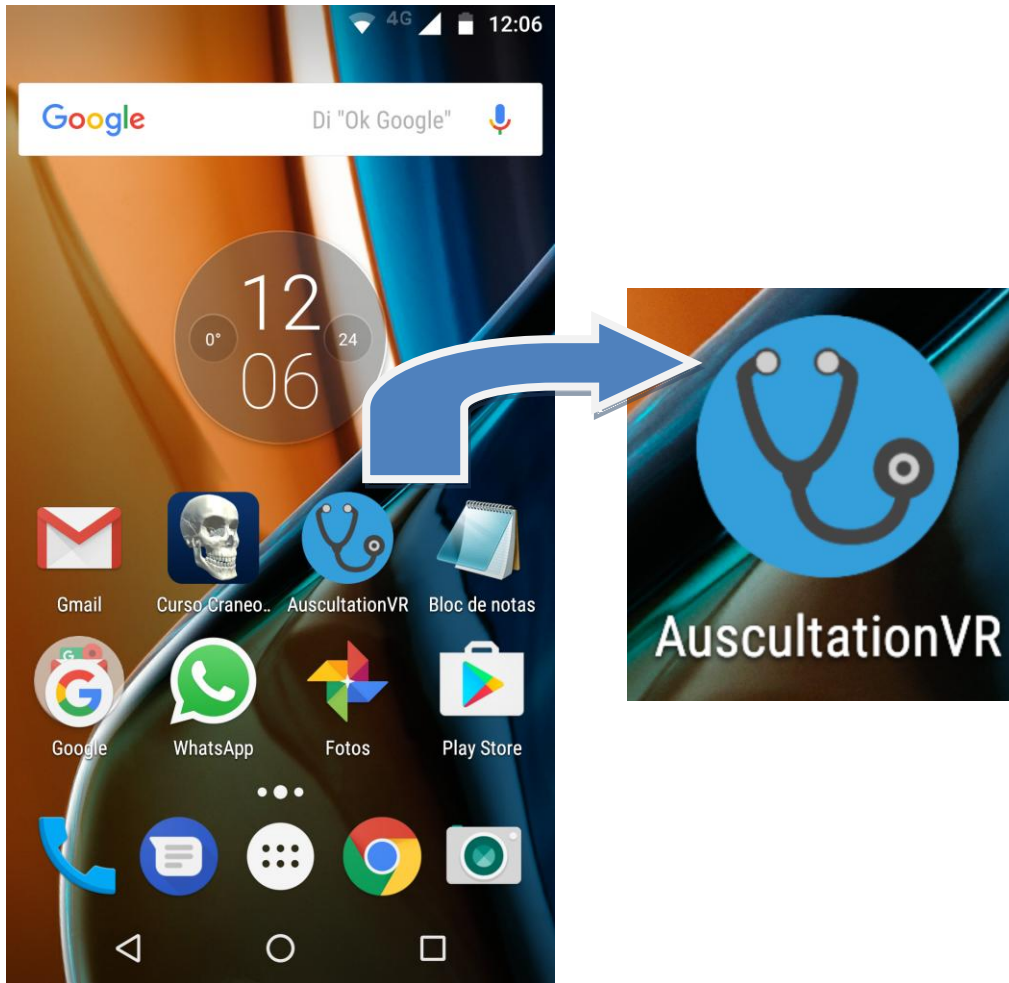


Figura 22.- Icono de instalación de la aplicación tecnológica de auscultación virtual



Figura 23.- Visualización de uno de los espacios virtuales donde se encuentra inmerso el usuario



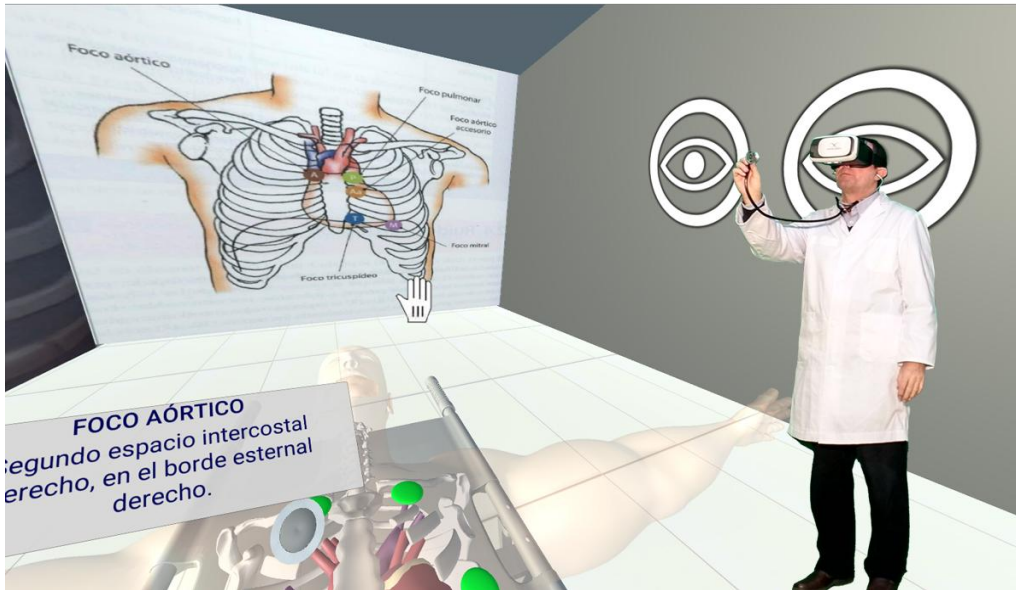


Figura 24.- Visualización de otro de los espacios virtuales donde se puede encontrar inmerso el usuario

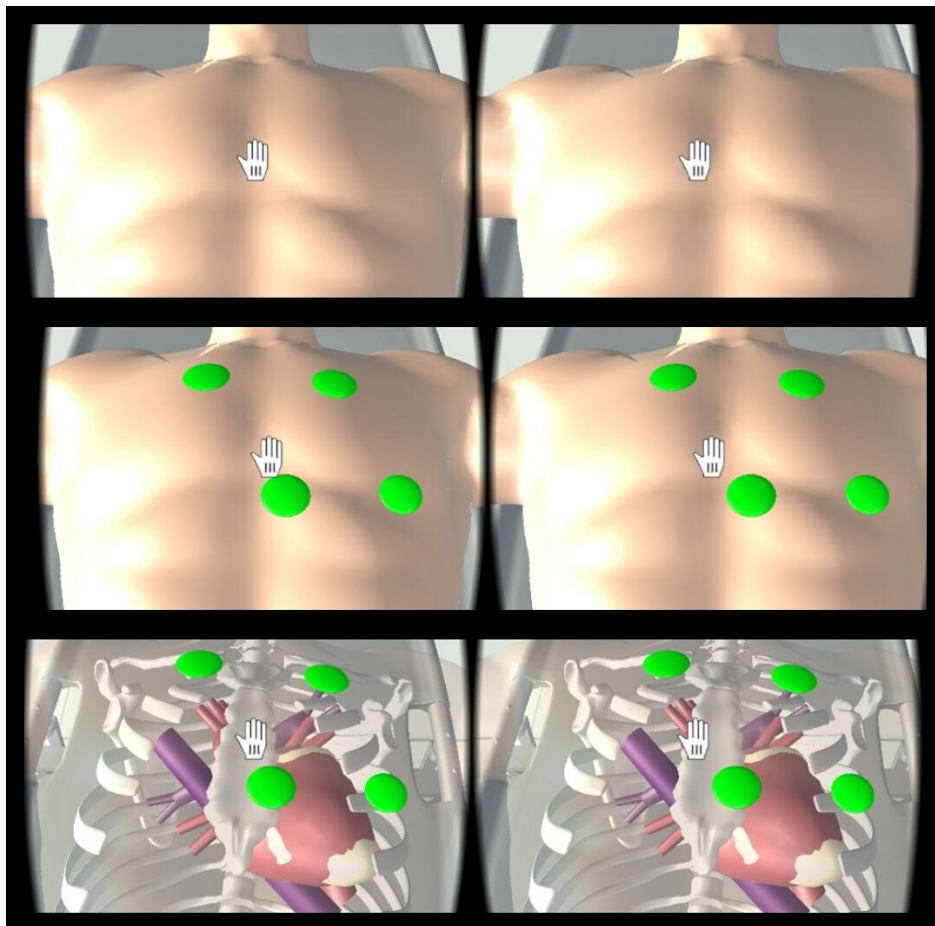


Figura 25.- Diferentes planos y posibilidades de visualización del tórax del paciente virtual para la auscultación



## CONSIDERACIONES FINALES

Sin duda en los próximos años la formación en medicina cambiará el rumbo de nuestros sistemas docentes. Los estudiantes y especialistas como los cirujanos podrán realizar estudios preoperatorios e incluso llevar a cabo una simulación previa a la intervención operatoria real, de tal manera que una vez que el cirujano aborde al paciente, ya sabrá con mayor exactitud y seguridad lo que se va a encontrar y los problemas posibles que pueda llegar a tener durante la intervención quirúrgica. También será posible adquirir competencias prácticas exploratorias, tales como la auscultación cardiaca.

La utilización de estos medios tecnológicos de realidad virtual y realidad aumentada, con sistemas de visión estereoscópica y sensores de movimiento, aplicados a la formación médica, facilitarán y ayudarán a mejorar la capacitación en habilidades clínicas y quirúrgicas de nuestros alumnos.

La simulación no es una tecnología, sino una técnica o método de aprendizaje centrado en el participante y basado en la propia experiencia, y en nuestra opinión el elemento clave es la formación de los instructores. Así, la principal limitación para su aplicación generalizada son los costes derivados de su formación en la metodología docente, y el tiempo dedicado por ellos y los participantes a cada actividad en particular.

Los resultados de la educación basada en la simulación dependen del producto de tres factores: medios técnicos adecuados, profesores entusiastas preparados para sacarles el máximo partido e integración en el currículo. Sólo la combinación inteligente, adaptada a las circunstancias propias de cada institución, de actividades de simulación de alto realismo con las prácticas focalizadas en aspectos más concretos (p. ej., los simuladores de tareas para

el aprendizaje de habilidades técnicas simples) y la experiencia clínica real contribuirá a obtener resultados de aprendizaje óptimos.

Cada vez son más frecuentes las incorporaciones prácticas de estas tecnologías a los sistemas de enseñanza-aprendizaje. Muchas universidades de todo el mundo comienzan a utilizar en sus prácticas docentes desarrollos tecnológicos basados en simulaciones virtuales mediante la utilización de diferentes dispositivos como las gafas visión estereoscópica, los guantes, los sensores de movimiento, etc..

En los entornos universitarios se comienzan a introducir modificaciones en los sistemas de enseñanza que lleva a los profesionales docentes a asumir nuevas responsabilidades, basadas en el manejo y utilización de estas tecnologías emergentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alaraj, A., Charbel, F.T., Birk, D., Tobin, M., Luciano, C., Banerjee, P.P., Rizzi, S., Sorenson, J., Foley, K., Slavin, K., Roitberg, B. 2013. Role of cranial and spinal virtual and augmented reality simulation using immersive touch modules in neurosurgical training. *Neurosurgery*. 72, 1, 115-23.

Alaraj, A., Luciano, C.J., Bailey, D.P., Elsenousi, A., Roitberg, B.Z., Bernardo, A., Banerjee, P.P., Charbel, F.T. 2015. Virtual reality cerebral aneurysm clipping simulation with real-time haptic feedback. *Neurosurgery*. 11, 2, 52-8.

Anthes, C; García Hernández, R. J.;Wiedermann, M.; Kranzmüller, D. "State of the Art of Virtual Reality Technologies" 2016 IEEE Aerospace Conference, At Big Sky, Montana, United States

Atherton, S., Antley, A., Evans, N., Cernis, E., Lister, R., Dunn, G., Slater, M., Freeman, D. 2016. Self-Confidence and Paranoia: An Experimental Study Using an Immersive Virtual Reality Social Situation. *Behav Cogn Psychother*. 44, 1. 56-64.

Aukstakalnis, S., Blatner, D. 1992. *Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality*. Peachpit Press Berkeley, CA, USA.

Azuma, Robert T. (1997). "A Survey of Augmented Reality". *Presence: Teleoperators and virtual environments*.

Bekelis, K., Calnan, D., Simmons, N., MacKenzie, T.A., Kakoulides G. 2017. Effect of an Immersive Preoperative Virtual Reality Experience on Patient Reported Outcomes: A Randomized Controlled Trial. *Ann Surg*. 265, 6, 1068-73.

Boejen, A., Grau, C. 2011. Virtual reality in radiation therapy training. *Surg Oncol*. 20, 3, 185-8.

Chan, S., Conti, F., Salisbury, K., Blevins, N.H. 2013. Virtual reality simulation in neurosurgery: technologies and evolution. *Neurosurgery*. 72, 1, 154-64.

Cruz-Neira, C., Sandin, D.J., DeFanti, T.A., Kenyon, R.V., Hart, J.C. 1992. The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment. *Communications of the ACM*. 35, 6, 64-72.

Demeter, N., Josman, N., Eisenberg, E., Pud, D. 2015. Who can benefit from virtual reality to reduce experimental pain? A crossover study in healthy subjects. *Eur J Pain*. 19, 10, 1467-75.

Falconer, C.J., Rovira, A., King, J.A., Gilbert, P., Antley, A., Fearon, P., Ralph, N., Slater, M., Brewin, C.R. 2016. Embodying self-compassion within virtual reality and its effects on patients with depression. *BJPsych Open*, 2, 1, 74-80.

Falconer, C.J., Slater, M., Rovira, A., King, J.A., Gilbert, P., Antley, A., Brewin, C.R. 2014. Embodying compassion: a virtual reality paradigm for overcoming excessive self-criticism. 2014. *PLoS One*. 9, 11, e111933.

Freeman, D., Antley, A., Ehlers, A., Dunn, G., Thompson, C., Vorontsova, N., Garety, P., Kuipers, E., Glucksman, E., Slater, M. 2014. The use of immersive virtual reality (VR) to predict the

occurrence 6 months later of paranoid thinking and posttraumatic stress symptoms assessed by self-report and interviewer methods: a study of individuals who have been physically assaulted. *Psychol Assess.* 26, 3, 841-7.

Freeman, D., Dunn, G., Murray, R.M., Evans, N., Lister, R., Antley, A., Slater, M., Godlewska, B., Cornish, R., Williams, J., Di Simplicio, M., Igoumenou, A., Brenneisen, R., Tunbridge, E.M., Harrison, P.J., Harmer, C.J., Cowen, P., Morrison, P.D. 2015. How cannabis causes paranoia: using the intravenous administration of 9-tetrahydrocannabinol (THC) to identify key cognitive mechanisms leading to paranoia. *Schizophr Bull.* 41, 2, 391-9.

Freeman, D., Evans, N., Lister, R., Antley, A., Dunn, G., Slater, M. 2014. Height, social comparison, and paranoia: an immersive virtual reality experimental study. *Psychiatry Res.* 218, 3, 348-52.

Garrett, B., Taverner, T., Masinde, W., Gromala, D., Shaw, C., Negraeff, M. 2014. A rapid evidence assessment of immersive virtual reality as an adjunct therapy in acute pain management in clinical practice. *Clin J Pain*, 30, 12, 1089-98.

Häfner, P., Häfner, V., & Ovtcharova, J. (2013). Teaching Methodology for Virtual Reality Practical Course in Engineering Education. *Procedia - Procedia Computer Science*, 25, 251–260.

Izard, S.G., Juanes Méndez, J.A., Palomera, P.R. 2017. Virtual Reality Educational Tool for Human Anatomy. *J Med Syst.* 41, 5, 76.

Juanes J.A. (2016). Current status of new technologies in the teaching of experimental sciences and medicine in particular. *Educ Med.*;17(1):1-2

Kilmon, C.A., Brown, L., Ghosh, S., Mikitiuk, A. 2010. Immersive virtual reality simulations in nursing education. *Nurs Educ Perspect.* 31, 5, 314-7.

Kuntze, M. F.; Stoermer, R.; & Mager, R. (2001). Immersive virtual environments in cues exposure. *Cyberpsychology & Behavior.* Vol. 4, 497-501.

Lin, Q., Xu, Z., Li, B., Baucom, R., Poulouse, B., Landman, B.A., Bodenheimer, R.E. 2013. Immersive Virtual Reality for Visualization of Abdominal CT. *Proc SPIE.* 2013 Mar 28; 8673: doi: 10.1117/12.2008050.

Luna-Oliva, L., Ortiz-Gutiérrez, R.M., Cano-de la Cuerda, R., Piédrola, R.M., Alguacil-Diego, I.M., Sánchez-Camarero, C., Martínez Culebras, M.C. 2013. Kinect Xbox 360 as a therapeutic modality for children with cerebral palsy in a school environment: a preliminary study. *NeuroRehabilitation.* 33, 4, 513-21.

Manetta, C. y Blade, R. (1995). "Glossary of VR Terminology". *The International Journal of Virtual Reality.*

Manetta, C., Blade, R. 1995. Glossary of Virtual Reality Terminology. *Int J Virtual Real.* 1, 2, 35-39.

Milgram, Paul; H. Takemura; A. Utsumi; F. Kishino (1994). "Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum". Proceedings of Telem manipulator and Telepresence Technologies.

Mollica, M.T., Maunez, J. 2011. Realidad virtual y su aplicación en las aulas universitarias en los EEUU: Éxitos y fracasos. En: Actas Icono14, Nº 8, II Congreso Internacional Sociedad Digital. Espacios para la Interactividad y la Inmersión. Madrid: Revista ICONO14; 2011. p. 59-70.

Moro, S.B, Bisconti, S., Muthalib, M., Spezialetti, M., Cutini, S., Ferrari, M., Placidi, G., Quaresima, V. 2015. A semi-immersive virtual reality incremental swing balance task activates prefrontal cortex: a functional near-infrared spectroscopy study. *Neuroimage*, 85, 1, 451-60.

Moro, S.B., Carrieri, M., Avola, D., Brigadoi, S., Lancia, S., Petracca, A., Spezialetti, M., Ferrari, M., Placidi, G., Quaresima, V. 2016. A novel semi-immersive virtual reality visuo-motor task activates ventrolateral prefrontal cortex: a functional near-infrared spectroscopy study. *J Neural Eng*, 13, 3, 036002 (14pp). doi: 10.1088/1741-2560/13/3/036002.

Mosadeghi, S., Reid, M.W., Martinez, B., Rosen, B.T., Spiegel, B.M. 2016. Feasibility of an Immersive Virtual Reality Intervention for Hospitalized Patients: An Observational Cohort Study. *JMIR Ment Health*, 3, 2, pp. e28. doi: 10.2196/mental.5801.

Muhanna, M.A. 2015. Virtual reality and the CAVE: Taxonomy, interaction challenges and research directions. *Computer and Information Sciences*. 27, 344–361.

Nichols S. & Patel H. (2002). Health and safety implications of virtual reality: A review of empirical evidence. *Applied Ergonomics*, 33, 251-271.

Ordoñez, J.L., Quintero, C.D., Sarmiento, W.J., Cerón, A. 2011. Visión estereoscópica en sistemas de visualización inmersiva – Ejemplos prácticos. *ITECKNE*. 8, 1, 96-106.

Palés-Argullós JL, Gomar-Sancho C. (2010). El uso de las simulaciones en educación médica. *Teoría de la educación. Educación y Cultura de la Sociedad de Información*; 11: 147-69.

Pensieri, C., Pennacchini, M. 2014. Overview: Virtual Reality in Medicine. *J Virtual Worlds Res*. 7, 1, 1-34.

Real, F.J., DeBlasio, D., Beck, A.F., Ollberding, N.J., Davis, D., Cruse, B., Samaan, Z., McLinden, D., Klein, M.D. 2017. A Virtual Reality Curriculum for Pediatric Residents Decreases Rates of Influenza Vaccine Refusal. *Acad Pediatr*. 17, 4, 431-5.

Robison, R.A., Liu, C.Y., Apuzzo, M.L. 2011. Man, mind, and machine: the past and future of virtual reality simulation in neurologic surgery. *World Neurosurg*. 76, 5, 419-30.

Sankaranarayanan, G., Li, B., Manser, K., Jones, S.B., Jones, D.B., Schwaitzberg, S., Cao, CG., De, S. 2016. Face and construct validation of a next generation virtual reality (Gen2-VR) surgical simulator. *Surg Endosc*. 30, 3, 979-85.

Sankaranarayanan, G., Li, B., Manser, K., Jones, S.B., Jones, D.B., Schwaitzberg, S., Cao, C.G., De, S. 2016. Face and construct validation of a next generation virtual reality (Gen2-VR) surgical simulator. *Surg Endosc.* 30, 3, 979-85.

Sankaranarayanan, G., Li, B., Manser, K., Jones, SB., Jones, D.B., Schwaitzberg, S., Cao C.G. 2016. Face and construct validation of a next generation virtual reality (Gen2-VR) surgical simulator. *Surg Endosc*, 30, 3, 979-85.

Santos, L.; González, J.L.; Turiel, J.P.; Fraile, J.C.; de la Fuente, E. "Guante de datos sensorizado para uso en cirugía laparoscópica asistida por la mano (HALS)" ITAP - Instituto de las Tecnologías Avanzadas de la Producción, Universidad de Valladolid.

Saposnik, G., Cohen, L.G., Mamdani, M., Pooyania, S., Ploughman, M., Cheung, D., Shaw, J., Hall, J., Nord, P, Dukelow, S., Nilanont, Y., De Los Rios, F., Olmos, L., Levin, M., Teasell, R., Cohen, A., Thorpe, K., Laupacis, A. and Bayley, M. 2016. Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial. *Lancet Neurol*, 15, 10, 1019-27.

Semeraro, F., Frisoli, A., Bergamasco, M., Cerchiari, EL. 2009. Virtual reality enhanced mannequin (VREM) that is well received by resuscitation experts. *Resuscitation.* 80, 4, 489-92.

Silverstein, J.C., Walsh C., Dech, F., Olson, E., Parsad, N; Stevens R. 2008. Multi-parallel open technology to enable collaborative volume visualization: how to create global immersive virtual anatomy classrooms. *Stud Health Technol Inform.* 132, 463-8.

Silverstein, JC., Walsh, C., Dech, F., Olson, E., Papka, ME., Parsad, N., Stevens, R. 2007. Immersive virtual anatomy course using a cluster of volume visualization machines and passive stereo. *Stud Health Technol Inform.* 125, 439-44.

Sutherland, I. 1965. The Ultimate Display [Internet]. *Proceedings of IFIP Congress*, pp. 506-508.

Tsekleves, E., Paraskevopoulos, IT., Warland, A. and Kilbride, C. 2016. Development and preliminary evaluation of a novel low cost VR-based upper limb stroke rehabilitation platform using Wii technology. *Disabil Rehabil Assist Technol*, 11, 5, 413-22.

Valmaggia, L.R., Latif, L., Kempton, M.J., Rus-Calafell, M. 2016. Virtual reality in the psychological treatment for mental health problems: An systematic review of recent evidence. *Psychiatry Res.* 236, 189-95.

Wilkerson, W., Avstreich, D., Gruppen, L., Beier, K.P., Woolliscroft, J. 2008. Using immersive simulation for training first responders for mass casualty incidents. *Acad Emerg Med.* 15, 11, 1152-9.

Yang, Y., Guo, X., Yu, Z., Steiner, K.V., Barner, K.E., Bauer, T.L., Yu, J. 2014. An immersive surgery training system with live streaming capability. *Stud Health Technol Inform*, 196, 479-85.

Yang, Y., Guo. X., Yu. Z., Steiner, K.V., Barner, K.E., Bauer, T.L., Yu, J. 2014. An immersive surgery training system with live streaming capability. Stud Health Technol Inform. 196, 479-85.

Ziv A. (2009). Simulators and simulation-based medical education. In Dent JA, Harden RM, eds. A practical guide for medical teachers. Edinburgh: Churchill-Livingstone; pp. 217-22.

Zuffo, M. K. (2004). An X3D Browser for VR Immersive Simulation Based on Clusters of Commodity Computers. En: Web3D 2004 Symposium, Monterrey.



**EQUIPO DE TRABAJO**

**Coordinador:** *Prof. Dr. Juan A. Juanes Méndez* (jajm@usal.es)

NIF/Pasap.	Nombre y apellidos	E-mail
7835537N	Andrés FRAMIÑÁN DE MIGUEL (1)	frami@usal.es
7836109D	Jesús María GONÇALVES ESTELLA (2)	jgoncalves@usal.es
7808478-R	Fco. Javier CABRERO FRAILE (3)	cabrero@usal.es
7845986L	Juan Carlos PANIAGUA ESCUDERO (4)	paniagua@usal.es
24158646K	Marcelo JIMÉNEZ LÓPEZ (5)	mfjl@usal.es
7836109D	María José SÁNCHEZ LEDESMA (6)	mledesma@usal.es
72034570 L	Pablo RUISOTO PALOMERA (7)	ruisoto@usal.es
7825.063A	Manuel ASENSIO GÓMEZ (8)	mago59@usal.es
7785.759Y	Manuel RUBIO SÁNCHEZ (9)	mrsa@usal.es
7.781.667P	José M. RIESCO SANTOS (10)	jmrs@usal.es



Ha colaborado en este Proyecto Santiago González Izard, (doctorando del Programa “Formación en la Sociedad del Conocimiento”; siendo el tutor y director del doctorando, el coordinador del presente Proyecto, el Prof. Dr. D. Juan A. Juanes Méndez.

