

APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA PRÁCTICA DE LOS PROFESIONALES SANITARIOS: REVISIÓN DE LA LITERATURA

Trabajo fin de grado de las diferentes aplicaciones de realidad aumentada que están destinadas a los profesionales sanitarios. Se ha realizado una revisión narrativa de la literatura existente, recogiendo las aplicaciones en una tabla resumen y realizando una descripción de las mismas, para conocer el estado actual de la realidad aumentada y facilitar su difusión y acceso a la información.



Grado en enfermería
Curso académico 2015-2016
Convocatoria de defensa: Junio 2016
Universidad pública de navarra

Autor: Danel Jauregui

Directora: Leticia San Martín

Índice

RESUMEN	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 ¿Qué es la realidad aumentada?.....	3
1.2 La realidad virtual y la realidad aumentada	4
1.3 Tipos de dispositivos para utilizar con la realidad aumentada	5
1.4 Modo de funcionamiento de la realidad aumentada	7
1.5 Realidad aumentada y ciencias de la salud	8
2. OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo principal	10
2.2 Objetivos secundarios.....	10
3. METODOLOGÍA.....	10
3.1 Estrategia de búsqueda	10
3.2 Selección de los artículos	11
3.3 Extracción de datos y análisis.....	12
4. RESULTADOS.....	12
4.1 Aplicaciones destinadas a la formación de los profesionales.....	17
4.1.1 <i>Aplicaciones para la formación básica</i>	17
4.1.2 <i>Aplicaciones para la formación específica de los profesionales sanitarios.</i>	19
4.1.3 Aplicaciones informativas.....	20
4.2 Aplicaciones para la práctica clínica de los profesionales	21
4.2.1 <i>Aplicaciones que permiten ver el interior del cuerpo</i>	21
4.2.1 <i>Aplicaciones que ofrecen información.</i>	23
5. DISCUSIÓN.....	24
6. CONCLUSIONES.....	30
7. BIBLIOGRAFÍA	31

Índice de Ilustraciones y tablas

Ilustración 1: Realidad aumentada en las retransmisiones de natación.	3
Ilustración 2: Marcador de realidad aumentada con su figura.	6
Ilustración 3: A la izquierda un código bidi un código QR a su derecha.....	7
Ilustración 4: Proceso de selección de artículos	13
Ilustración 5: Aplicaciones para la formación básica de los profesionales sanitarios.	17
Ilustración 6: Aplicaciones para la formación específica de los profesionales sanitarios. ..	19
Ilustración 7: Aplicaciones informativas.....	21
Ilustración 8: Aplicaciones que muestran el interior del cuerpo.....	22
Ilustración 9: Aplicación que hace uso del dispositivo "google glass®"... ..	24
Tabla 1: Términos de búsqueda	11
Tabla 2: Artículos a los que no se ha conseguido acceso completo	11
Tabla 3: Resumen de la información extraída de los artículos parte 1	14
Tabla 3: Resumen de la información extraída de los artículos parte 2	15
Tabla 3: Resumen de la información extraída de los artículos parte 3	16

RESUMEN

Introducción: La realidad aumentada es una tecnología que nos permite aumentar la realidad, mediante la superposición de imágenes o información generada por ordenador. Se trata de una tecnología, aunque prometedora poco, conocida en el ámbito de la salud. Por ello, el objetivo de este trabajo es describir las aplicaciones y prototipos, basadas en la realidad aumentada que hayan sido desarrollados para ser usados por profesionales sanitarios. **Metodología:** Se ha llevado a cabo una revisión narrativa con metodología sistemática. Se ha hecho uso de las principales bases de datos para la publicación de estos artículos: PUBMED, ESCOPUS Y IEEE. Se han utilizado diferentes términos de búsqueda combinados con los operadores booleanos de manera que se consigan el máximo de resultados. **Resultados:** Se han encontrado 18 aplicaciones las cuales se han dividido en dos categorías diferentes dependiendo de su función. **Discusión:** Las aplicaciones encontradas ofrecen una gran variedad de funciones ya que por un lado permiten obtener profesionales sanitarios con mayores conocimientos mejores habilidades y por otro disminuir complicaciones y mejorar la salud de la población.

Palabras clave: Realidad Aumentada, salud, profesionales sanitarios, aplicaciones, tecnología.

ABSTRACT

Introduction: Augmented reality is a technology that allows us to augment reality by overlaying computer generated images or information, thus improving the perception of the environment. Augmented reality is a young technology booming, but in the field of health, remains an unknown. This technology is not being used and in consequence there is no much bibliography. Therefore, it is intended to carry out a narrative review in order to collect the existing applications. **Methodology:** It has conducted a narrative review with systematic methodology. It has been taken of the major databases for the publication of these articles: PUBMED, Scopus and IEEE. We used different search terms with Boolean operators combined so that maximum results are achieved. **Results:** 18 applications where found which have been divided into two different categories depending on their function for further analysis. The information of the applications has been summarized in a table. **Discussion:** Applications found offer a wide variety of possible uses that on one hand allow to obtain health professionals with higher skills and better knowledge and on the other hand aims to reduce complications and improve the health of the population. However, augmented reality needs to be known the field of health for further development.

Keywords: Augmented reality, health, applications, apps, technology

*“La realidad no es otra cosa que la capacidad que
tienen de engañarse nuestros sentidos.”*

Albert Einstein

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ¿Qué es la realidad aumentada?

Según Carmigniani (2011), la realidad aumentada o AR (del inglés “augmented reality”), “es una visión directa o indirecta, en tiempo real, del entorno físico que ha sido combinada o aumentada, añadiendo información virtual generada por ordenador” (traducción libre). Dicho de otra manera, la realidad aumentada consiste en superponer imágenes o información sobre la realidad que estamos observando, aumentando así la información que el entorno ofrece.

En un mundo en el que los avances tecnológicos suceden a una velocidad vertiginosa, la realidad aumentada es, a día de hoy, una gran desconocida ya que, para muchos, los avances acontecidos en este campo han pasado desapercibidos. Esto puede ser debido a que la realidad aumentada, es aun relativamente joven, a pesar de que sus comienzos se remontan a los años 50. La realidad aumentada apareció por primera vez cuando Morton Heilig, director de fotografía, pensó que el cine debería tener la capacidad de llevar al espectador al interior de la pantalla mediante la estimulación de todos los sentidos.

Como ya hemos mencionado, la realidad aumentada hace referencia a una visión del mundo real, cuyos elementos son combinados con imágenes o información generadas por ordenador, creando así “una realidad mixta” (Fuhr, 2011). Por lo tanto, es la

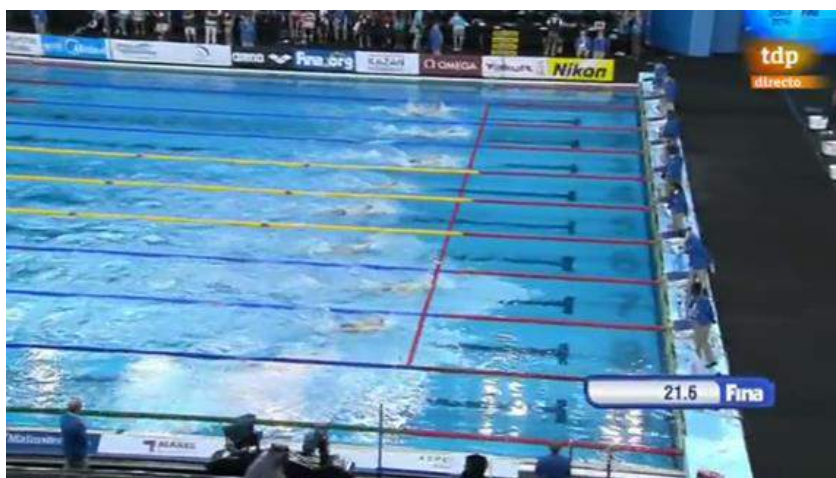


Ilustración 1: Realidad aumentada en las retransmisiones de natación.

Fuente: Teledeporte.

combinación entre objetos reales y virtuales lo que caracteriza la realidad aumentada. Es justo es combinación lo que permite a esta tecnología abrir un campo enorme de posibles aplicaciones, siendo esta versatilidad lo que la convierte en algo tan especial e innovador.

Esta combinación de objetos reales con virtuales no solo ofrece posibilidades en entornos específicos de alta tecnología, sino que también permite aplicaciones más sencillas que hoy día se utilizan en entornos cotidianos como videoconsolas con cámara o incluso la televisión en directo. Es en estos entornos más cercanos a nosotros donde se puede

mostrar de una forma simple, pura y básica, el concepto de realidad aumentada y su aplicabilidad.

Uno de los usos de la realidad aumentada que puede encontrarse más cercano a los usuarios no especializados, puede ser por ejemplo, la utilizada en las retransmisiones en directo de las competiciones de natación. En estas competiciones, la cámara está grabando y retransmitiendo la competición de natación a tiempo real y en las retransmisiones en directo, la edición de vídeo no es posible por lo que hacen uso de la realidad aumentada.

Sobre las imágenes en tiempo real, un software añade información virtual superpuesta a la imagen en tiempo real, como por ejemplo una línea que marca la posición del primer nadador como puede verse en la ilustración 1. Esta línea no es una línea estática dibujada, sino que se va desplazando a la vez que la cámara detecta que el nadador se desplaza y dibuja la línea en su posición de forma precisa.

Esto es un pequeño ejemplo de la polivalencia de esta tecnología ya que es relativamente simple, e incluso puede pasar desapercibido como ocurre en este caso, aplicado para un uso más sencillo que fácilmente puede confundirse con una simple superposición de otra imagen.

Es también importante tener en cuenta que la realidad aumentada no solo debe limitarse al sentido de la vista, sino que puede ser aplicada a todos los sentidos. Sin embargo, actualmente tiene un mayor desarrollo la realidad aumentada que se centra principalmente al sentido de la visión. Nuestra percepción de la realidad se centra sobre todo en el sentido de la vista, por lo que en cierto modo, es comprensible que el desarrollo de la realidad aumentada se centre sobre todo en el aspecto visual.

1.2 La realidad virtual y la realidad aumentada

Hasta ahora, la realidad virtual ha ido evolucionando y avanzando por un camino separado, de forma independiente, dentro de un mundo con una gran tendencia a mostrar los datos, imágenes, videos, etc., en un formato virtual. Esta tendencia a representar el mundo real de forma virtual, ha generado la necesidad de desarrollar un software y hardware cada vez más sofisticados, que permitan transportar la realidad, al mundo virtual. Como muestra, tenemos el enorme realismo alcanzado por los videojuegos actuales, que en poco se diferencian de una película (Heras & Villareal 2004).

Sin embargo, con la realidad aumentada, el objetivo que se busca es justamente lo contrario: representar información virtual, en la realidad. En otras palabras la realidad aumentada es una tecnología que ha avanzado, por así decirlo, a contracorriente, en comparación a la línea que sigue el resto de tecnologías, siendo ésta una de las principales causas del desconocimiento que existe acerca de esta tecnología. En efecto, el hecho de que la realidad aumentada siga un camino diferente, a la tendencia tecnológica actual, ha dificultado el conocimiento, el seguimiento y comprensión de esta tecnología por parte no solo de la población no especializada sino también de usuarios más especializados. La realidad aumentada ha sido eclipsada por el rumbo que han tomado el resto de tecnologías ya afincadas en la sociedad. Sin embargo, cabe mencionar en este sentido, que aunque la realidad aumentada avance en sentido opuesto al resto de

tecnologías en lo que se refiere al objetivo perseguido, es perfectamente compatible con ellas y puede ser complementaria en muchos aspectos.

Por lo tanto, la realidad aumentada es una nueva tecnología, que lucha por abrirse camino, pudiendo compararse a un pequeño comerciante que lucha contra las grandes empresas. Éstas, ya se encuentran afianzadas en la sociedad, por lo que los avances que logran tienen una mayor difusión y repercusión entre el público. Con la realidad aumentada ocurre lo contrario. En primer lugar, como ya se hemos mencionado, su avance persigue un objetivo diferente, por lo que lograr que el público cambie de dirección y se dirija hacia algo nuevo y desconocido, es muy difícil de conseguir.

1.3 Tipos de dispositivos para utilizar con la realidad aumentada

Como siempre se ha dicho “la necesidad agudiza el ingenio” y es esta frase la que da vida a los avances tecnológicos en general y a éste en particular. La realidad aumentada, cubre una necesidad, ya que permite mejorar la percepción y la interacción con el mundo real, superponiendo objetos virtuales a una realidad, que por limitaciones del entorno o por mera comodidad, no podrían darse de otra forma. Dicho de otro modo, la realidad aumentada simplifica la vida del usuario ofreciendo información virtual, no solo de sus alrededores, sino también de cualquier visión indirecta del mundo real (Carmigniani & Fuhr, 2011).

Lo más interesante de la realidad aumentada es que esta información llega al usuario de una forma sencilla y lo más natural posible, sin que el usuario deba hacer nada para acceder a ellas; sin distracciones y sin interrumpir, o incluso facilitando la realización de cualquier actividad, para la cual sea necesaria dicha ampliación de la realidad.

La innovación que ofrece la realidad aumentada no solo trata sobre la información a tiempo real sino también sobre la forma en la que esa información llega al usuario. Hay que enfatizar en que la información llega al usuario sin que este deba buscarlo, ya que su objetivo es facilitar el acceso a la información, sin que haya que interrumpir la actividad para la cual se necesita la información. Por lo tanto, la realidad aumentada debe ofrecer la posibilidad de interactuar con la realidad de la forma más natural posible. Si esta interacción no es natural o cómoda, los ámbitos de uso de esta tecnología se verían limitados (Hugues, Fuchs & Nannipieri, 2011).

Para buscar esta interacción natural y/o cómoda, actualmente podemos encontrar diferentes tipos de dispositivos que se distribuyen en cinco categorías: sistemas exteriores fijos, sistemas interiores fijos, sistemas exteriores móviles, sistemas interiores móviles y sistemas móviles de interior y exterior. De estos posibles dispositivos, el que actualmente muestra un mayor desarrollo es el sistema móvil (tanto de interior, como de exterior), por el simple hecho de permitir llegar a un mayor número de usuarios. Es decir, donde existe una mayor demanda por parte del usuario medio no especializado y donde pueda obtenerse una rentabilidad.

En la realidad aumentada, existen innumerables tipos de dispositivos, ya que la mayoría se diseña y construye de acuerdo a unas necesidades específicas. Sin embargo, Carmigniani y Fuhr (2011) hacen referencia a tres tipos principales de dispositivos: 1) pantallas montadas sobre la cabeza o HMD (del inglés Head Mounted Display), 2) pantallas portátiles y 3) pantallas espaciales. Las dos primeras hacen referencia a sistemas

móviles de interior y de interior/ exterior, respectivamente. Las pantallas espaciales, por el contrario son sistemas fijos de interior.

Actualmente, el dispositivo que más expectativas suscita son las pantallas montadas sobre la cabeza, ya que permiten al usuario disponer de las manos libres mientras puede realizar actividades y ver de forma superpuesta información o imágenes. Este dispositivo, a pesar de ser el que mejor se alinea con los principios de la realidad aumentada, es un dispositivo más restrictivo y económicamente más caro, lo que hace que su uso este limitado a ámbitos muy concretos y a usuarios especializados.

Por su lado, las pantallas portátiles son los dispositivos más utilizados, por la sencilla razón de que son las más fáciles de utilizar y ofrecen una versatilidad muy amplia. Además, la verdadera razón de su extendido uso es debido a que la gran mayoría de las personas dispone de un teléfono móvil o Smartphone. Los teléfonos móviles actuales tienen todo lo necesario para poder funcionar con realidad aumentada. No necesitan nada más que una aplicación específica para ello y actualmente, esto puede lograrse de



Ilustración 2: Marcador de realidad aumentada con su figura.

Fuente: multiClass

forma sencilla a través del propio Smartphone. En el mercado de las aplicaciones para móviles existe gran número de aplicaciones de realidad aumentada para el entretenimiento y especialmente centradas en los videojuegos, aunque éste no es el único ámbito.

En lo que se refiere a las pantallas espaciales hacen uso de una cámara para poder obtener las imágenes y una pantalla de dimensiones medias/grandes o incluso de un proyector. Este dispositivo funciona a modo de espejo, permitiendo al usuario verse en la pantalla y sobre esa imagen, ver otras imágenes superpuestas. En el caso de los proyectores, en lugar de verse uno a sí mismo como si fuera un espejo la imagen se proyecta directamente sobre el usuario. A pesar de que las pantallas espaciales sean sistemas fijos de interior y puedan parecer menos útiles no ha evitado que lleguen al público en general. Concretamente, para la industria de los videojuegos y de los televisores con cámara integrada, que en la última década han tenido un gran auge, la realidad aumentada ha sido uno de los principales promotores de este despegue.

Como ejemplo de estos diferentes tipos de dispositivos que se han descrito anteriormente, se pueden encontrar diferentes tipos, tanto en sistemas móviles como en los fijos, que hacen uso de la realidad aumentada para el público general: las “google glass®” como ejemplo de las HMD, las consolas de videojuegos con cámara “kinect©” como ejemplo de pantallas espaciales, o Smartphones, que permiten la utilización de la realidad aumentada a juegos y otro tipo de aplicaciones como ejemplo de pantallas portátiles.

1.4 Modo de funcionamiento de la realidad aumentada

Como ya hemos comentado, la realidad aumentada funciona generando objetos virtuales desde el mismo punto de vista del cual se toman las imágenes, complementando la visión directa. Para ello, la aplicación de la realidad aumentada emplea dos fases de acción diferentes: 1) fase de rastreo y 2) fase de reconstrucción de las imágenes. Esto quiere decir que, en primer lugar, la cámara del dispositivo debe ser capaz de detectar e identificar lo que ve, para después procesarlo y ofrecer información o imágenes (reconstrucción) en función de lo que tenga delante. Para ello, puede servirse no solo de la imagen por cámara, sino también de otro tipo de sistemas como sensores ópticos, GPS, acelerómetros, etc.

Actualmente se hace uso de más de un sistema, usando métodos combinados de rastreo, los más habituales son el uso de la cámara, acelerómetros y GPS, lo que permite ofrecer una mayor precisión. Éstos son los elementos más comunes en los dispositivos de pantallas móviles, pero en los dispositivos más avanzados, los sensores ópticos o los marcadores electromagnéticos son también utilizados para lograr una mayor precisión (Halic, Kockara, Bayrak & Rowe, 2010).

Cuando la identificación del objeto se realiza mediante una cámara, es muy común que ésta haga uso de lo que se denominan “marcadores”. Estos marcadores contienen información y cuando son detectados por la cámara, ésta los identifica, los lee y crea la imagen o muestra la información que contenga el marcador (Ilustración 2).

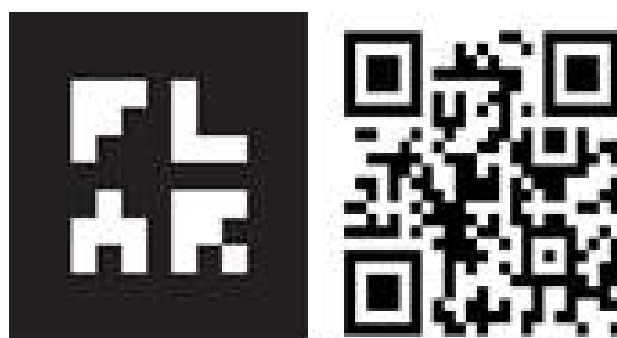


Ilustración 3: A la izquierda un código bidi y a su derecha un código QR

Fuente: PCactual

Los marcadores que se utilizan son similares a los códigos QR, que son más conocidos. Sin embargo, a pesar de ser similares, no tienen el mismo fin. Las diferencias entre ambos códigos pueden verse en la ilustración 3.

Los códigos QR contienen información codificada y pueden ser leídos por cualquier lector QR, mientras que los marcadores de la realidad aumentada, también llamados códigos bidi, son específicos de cada aplicación.

Como ejemplo de las dos fases de acción de la realidad aumentada, tenemos las aplicaciones móviles que crean imágenes a partir de códigos bidi. En la primera fase de rastreo, la cámara identifica el código y lee su contenido. En la segunda fase, la aplicación transforma la información extraída del código en una imagen, que superpone sobre la imagen original, creando la ilusión de que la imagen está sobre el código tal y como se ve en la ilustración 2.

1.5 Realidad aumentada y ciencias de la salud

Como ya hemos dicho anteriormente, existen innumerables aplicaciones para la realidad aumentada. Todas estas aplicaciones, desde la más sencilla hasta la más vanguardista ofrecen soluciones innovadoras para la forma actual en la que nos relacionamos y en la que comprendemos el mundo que nos rodea. Según Carmigniani y Fuht (2011), estas posibles aplicaciones de la realidad aumentada se pueden clasificar en cuatro grupos: publicidad, entretenimiento y educación, medicina y aplicaciones para Smartphone.

Tal vez sea la aplicación en medicina la que más expectativas pueda suscitar. La realidad aumentada en este campo puede convertirse en una herramienta asistencial que puede proveer información que permita una mejor comprensión o visión para así optimizar las actividades clínicas, disminuir los riesgos y lo que es más importante, abrir espacio a nuevas técnicas y posibilidades para los diferentes profesionales sanitarios.

Puede llegar a suponer una reducción de tiempo en las cirugías y revolucionar las pruebas diagnósticas de imagen ofreciendo información en tiempo real. Sin embargo, no hay que centrarse solo en la práctica profesional del médico, ya que su uso está abierto a todos los profesionales sanitarios e incluso a los pacientes, que pueden utilizar esta tecnología, por ejemplo, para tratar las fobias (Carmigniani & Fuht 2011).

En el ámbito sanitario, la formación de los profesionales es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta. Un profesional bien formado realizará una mejor labor clínico-asistencial, disminuyendo riesgos, mejorando la salud y la satisfacción de la población. Por ello, la realidad aumentada se muestra como una posibilidad muy interesante en este ámbito, ya que la creación de una realidad mixta, abre las puertas a la realización de técnicas más precisas y con un menor número de complicaciones y un aprendizaje más práctico entre otras.

Sin embargo, no es oro todo lo que reluce ya que, los problemas de confidencialidad, sobre todo en el ámbito médico, suponen un gran conflicto ético ya que habría que limitar la información y el uso que se le pueda dar a dicha información. Según Wassom (2014), este es un aspecto extremadamente importante ya que al hacer uso de cámaras la realidad aumentada recopila mucha información. Por lo tanto esta información recopilada y la información a la que se tienen acceso mediante los dispositivos de realidad aumentada, debe regularse de forma responsable del mismo modo que se hace con las historias clínicas de los pacientes.

A día de hoy, la realidad aumentada, de una forma silenciosa y casi invisible, ha llegado al usuario medio a través de aplicaciones para móviles y consolas de videojuego. En este

sentido, ha seguido un camino de desarrollo mediante el que puede obtener un beneficio económico ya, que como se ha mencionado anteriormente, la rentabilidad de una tecnología es la que indica su dirección. Si una tecnología no resulta rentable, las investigaciones en ese ámbito se reducen, disminuyendo las aportaciones y los avances.

Es por ello que la realidad aumentada se ha centrado en un sector en donde los usuarios esperan adelantos para el ocio y el entretenimiento, donde no necesitan de conocimientos específicos y donde pueda ser altamente accesible. A esto se le suma el hecho de que en el ámbito sanitario, los usuarios son más exigentes, y en ocasiones, reacios a probar nuevas tecnologías y donde adentrarse en una nueva tecnología, supone una gran inversión económica.

Por ello, la aplicación de la realidad aumentada en el ámbito sanitario es una práctica muy poco habitual, lo que dificulta su difusión y favorece su desconocimiento. Mientras el potencial de la realidad aumentada se desaprovecha en el ámbito del ocio y el entretenimiento, la realidad aumentada es aún un completo desconocido en el ámbito sanitario, donde tiene un gran potencial y posibles beneficios, no solo para el profesional sino también para los pacientes.

Esta falta de conocimiento y aplicación de la realidad aumentada en el ámbito sanitario, propicia que exista muy poca producción científica, que unido a la dificultad de acceso a esta literatura, ha generado que su uso se haya visto limitado. La baja producción científica relacionada con esta temática es si cabe, mucho más acentuada en nuestro país, al igual que el grado de conocimiento que existe acerca de esta tecnología entre los profesionales sanitarios.

Por lo tanto, para tratar de dar a conocer la realidad amentada y facilitar el acceso y difusión en el ámbito de lo los profesionales sanitarios, se pretende llevar a cabo una revisión de la literatura para dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Qué aplicaciones existen basadas en la realidad aumentada y destinadas a ser utilizadas en la actividad del profesional sanitario?

Nos ha parecido importante realizar una revisión bibliográfica en este campo, por dos motivos. En primer lugar, porque como ya hemos mencionado, se trata de una tecnología que se encuentra en auge y el desconocimiento que existe acerca de la realidad aumentada dificulta su avance y su desarrollo. En segundo lugar, porque pretendemos facilitar el conocimiento de esta tecnología a los profesionales sanitarios, con el objetivo de que puedan beneficiarse de ella; beneficio que consigue en último término el paciente, ya que bien sea para la formación del profesional o para su práctica clínica, la aplicación de la realidad aumentada en este campo persigue como objetivo último la mejora de la salud del paciente.

Además, es también importante mencionar el hecho de que no hemos encontrado ninguna revisión similar publicada en la literatura internacional.

Por lo tanto esta revisión cubre una necesidad, crear un nuevo punto de partida en el uso de la realidad aumentada, dando a conocer las aplicaciones de realidad aumentada relacionados con la salud y destinadas al uso de los profesionales sanitarios que existen en la actualidad. Esta revisión pretende reunir la información existente sobre las aplicaciones de la realidad aumentada y facilitar su entrada a este ámbito, para que tanto

los profesionales como los usuarios puedan beneficiarse de esta nueva tecnología llena de posibilidades, ya que a pesar de que el usuario de la tecnología sea el profesional sanitario el verdadero beneficio lo obtiene el paciente. Sea cual sea el ámbito sanitario en el que se use la realidad aumentada, ya sea para la formación o para la práctica clínica todos ellos logran el mismo fin que es mejorar la salud.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo principal

El objetivo principal de este trabajo es describir todas las aplicaciones y prototipos, basadas en la tecnología de la realidad aumentada, que han sido desarrollados para ser utilizados por los profesionales sanitarios.

2.2 Objetivos secundarios

Como objetivos secundarios, este trabajo persigue:

- Determinar las principales funcionalidades de las aplicaciones identificadas.
- Presentar una clasificación que reagrupe dichas aplicaciones en función de una serie características comunes.
- Reflexionar sobre futuras aplicaciones de realidad aumentada en el ámbito de la actividad profesional sanitaria.

3. METODOLOGÍA

Para responder al objetivo del estudio, se ha llevado a cabo una revisión narrativa con metodología sistemática. En primer lugar, se presentará la estrategia de búsqueda sistemática realizada. Posteriormente, se describirá el procedimiento llevado a cabo para la selección de los artículos. Por último, se explicará la manera en la que se ha realizado la extracción de los datos de cada artículo y su posterior análisis.

3.1 Estrategia de búsqueda

Para la realización de la revisión se ha utilizado una estrategia de búsqueda que ha hecho uso de las principales bases de datos para la publicación de artículos que presentan la aplicación de nuevas tecnologías en el contexto sanitario: PUBMED, ESCOPUS e IEEE. También se han realizado búsquedas en otro tipo de fuentes documentales como el catálogo de libros de la universidad y trabajos académicos.

Los términos de búsqueda utilizados han sido: “augmented reality”, “mixed reality”, “AR”, “health”, “medical”, “medicine”, “nurs*”, “applications”, “apps”. Estos términos han sido combinados con los operadores booleanos “OR” y “AND” de la forma en la que se han obtenido los mejores resultados, tal y como aparece en la Tabla 1. Como se puede ver, el término “nurs*” ha sido además truncado, con el objetivo de obtener todos aquellos términos relacionados.

<ol style="list-style-type: none"> 1. Augmented reality OR mixed reality 2. App OR application 3. Health or medical OR nurse* OR medicine 4. 1 AND 2 AND 3
<ol style="list-style-type: none"> 1. Augmented reality OR mixed reality OR AR 2. App OR application 3. Health OR medical OR nurse* OR medicine 4. 1 AND 2 AND 3

Tabla 1: Términos de búsqueda

Los límites de búsqueda utilizados han sido idiomáticos. Concretamente se ha limitado la búsqueda al inglés y al español. El resto de idiomas se han desestimado por falta de dominio de los mismos y debido a que el inglés es el idioma principal de los artículos relacionados con la aplicación de nuevas tecnologías en el contexto sanitario.

No se ha utilizado ningún límite temporal debido a que se trata de una tecnología muy reciente y consecuentemente, la mayor parte de la bibliografía existente es de los últimos años.

3.2 Selección de los artículos

Para incluir o excluir un artículo, se ha realizado en un primer lugar, una lectura de los títulos y resúmenes de los mismos. Tras la lectura de los títulos y resúmenes si el resumen del artículo ha parecido ser relevante o si ha sido insuficiente para realizar una valoración sobre el interés del artículo, se ha procedido a una lectura del texto completo. Aquellos artículos a los que no se ha conseguido acceso al texto completo, han sido excluidos. Concretamente, se trata de cinco artículos, publicados en la revista “Studies in Health Technology and Informatics” a la que no se ha tenido acceso por ninguno de los múltiples medios utilizados. Estos artículos, se presentan en la tabla 2.

Título	Autor	Año
The virtual retinal display: A new technology for virtual reality and augmented vision in medicine	Virre, Pryor, Nagata, Furness	1998
Using mixed reality, force feedback and tactile augmentation to improve the realism of medical simulation	Fisher, Porter	2002
Medarpa-a medical augmented reality system for minimal-invasive interventions	Schnaider, Schwald, Seibert, Weller	2003
Intraoperative visualization of surgical planning data using video projectors	Hope, Däuber, Raczkowski, et al.	2001
Low end interactive image-directed neurosurgery: Update on rudimentary augmented reality used in epilepsy surgery	Doyle	1996

Tabla 2: Artículos a los que no se ha conseguido acceso completo

Tras un análisis del texto completo, aquellos que hacen referencia a aplicaciones de realidad aumentada destinadas a los profesionales sanitarios, han sido incluidos. Se han excluido, aquellos artículos que hablan de la realidad aumentada desde un punto de vista teórico, sin hacer referencia a aplicaciones concretas, así como aquellos artículos que no estén relacionadas con el ámbito sanitario. Los artículos que hacen referencia a dispositivos de realidad aumentada que no tengan una aplicación concreta han sido excluidos.

También han sido excluidos, artículos en los que se habla de aplicaciones de realidad aumentada que, estando relacionadas con el ámbito de la salud, están dirigidas a pacientes y no a profesionales sanitarios.

3.3 Extracción de datos y análisis

De la lectura de los textos que presentaban aplicaciones y prototipos que hacen uso de la realidad aumentada y que estén destinadas a ser usados por los profesionales sanitarios, se ha extraído la información relevante para su posterior análisis.

Concretamente, se ha extraído información concerniente al año de publicación del artículo, el autor o autores y /o la institución implicados en el desarrollo de la aplicación, las características principales de la aplicación y su función concreta, según lo que se describía en el artículo.

El resumen de la información extraída de los artículos analizados se muestra en la Tabla 3.

4. RESULTADOS

Tras realizar la búsqueda en las principales bases de datos para la publicación de artículos que presentan la aplicación de nuevas tecnologías en el contexto sanitario y el resto de fuentes, se han encontrado un total de 767 artículos.

De los 767 artículos obtenidos inicialmente, han excluido un total de 646 artículos tras la lectura del título y resumen, teniendo en cuenta los aspectos que han sido mencionados en el apartado de selección de artículos, reduciendo así el número de artículos a 125.

Posteriormente, se ha procedido a la eliminación de los artículos duplicados, ya que la mayoría de los artículos seleccionados se encontraban indexados en más de una base de datos, reduciendo el número de artículos a un total de 50. Tras la lectura completa de los textos de estos 50 artículos, 32 de ellos han sido descartados, alcanzando un total de 18 artículos relevantes, tal y como se muestra en la ilustración 4.

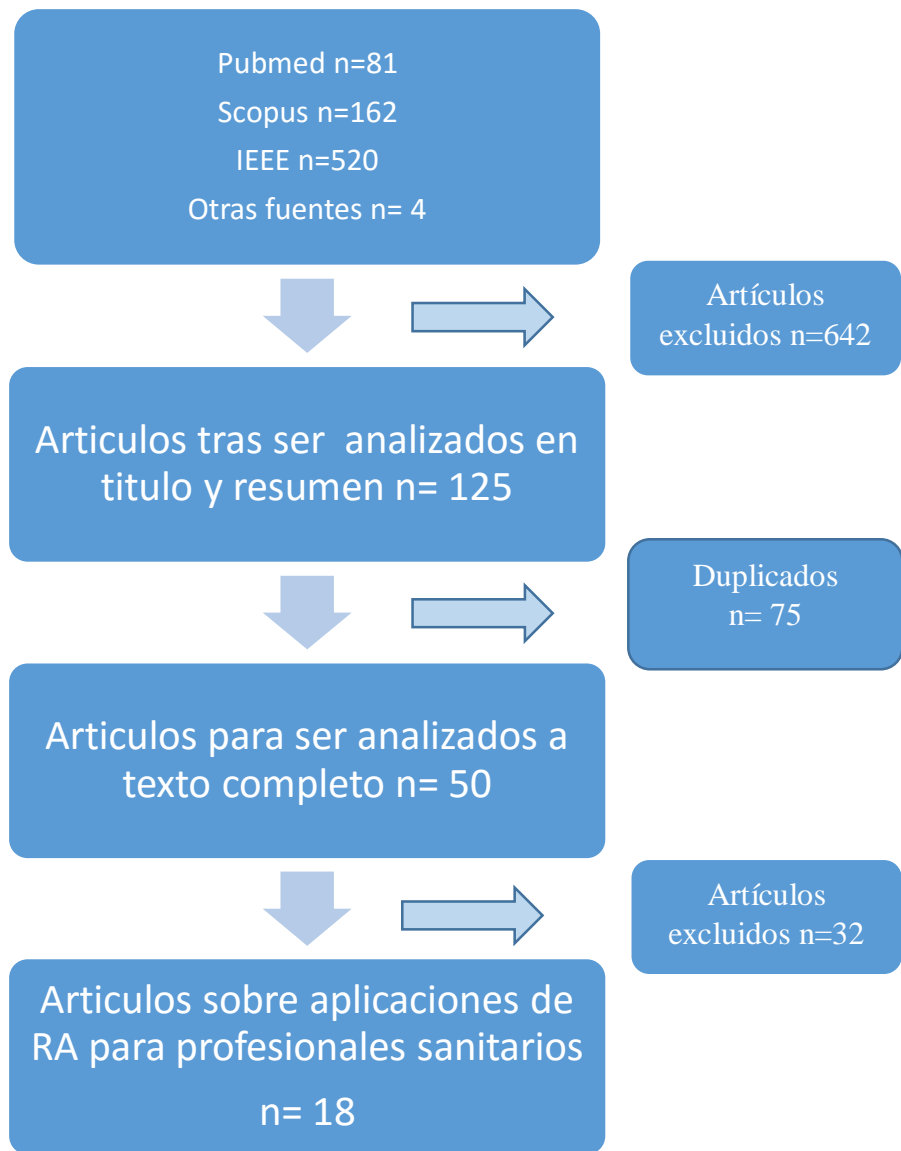


Ilustración 4: Proceso de selección de artículos

A continuación, en la Tabla 3 se presentan a modo de resumen las principales características de las aplicaciones a las que hacen referencia estos 18 artículos seleccionados.

Aplicación	Año	Autor	Institución	Función y características
Visualizing the brain on a mixed reality smartphone application	2015	Soeiro, Claudio, Carmo, et al.	Universidad de Lisboa	Representa el cerebro del paciente semisuperpuesto sobre su cráneo, permitiendo al médico conocer la localización exacta de las áreas cerebrales, haciendo uso de marcas de referencia similares a los códigos QR.
Armbone©	2007	Damon Hernández	-----	Se trata de una aplicación móvil que muestra los huesos de la mano y del brazo superpuestas sobre el brazo con información adicional para facilitar así el aprendizaje.
Miracle©	2012	Blum, Kleeberger, Bichlmeier, et al.	Universidad de Munchen, Munich	Como si de un espejo se tratara la aplicación muestra en la pantalla de forma superpuesta sobre el cuerpo los diferentes órganos de la zona que enfoque, para ello hace uso de marcadores sobre una camiseta.
Antibiotic drugbox AR scanner	2014	Nifakos, Tomson & Zary	Instituto Karolinska de Stockholm, Sweden	Es una aplicación que escanea las cajas de antibióticos para así ofrecer información sobre ellas y está destinada a la educación en la prescripción de antibióticos.
An interactive guide for untrained people in performing an ECG test	2014	Bifulco, Narducci, Vertucci, et al.	Departamento de ingeniería eléctrica tecnología, Universidad de Nápoles, Italia	La aplicación guía al usuario a realizar un ECG, mediante superposición de indicaciones sobre el cuerpo del paciente. Para ello usa marcadores similares a los códigos QR.
Image Guidance of Neurosurgical Interventions	2014	Kramers, Armstrong, Bakhshmand, et al.	Universidad de Western Ontario	La aplicación muestra el interior del cráneo del paciente sobreimpuesta, para las intervenciones quirúrgicas. Para ello hace uso de un dispositivo con forma de gafas que se coloca el paciente y hace la función del marcador.
Augmented Reality Tool for the Locative Visualisation of Biomedical Knowledge	2013	Kilby , Gray , Elliott et al.	Universidad Melbourne, VIC, Australia	Se trata de una aplicación para Smartphone y Tablet que muestra información y conocimientos médicos de los lugares a los que se enfoca a través de la cámara.

Tabla 3: Resumen de la información extraída de los artículos parte 1.

Aplicación	Año	Autor	Institución	Función y características
mARble	2013	Albrechta, Nolla, Von Jan.	Insitituto para Med. Informaticas, Colegio médico de Hannover,	Es una aplicación para Smartphone que muestra todo tipo de heridas y lesiones superpuestas sobre la imagen a la que se enfoca, funciona con marcadores parecidos a los QR. Enfocado sobre todo a la medicina forense, pero también a la educación de cualquier profesional sanitario.
Markerless augmented reality and its application in forensic medicine	2014	Kilgus, Heim, Haase, et al.	German Cancer Research Center	Esta aplicación hace uso de la tomografía computerizada para obtener información y después muestra esta información sobreimpuesta sobre el cuerpo al cual se está enfocando en una pantalla. Permitiendo ver el interior del cuerpo sin necesidad de realizar incisiones.
Aurasma©	2013	Atherton, Javed, Webster, et al.	-----	Es una aplicación gratuita para Smartphone que permite a través de un marcador ver información e imágenes en la pantalla de nuestro dispositivo, pensada para presentar los posters.
Learning and interpretation of cardiologic data.	2010	Lamounier, Bucioli, Cardoso, et al.	Gobierno de Brazsil	La aplicación tiene la función de ver e interpretar información cardiológica que puede configurarse, para así ayudar a los estudiantes en el aprendizaje. Utiliza marcadores que se adhieren a la camiseta y tras enfocarlo con la cámara mostrara la información en la pantalla.
Mixed reality simulation of rasping procedure in artificial cervical disc replacement (ACDR) surge	2010	Halic, Kockara, Bayrak, et al.	Universidad de Arkansas	Se trata de una herramienta de aprendizaje simulando una cirugía cervical. Hace uso de diferentes cámaras colocadas en diferentes puntos y marcadores colocados en las herramientas y en los discos simulados. El profesional puede ver el resultado a través del objetivo.

Tabla 3: Resumen de la información extraída de los artículos parte 2.

Aplicación	Año	Autor	Institución	Función y características
A 3-D Mixed-Reality System for Stereoscopic Visualization of Medical Dataset	2009	Ferrari, Megali, Troia, et al.	Universidad de Pisa (Italia)	Se trata de un dispositivo a modo de gafas, permite ver de forma superpuesta los órganos del paciente sobre la piel, mejorando la precisión de la cirugía. Para ello hace uso de marcadores sobre la piel y de otras pruebas de imagen previas.
Augmented reality visualization for abdominal laparoscopic Surgery	2005	Konishi, Hashizume, Nakamoto, et al.	-----	Hace uso de imágenes por tomografía computerizada y de ecografías para obtener información y después mostrarla sobreimpuesta sobre la imagen. Hace uso de marcadores electromagnéticos para conocer el lugar en el que se encuentran las herramientas.
Glass-mediated augmented-reality response to a sudden crisis	2015	Carenzo, Lorenzo Barra, Ingrassia, et al.	Universidad del Piemonte Orientale, Novara, Italia	La aplicación hace uso de las Google glass®, el usuario lleva consigo códigos QR y en cuanto necesita información solo debe mirar hacia el código y este le dará toda la información necesaria, manteniendo las manos libres para ejecutar cualquier técnica.
A heads-up display for diabetic limb salvage surgery: a view through the google looking glass	2014	Armstrong, Rankin, Giovinco, et al.	Universidad Arizona	La aplicación hace uso de las Google Glass®, con estas gafas, el profesional que las opera puede estar en contacto con otros profesionales y mandar las imágenes a tiempo real mientras que estos le puedan dar indicaciones, superponiéndolas sobre la imagen que está viendo.
A software platform to guide doctors and nurses with ultrasound scanning	2013	Erkoyuncu, Salbrechet, Steenstra, et al.	Universidad de Cranfield	Es una aplicación que permite guiar al profesional en la realización de un escáner de ultrasonidos, también permite al profesional practicar y realizar ejercicios.
Virtual Training of Surgery Staff for Hand Washing Procedure	2012	Corato, Frucci, Santini	Universidad de Napoli	Se trata de una aplicación que identifica al usuario lavarse las manos y muestra de forma superpuesta los pasos a seguir para un correcto lavado, la ampliación de la realidad se realiza sin ningún tipo de marcador.

Tabla 3: Resumen de la información extraída de los artículos parte 3.

Tras la lectura de los textos, se han encontrado 18 aplicaciones que hacen referencia al uso de la realidad aumentada en los profesionales sanitarios de los cuales se ha extraído información.

Estas aplicaciones se han dividido en dos grupos, dependiendo de su función. Por un lado se muestran las aplicaciones destinadas a la formación de los profesionales y por otro lado, las aplicaciones desarrolladas para ser usadas por los profesionales en su práctica clínica diaria.

4.1 Aplicaciones destinadas a la formación de los profesionales.

En el ámbito de la formación de los profesionales sanitarios se han encontrado diferentes aplicaciones que hacen uso de la realidad aumentada. Las aplicaciones encontradas en este ámbito, se han agrupado por características comunes, para así facilitar su comprensión y su análisis: 1) Formación básica, 2) Formación específica y 3) aplicaciones informativas.

4.1.1 Aplicaciones para la formación básica

Las aplicaciones destinadas a la formación básica de los profesionales sanitarios utilizan diferentes sistemas y dispositivos. Estas aplicaciones se centran especialmente en el aprendizaje visual del interior del cuerpo humano, así como en el aprendizaje visual de distintos tipos de heridas. Estas aplicaciones se muestran en la ilustración 5 (Albrechta, 2013; Blum, 2015; Hernández, 2007; Kigus, 2014).



Ilustración 5: Aplicaciones para la formación básica de los profesionales sanitarios.¹

Algunas de las aplicaciones encontradas, hacen uso de pantallas espaciales, que como se ha dicho anteriormente, disponen de una cámara que capta las imágenes y una pantalla en la que se proyectan las imágenes, actuando a modo de espejo (Blum, Kleeberger, Bichlmeier, et al. 2012). Sobre las imágenes a tiempo real que la cámara está tomando, la aplicación superpone imágenes como órganos o heridas generadas por ordenador. Como resultado, al colocarse delante de la cámara, la persona puede verse a sí misma y de

¹ Imágenes extraídas de: (Kigus, Heim, Haase, et al. 2014; Armbone©; Albrechta, Nolla, Von Jan, 2013; Blum, Kleeberger, Bichlmeier, et al. 2012) según orden de las imágenes en la ilustración.

forma superpuesta a su cuerpo, sus órganos internos o heridas, tanto internas como externas. La imagen inferior derecha de la ilustración 5 hace referencia a esta aplicación.

Para que las aplicaciones muestren los órganos o heridas en el lugar preciso, necesita de una serie de marcadores que son colocados en la superficie corporal de la persona que lo esté utilizando. Estos marcadores contienen la información que la aplicación debe mostrar, en relación a la herida, los órganos etc. Por lo tanto, la aplicación reconoce el marcador, lo lee y muestra, sobre el cuerpo, la imagen que hay en él. Cada marcador contiene información diferente acerca de lo que debe mostrar, por lo que dependiendo del marcador que se use se obtendrá una imagen u otra. Estas aplicaciones, están destinadas al aprendizaje de la anatomía y a la identificación de heridas y lesiones, tanto internas, como externas.

Dentro de este grupo, se ha encontrado una aplicación que hace uso de la proyección y/o de pantallas espaciales para mostrar el interior real del cuerpo, proyectándola sobre la piel o en una pantalla (Kigus, Heim, Haase, et al. 2014). A diferencia de la aplicación anterior, esta aplicación hace uso de resonancias magnéticas u otras pruebas de imagen para obtener la información exacta del interior del organismo, para después proyectarla sobre la superficie del cuerpo o mostrarla de forma superpuesta. No hace uso de marcadores ya que está diseñada para cuerpos en estático, por lo que la posición de la imagen debe ajustarse de forma manual. La imagen superior izquierda de la ilustración 5 hace referencia a esta aplicación.

Esta aplicación está destinada a la formación de médicos, especialmente en el aprendizaje de la anatomía y está especialmente diseñado para ser utilizada con cadáveres, aunque también existe la posibilidad de realizarse sobre una persona viva. Además, la aplicación haya sido diseñada con fines formativos, también puede usarse y se ha usado en el ámbito de la medicina forense, en particular en la elaboración de autopsias para disminuir el número de incisiones.

Continuando por la misma línea, también se han encontrado aplicaciones que hacen uso de dispositivos móviles, tal y como se muestran en las imágenes superior derecha e inferior izquierda de la ilustración 5. Estas aplicaciones utilizan de la cámara del móvil para obtener las imágenes y la pantalla del propio dispositivo, para verlas. Una de las aplicaciones, está destinada al aprendizaje de los huesos del brazo (Armbone©). Esta aplicación, no hace uso de ningún tipo de marcador. La aplicación reconoce el brazo de la persona y muestra las imágenes de los huesos sobre la misma imagen en la pantalla del Smartphone, estando específicamente diseñada para el aprendizaje de la anatomía de los huesos. Esta aplicación hace referencia a la imagen superior derecha de la ilustración 5.

Otras aplicaciones para dispositivos móviles, por el contrario, hacen uso de marcadores o códigos bardi. Estos códigos bardi, son colocados sobre la superficie corporal de una persona y al apuntar con la cámara del Smartphone móvil al código, éste será leído y mostrará las correspondientes lesiones o heridas a través de la pantalla del Smartphone. Estos marcadores, son los que contienen la información por lo que cada código mostrará un tipo de lesión diferente (Albrechta, Nolla, Von Jan, 2013). Estas aplicaciones están también destinadas al aprendizaje de la anatomía y a la identificación de heridas y lesiones, así como a la valoración de su gravedad para una posterior actuación. Además, también se ha utilizado en la formación de la medicina forense, en concreto para la

identificación de las causas de las lesiones. La aplicación puede verse en la imagen inferior izquierda de la ilustración 5.

4.1.2 Aplicaciones para la formación específica de los profesionales sanitarios.

Se han encontrado aplicaciones destinadas a la formación de ciertas técnicas específicas para los profesionales sanitarios. Concretamente, se ha encontrado una aplicación disponible para dispositivos móviles, permite obtener información de las cajas de antibióticos sin uso de marcadores (Nifakos, Tomson, Zary, 2014). La aplicación funciona de la siguiente manera: al enfocar la caja de antibióticos con la cámara del dispositivo, la aplicación reconoce la caja, y muestra la información complementaria en la misma pantalla del dispositivo. La imagen superior izquierda de la ilustración 6, muestra esta aplicación. Está destinada a la formación de los profesionales de la medicina en el uso de antibióticos y ha sido especialmente diseñada para acabar con las resistencias a los antibióticos.

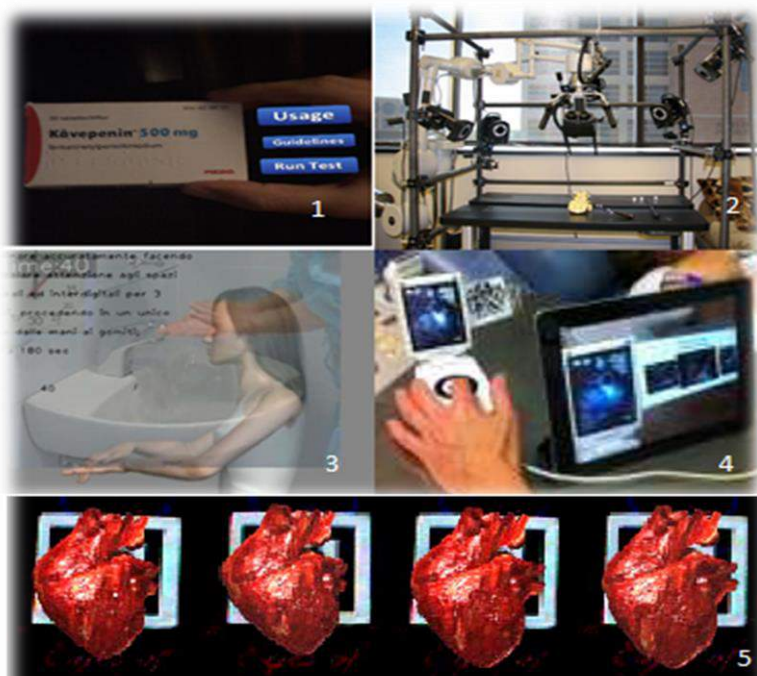


Ilustración 6: Aplicaciones para la formación específica de los profesionales sanitarios.²

También se ha encontrado una aplicación destinada a la lectura e interpretación de la información cardiológica. Esta aplicación como objetivo mostrar e interpretar información cardiológica sobre el pecho de una persona (Lamounier, Bucioli, Cardoso, et al., 2010). Hace uso de marcadores que se colocan en el pecho de una persona o sobre un muñeco. Tras enfocar el marcador con la cámara del dispositivo, la aplicación muestra la información en la pantalla de forma superpuesta al cuerpo. Por lo tanto, la aplicación muestra el funcionamiento del corazón, su lectura y la interpretación. La aplicación está destinada a ayudar en el aprendizaje de la interpretación de la información cardiológica,

² Imágenes extraídas de los siguientes artículos, ordenados del 1 al 5: Nifakos, Tomson & Zary, 2014; Halic, Kockara, Bayrak, et al., 2010; Corato, Frucci & Santini, 2012; Erkoyuncu, Salbrechetr, Steenstra, et al., 2013; Lamounier, Bucioli, Cardoso, et al., 2010.

ofreciendo toda la información necesaria, de una forma visual y práctica, permitiendo la modificación manual de la propia información que ofrece el dispositivo. La imagen número cinco de la ilustración 6, muestra la aplicación.

Continuando con aplicaciones similares, se han encontrado aplicaciones para pantallas móviles destinadas al aprendizaje en la realización de ECG o escáneres de ultrasonidos (Bifulco, Narducci, Vertucci, et al., 2014; Erkoyuncu, Salbrechetr, Steenstra, et al., 2013). La imagen número cuatro de la ilustración 6 hace referencia a estas aplicaciones. Estas aplicaciones, funcionan mediante marcadores que se colocan sobre el cuerpo de una persona. Las aplicaciones muestran, de forma superpuesta en la zona del cuerpo donde se está realizando la técnica, la información sobre cómo realizar dicha técnica, de forma que el profesional tan solo debe seguir las indicaciones.

En este grupo de aplicaciones para la formación específica de los profesionales, se ha encontrado una aplicación en particular que no hace uso de ningún marcador y tiene como función el aprendizaje y evaluación del lavado de manos quirúrgico (Corato, Frucci & Santini, 2012). Para su funcionamiento, la aplicación, a través de una cámara, identifica un lavado de manos quirúrgico, para después mostrar de forma superpuesta en una pantalla o mediante proyección, la técnica correcta del lavado de manos sobre la técnica que está realizando el profesional. La imagen número cuatro de la ilustración 6, muestra la aplicación. El objetivo de la aplicación es doble. Por un lado, busca que los profesionales aprendan a realizar el lavado de manos y por otro lado pretende identificar posibles errores de aquellos profesionales ya formados en esta técnica.

Por último, se ha encontrado una aplicación destinada al aprendizaje de técnicas quirúrgicas (Halic, Kockara, Bayrak, et al., 2010). Para su funcionamiento, esta aplicación hace uso de una maqueta del cuerpo humano, de herramientas con marcadores y diferentes cámaras, que transmiten las imágenes a un dispositivo que se monta en la cabeza a modo de gafas, generando unas imágenes que permiten al profesional practicar una cirugía como si de una persona real se tratara. Estas aplicaciones crean un entorno mixto, permitiendo al profesional practicar y realizar técnicas como si las realizara con un paciente real, pero sin los riesgos que ello podría suponer. La aplicación puede verse en la imagen superior derecha de la ilustración 6.

4.1.3 Aplicaciones informativas

Dentro del grupo de aplicaciones destinadas a la formación, hemos incluido aquellas aplicaciones destinadas a ofrecer y compartir información relacionada con la salud.

En este ámbito se ha encontrado una aplicación concreta que ofrece información biomédica del entorno en el que se usa el dispositivo (kilby, Gray, Elliot et al, 2013). Se trata de una aplicación para dispositivos móviles como Smartphones o tabletas y hace uso de los diferentes sistemas del dispositivo. En concreto, esta aplicación hace uso de la localización por GPS y de la cámara del dispositivo que se está usando. Al enfocar algún lugar con la cámara el GPS localiza el lugar en el que se encuentra, ayudando así a reconocer las imágenes y mostrando a continuación, información visual y auditiva de forma superpuesta a la imagen. Esta aplicación ofrece información variada, puede ofrecer información de edificios y lo que haya en su interior, así como de noticias o novedades que tengan que ver con lo que estás viendo. Esta información puede verse en texto, en

audio o en video dependiendo del formato en el que se haya añadido. La imagen de la izquierda de la ilustración 7 hace referencia a esta aplicación.

Esta aplicación permite a los profesionales conocer información biomédica del entorno en el que están y está especialmente destinada a aquellos que comienzan a trabajar en un nuevo lugar o para obtener una mayor información cuando se acude por ejemplo a un congreso. Sin embargo también está disponible para cualquier persona y no solo ofrece información hospitalaria sino que muestra información biomédica de cualquier ámbito, que esté disponible en la base de datos.

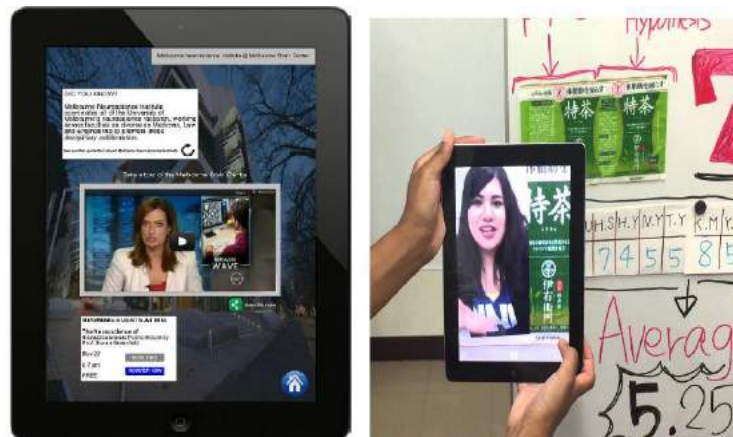


Ilustración 7: Aplicaciones informativas.³

Entre las aplicaciones destinadas a los profesionales sanitarios, se ha encontrado una aplicación para Smartphone destinada a la presentación de pósteres para los congresos (Atherton, Javed, Webster, et al. 2013). La aplicación hace uso de marcadores que son colocados en el poster. La aplicación lee el código y muestra información, imágenes complementarias o videos explicativos, permitiendo también compartir información entre los profesionales. Esta aplicación está disponible para dispositivos móviles y puede usarse tanto por profesionales como por cualquier persona ajena. Aunque su principal destinatario son los profesionales sanitarios. La imagen de la derecha de la ilustración 7 hace referencia a esta aplicación.

4.2 Aplicaciones para la práctica clínica de los profesionales

Las aplicaciones encontradas para la práctica clínica de los profesionales, cumplen en su mayoría con la función de permitir al profesional que está realizando una técnica, ver el interior del cuerpo del paciente por lo que se han dividido en dos categorías: 1) aplicaciones que permiten ver el interior del cuerpo y 2) aplicaciones que ofrecen información.

4.2.1 Aplicaciones que permiten ver el interior del cuerpo

De las aplicaciones encontradas que permiten ver el interior del cuerpo, se pueden distinguir tres tipos de aplicaciones. Por un lado, están las aplicaciones que proyectan el interior del cuerpo del paciente sobre la superficie corporal. Por otro lado, están las aplicaciones que hacen uso de pantallas montadas en la cabeza del profesional o HMD. Por último, las aplicaciones que hacen uso de dispositivos o pantallas móviles.

³ Imágenes extraídas de kilby, Gray, Elliot et al, 2013 y Aurasma© respectivamente.

Las aplicaciones que proyectan el interior del cuerpo sobre la superficie corporal del paciente hacen uso de pantallas espaciales, en concreto usando la proyección. Para que la aplicación funcione y sea precisa, requiere por un lado de imágenes a tiempo real del interior del cuerpo y por otro lado, los marcadores. Para conseguir imágenes a tiempo real, algunas aplicaciones hacen uso de pruebas de imagen como resonancias magnéticas o tomografías computarizadas. También puede hacer uso de cámaras de imagen o de ecografías. Una vez obtenidas las imágenes, la aplicación conoce el lugar exacto de su colocación mediante los marcadores que se colocan en el paciente. Para conocer y mostrar la posición de los instrumentos, se utiliza marcadores electromagnéticos colocados en los propios instrumentos.

Toda esta información es procesada por la aplicación y posteriormente proyectada sobre la piel del paciente en tiempo real en el lugar en el que se encuentran los marcadores previamente colocados.

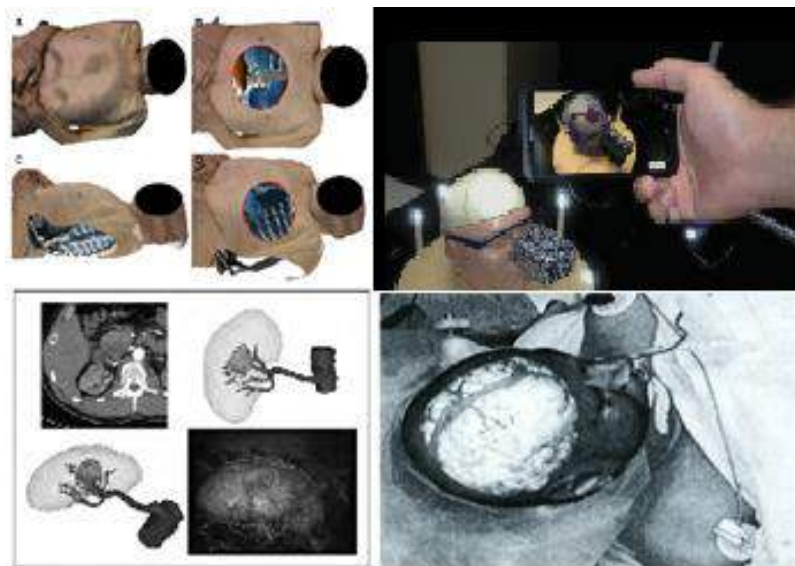


Ilustración 8: Aplicaciones que muestran el interior del cuerpo. ⁴

La mayoría de aplicaciones encontradas que proyectan el interior del cuerpo sobre la superficie corporal del paciente, son destinadas para ser utilizadas en cirugías (Konishi, Hashizume, Nakamoto, et al. 2005). La imagen inferior izquierda de la ilustración 8 hace referencia a estas aplicaciones. Sin embargo, también se han encontrado aplicaciones que hacen uso de este mismo sistema, pero para el ámbito específico de la medicina forense, evitando, o disminuyendo en su defecto, la necesidad de tener que realizar incisiones en el cuerpo de la persona fallecida (Kigus, Heim, Haase, et al. 2014). Esta aplicación en concreto, también ha sido descrita en el apartado de formación, unos párrafos más arriba, ya que tiene un doble uso; se usa tanto como método de aprendizaje, como de trabajo. La imagen superior izquierda de la ilustración 8 hace referencia a esta aplicación.

También se han encontrado aplicaciones que hacen uso de dispositivos montados en la cabeza a modo de gafas, que permiten al profesional ver el interior del cuerpo del

⁴ Imágenes extraídas de los siguientes artículos ordenados según su aparición en la ilustración 8: Kigus, Heim, Haase, et al. 2014; Soeiro, Claudio, Carmo, et al. 2015; Konishi, Hashizume, Nakamoto, et al. 2005; Ferrari, Megali, Troia et al. 2009

paciente (Ferrari, Megali, Troia et al. 2009). La aplicación está destinada para ser utilizada en quirófano y para obtener las imágenes del interior del paciente, la aplicación hace uso de pruebas de imagen que pueden ser resonancias magnéticas, tomografías computerizadas, ecografías o imágenes tomadas en endoscopia.

Una vez obtenida la información, la aplicación muestra las imágenes en el dispositivo del profesional que lo maneja de forma superpuesta al cuerpo del paciente. Para que la imagen se muestre con precisión, la aplicación necesita de marcadores que se colocan sobre la piel del paciente. Del mismo modo, los instrumentos requieren de marcadores para conocer su situación de forma exacta. La imagen inferior derecha de la ilustración 8 hace referencia a esta aplicación.

La aplicación tiene como finalidad sustituir la pantalla en las endoscopias y disminuir el número de incisiones, a la vez que facilita la realización de la técnica del profesional. Las aplicaciones que muestran el interior del cuerpo funcionan de forma muy similar y la única diferencia es el tipo de dispositivo empleado. En algunas cirugías, se han empleado dispositivos móviles para usos puntuales de la realidad aumentada.

Por último, se han encontrado aplicaciones que hacen uso de pantallas móviles. Estas aplicaciones, están destinadas a mostrar el interior del cráneo del paciente de forma superpuesta a la cabeza, cuando el profesional tiene que llevar a cabo técnica quirúrgicas intracraneales (Soeiro, Claudio, Carmo, et al. 2015). Estas aplicaciones hacen uso de pantallas móviles ya que permiten así moverse al profesional alrededor del paciente en diferentes ángulos. La aplicación hace uso de marcadores que son colocados en la cabeza del paciente. La aplicación funciona con la propia cámara del dispositivo que lee el código y muestra la información en la pantalla sobre la cabeza del paciente.

La finalidad de la aplicación es aumentar la precisión de los profesionales en cualquier técnica intracraneal, y facilitar así la colocación de cualquier dispositivo o mejorar la precisión en la realización de incisiones. La imagen superior derecha de la ilustración 8, muestra la aplicación en funcionamiento.

4.2.1 Aplicaciones que ofrecen información.

Todas las aplicaciones de realidad aumentada que están destinadas a ofrecer información hacen uso de pantallas montadas sobre la cabeza y en concreto, hacen uso de las “google glass®”.

Estas aplicaciones hacen uso de las “google glass®” con el objetivo de que el profesional obtenga información o indicaciones que le ayude a mejorar la técnica. Concretamente, una de las aplicaciones encontrada está orientada al campo de la cirugía y tiene como objetivo, que el cirujano que esté operando, pueda compartir las imágenes o sacar fotos de la operación, mientras que otro profesional que puede no estar presente, le da indicaciones (Armstrong, Rankin, Giovinco et al. 2014). Estas gafas cuentan con la conexión a internet y permiten ver cómo realizar ciertas técnicas o buscar información complementaria en caso de necesitarla, e incluso recibir indicaciones todo ello en la propia lente de la gafa. Por lo tanto, la realidad aumentada utiliza la telemedicina para guiar o instruir al cirujano.

Esta aplicación está especialmente destinada a cirujanos poco expertos o cirugías complicadas, permitiendo compartir información entre diferentes profesionales y ayudar

al que está realizando las técnicas quirúrgicas. Sin embargo la aplicación puede también usarse como complemento en cualquier cirugía, ya que en caso de encontrar algo extraño o tener dudas, el profesional puede buscar información y solucionarlo en el mismo momento. La ilustración 9 muestra, muestra una cirugía en la que se está usando esta aplicación.



Ilustración 9: Aplicación que hace uso del dispositivo "google glass®"
Fuente: *Journal of Diabetes Science and Technology* 8(5)

Otra de las aplicaciones encontradas también hace uso de las mismas gafas, pero en este caso, el objetivo es facilitar el cribado y actuar en situaciones de urgencia (Carenzo, Barra, Ingrassia, et al. 2015).

Esta aplicación está destinada a usarse en un contexto extrahospitalario, concretamente en situaciones de urgencia. Esta aplicación, al igual que la anterior, ofrece información a tiempo real a quien la está utilizando, facilitando las labores de cribado y permitiendo coordinación entre los diferentes profesionales. Las gafas también permiten la actuación en situaciones de urgencia de profesionales con poca experiencia ya que permite al usuario recibir indicaciones de cómo actuar o comunicarse con otro profesional.

5. DISCUSIÓN

Tras la lectura de los textos y su respectiva extracción de datos, se puede apreciar que a pesar de tratarse de una tecnología relativamente joven, existen un número razonable de aplicaciones publicadas que están destinadas al ámbito del profesional sanitario.

A pesar del desconocimiento que existe acerca de esta nueva tecnología, las aplicaciones de realidad aumentada que se han encontrado, hacen referencia a diferentes ámbitos de uso. Por lo tanto, el desarrollo de esta tecnología no es lineal, sino que tiene múltiples trayectorias independientes de desarrollo.

Si hubiera que representar este desarrollo, tendría forma de árbol, ya que todas las líneas parten desde un mismo punto, pero se van claramente diferenciando unas de otras.

Este desarrollo en forma de árbol, es un aspecto muy positivo, ya que no solo refleja un desarrollo activo, sino que implica que son varios los equipos que investigan, desarrollan

y ponen en práctica esta tecnología aplicada al contexto sanitario. Este desarrollo ejemplifica el avance de la realidad aumentada y dibuja un futuro positivo para ella.

Sin embargo, existe una discrepancia entre el desconocimiento que tanto se repite y las aplicaciones que se han encontrado. Es decir, la realidad aumentada es una tecnología aún desconocida y sin embargo las aplicaciones encontradas muestran un desarrollo amplio y considerable en diferentes áreas, lo que da a entender que existe un volumen de investigación. Esta discrepancia entre el desconocimiento existente y el número de aplicaciones encontradas, puede deberse a que estas aplicaciones solo se desarrollan y utilizan en entornos cerrados en los que no se ha logrado o no se ha realizado la suficiente difusión del conocimiento, por lo que los avances en este campo se ven algo limitados.

Es un claro ejemplo de la importancia que tiene la difusión científica de los nuevos avances, ya que un mayor reconocimiento implica un mayor avance y desarrollo. Sin embargo, poco a poco, la realidad aumentada en el ámbito de los profesionales sanitarios avanza y se está dando a conocer, especialmente gracias a las aplicaciones de realidad aumentada que se usan en otros campos más cercanos al gran público; un mercado de aplicaciones de ocio y de entretenimiento, que actualmente se encuentran en auge.

En nuestro país, la tecnología de la realidad aumentada, también está en auge. Sin embargo, da la sensación de que este auge no se ha transmitido al sector sanitario y en concreto, a los profesionales que en él trabajan. Tras realizar la búsqueda de aplicaciones, no se ha encontrado producción científica nacional que haga referencia al uso de la realidad aumentada en el ámbito de los profesionales sanitarios. Por lo tanto, podría decirse que aún queda un largo camino que recorrer para que los profesionales vean la realidad aumentada como alternativa y decidan investigar.

La realidad aumentada es una herramienta muy polivalente ya que sistemas similares o incluso un mismo dispositivo puede emplearse para realizar tareas totalmente opuestas. Esto se debe a que el hardware que necesita la realidad aumentada es muy simple, basta con una cámara que capte una imagen, un ordenador que la procese y una pantalla que presente la información.

De hecho en el ámbito de los profesionales sanitarios, un mismo dispositivo basado en la realidad aumentada, puede usarse para la formación y como herramienta de trabajo. Todo depende de la aplicación propiamente dicha, ya que es la aplicación la que da vida a la realidad aumentada.

Por lo tanto, podría decirse que la realidad aumentada dispone de potencial suficiente para la realización de muchas de las tareas más comunes de los profesionales clínicos, facilitando su trabajo y mejorando la atención de los pacientes, consiguiendo así como resultado una mejora en la salud de la población.

Sin embargo el hecho de presentar ese potencial no es suficiente para expandir su uso y en la actualidad, la realidad aumentada tiene dos grandes barreras: por un lado el desconocimiento que existe acerca de esta tecnología y por otro, la inversión económica que pueda suponer, aunque en muchas ocasiones las aplicaciones puedan llegar a ser gratuitas.

La principal barrera que se ha mencionado de forma reiterada, para extender el uso de la realidad aumentada en el contexto sanitario, es el desconocimiento de estas aplicaciones. Sin embargo, hay que tener en cuenta también, que cuando se habla de que no es una tecnología conocida se habla en términos relativos, ya que es una tecnología joven.

El problema que existe con la realidad aumentada es que pasa desapercibida por los usuarios. A pesar de que esta tecnología se encuentra en muchos lugares, la gente no lo percibe como realidad aumentada, sino como un videojuego o similar. Por tanto, para poder superar esta primera barrera la realidad aumentada debe mostrar todas las capacidades que tiene presente y que se han detallado a lo largo del trabajo.

La realidad aumentada tiene un gran potencial que se está infravalorando, desarrollando casi exclusivamente aplicaciones para el ocio y es ese uso el que le resta importancia a los ojos del resto de usuarios. Además, los desarrollos producidos en el área de los profesionales sanitarios, se producen en entornos cerrados y herméticos de tal forma que el resto desconoce que se han producido. En resumen, la realidad aumentada necesita salir de su entorno y difundirse al público en general y a los profesionales sanitarios en particular y para ello, necesita de la implicación de más profesionales.

La segunda barrera con la que se encuentra la realidad aumentada es una barrera económica ya que supone una inversión económica. Sin embargo la barrera no es solamente económica ya que en este punto en particular, intervienen tres factores importantes:

- La demanda
- La costo-efectividad
- La inversión propiamente dicha

Para que la realidad aumentada comience a usarse de forma extendida, se requiere que la tecnología sea aprobada y que se disponga del equipo necesario para su uso; aprobación que depende de los tres factores arriba mencionados. Para que un hospital o centro sanitario se plantee comprar esta tecnología primero debe existir una demanda, ya sea por parte de los profesionales o por parte de los pacientes. Evidentemente, este aspecto está directamente relacionado con el conocimiento y difusión que tiene la tecnología en este momento.

Cuando existe una demanda, se analiza la relación entre el coste - beneficio, es decir, se analiza si el beneficio que se obtiene al usar la realidad aumentada, es superior al coste generado por la misma. Una vez analizado el coste beneficio, es cuando se toma la decisión de incluirlo o no en la cartera de servicios. Sin embargo, a pesar de que el análisis de coste beneficio sea positivo puede que el hospital o el centro sanitario no pueda permitirse realizar la inversión correspondiente, por falta de presupuesto para ello.

Por suerte, la realidad aumentada por lo general es una tecnología asequible no más cara que un ordenador. Además, como ya se ha visto anteriormente, la realidad aumentada tiene infinidad de usos y puede usarse en diferentes dispositivos por lo que el precio también varía.

Muchas de las aplicaciones que hacen uso de la realidad aumentada pueden usarse en los Smartphones y la mayoría de las aplicaciones destinadas a estos dispositivos son gratuitas, especialmente aquellas destinadas a la formación. Muchas otras tan solo

necesitan una cámara, un procesador y una pantalla, por lo que la convierte en una tecnología muy asequible.

Por lo tanto, la inversión económica no es una verdadera barrera en sí, sino más bien, es el desconocimiento de las posibilidades que ofrece, que hace que aquellas personas que tienen que decidir sobre su adquisición no la ven necesaria. Entonces, una de las principales claves del avance de la realidad aumentada las encontramos en su difusión, ya que se trata de una tecnología barata y sencilla y que tiene como finalidad última la mejorar de la salud mediante la mejora de la formación de los profesionales y renovación de las cirugías.

Como ya se ha mencionado, como resultado de la búsqueda que hemos realizado, se puede decir que existen un número razonable de aplicaciones de realidad aumentada que están desinadas al uso de los profesionales sanitarios. Las hemos dividido en dos grandes grupos: la realidad aumentada aplicada a la formación y la realidad aumentada aplicada a la práctica clínica de los profesionales.

La formación tiene un papel muy importante a la hora de preparar a los profesionales de cualquier sector, pero pocas son tan importantes como la que se ofrece a los profesionales sanitarios. La formación de estos profesionales es el de su desarrollo, repercutiendo directamente en la salud de la población. Por tanto, es razonable pensar que la realidad aumentada deba también ser utilizada en la formación de los profesionales distintos profesionales, para así lograr una mayor calidad en la atención prestada. Esta importancia que tiene la formación en las ciencias de la salud, también implica una dificultad añadida y es que, al trabajar con personas, el aprendizaje y la práctica de técnicas entrañan una mayor dificultad si cabe. Es por esa razón por la que la realidad aumentada se muestra como una tecnología llena de posibilidades ya que mediante la realidad aumentada, el aprendizaje se convierte en algo práctico, cercano e interactivo.

Como ejemplo tenemos la aplicación que hemos mostrado para el lavado de manos quirúrgico (Corato, Frucci, Santini, 2012). Es una aplicación muy sencilla que simplemente muestra la técnica del lavado de manos superpuesta a nuestro lavado, permitiendo no solo aprender, sino que obliga al usuario a su realización e incluso detectando errores una vez dominada la técnica. Se trata de una aplicación simple pero de gran utilidad que debería instalarse en todos los quirófanos ya que es barata y efectiva lo que recalca la eficiencia de la realidad aumentada destinada a los profesionales sanitarios.

La realidad aumentada ofrece la posibilidad de aprender de una forma más dinámica, práctica e interactiva, en la que se puede interactuar por ejemplo con órganos del interior del cuerpo, o aprender acerca del funcionamiento del corazón y de lectura de un ECG, mientras se visualizan, sobre el propio cuerpo, imágenes a tiempo real generadas por ordenador.

La ventaja que ofrece la realidad aumentada sobre cualquier otro medio visual, es que mediante la realidad aumentada podemos acercar la realidad de cualquier hospital al interior del aula, permitiendo la interacción y buscando siempre ofrecer información real y certera.

Por otro lado, permite que los profesionales pueden realizar y practicar técnicas quirúrgicas “en maquetas virtuales”, generando entornos mixtos que se asemejan a la realidad. De esta forma el profesional puede practicar cualquier técnica como si se estuviera llevando a cabo sobre un paciente, sin las preocupaciones de hacerlo sobre una persona real. Como resultado se consigue disminuir los riesgos y se facilita la formación de los profesionales.

Algunas aplicaciones, ofrecen una guía interactiva y están destinadas por un lado a la formación práctica y por otro, permitir a profesionales a realizar una técnica que no ha realizado antes sin ayuda de un formador implicado. Estas aplicaciones, permiten practicar las técnicas y realizar evaluaciones. La clave puede estar en una formación muy práctica, visual y que pueda resultar en un aprendizaje autónomo.

Otras aplicaciones de realidad aumentada también permite una formación autodidacta y se muestra también como una ayuda, permitiendo al profesional realizar técnicas que nunca ha realizado antes, recibir indicaciones y compartir lo que está haciendo con otros profesionales, de forma telemática, para así ser guiado por estos (Armstrong, Rankin, Giovinco, et al. 2014).

Por lo tanto, la realidad aumentada permite a la sociedad conseguir unos profesionales con unos conocimientos mucho más amplios acerca del cuerpo humano y sus enfermedades así como unos profesionales con unas habilidades técnicas superiores. De esta manera se repercuten de forma positiva en la salud de la población, consiguiendo un doble objetivo.

La realidad aumentada también tiene mucho que decir en el ámbito de la práctica clínica de los profesionales. Sin embargo, a diferencia del ámbito de la formación, las aplicaciones encontradas ofrecen una menor variedad y la mayoría de las aplicaciones encontradas están destinadas a la realización de técnicas quirúrgicas.

La innovación que ofrece la realidad aumentada resulta especialmente práctica para su uso en quirófano debido a su capacidad para ofrecer información en tiempo real sobre diferentes tipos de dispositivos y superficies. Información precisa que se obtiene mediante diferentes pruebas de imagen como resonancias o ecografías así como endoscopias. Todo ello implica que el cirujano puede tener una visión directa del interior del cuerpo sin necesidad realizar una gran incisión, como si estuviera interviniendo en una cirugía abierta.

Así, esta tecnología no solo permite disminuir las incisiones con sus correspondientes riesgos de sangrado e infecciones sino que mejora la precisión y la comodidad del cirujano y sustituye los monitores en las cirugías por laparoscopia.

Además, debido a la multitud de dispositivos existentes, la realidad aumentada puede utilizarse para otras aplicaciones que van más allá de poder ver en el interior del organismo. La realidad aumentada también puede utilizarse de guía, ya que al tener conexión a internet, permite acceder a bases de datos y buscar información, así como compartir las imágenes y recibir feed-back de otros profesionales a tiempo real, todo ello sin necesidad de marcadores y permitiendo el manejo por voz del dispositivo.

Gracias a dispositivos móviles como los “Smartphones” o las “google glass®”, la realidad aumentada ha conseguido una mayor libertad de movimiento, pudiendo usarse fuera de quirófano y en entornos hospitalarios cerrados.

Esta movilidad permite a la realidad aumentada acercarse aún más a la sociedad y usarse en situaciones de urgencias y zonas de catástrofes. No solo para la realización de técnicas, como ya hemos mencionado, sino también para realizar valoraciones in situ y coordinación entre profesionales, ya que otra de las ventajas de estos dispositivos es la conectividad.

Tal y como hemos dicho anteriormente, la realidad aumentada pretende, entre otros, disminuir las complicaciones en las cirugías por lo que a la vez que disminuye la morbilidad, la realidad aumentada también permite disminuir los gastos generados por estas complicaciones y disminuir también los días de hospitalización.

Son muchas las ventajas que ofrece la realidad aumentada a los profesionales sanitarios. Sin embargo a pesar de las posibilidades que ofrece, es una tecnología a la espera de usuarios”, tal y como dicen Heras y Villareal (2004). Es decir, hace falta un elemento muy importante, que son los usuarios y en este caso en particular, profesionales sanitarios que se interesen por la realidad aumentada, para así crear una demanda que haga crecer el desarrollo de esta tecnología en este contexto. Sin embargo, paradójicamente, este interés no puede darse sin que la realidad aumentada se expanda y llegue a más personas.

Como se ha podido ver la realidad aumentada ofrece un gran campo de oportunidades sin embargo en el campo de la enfermería aún no se ha encontrado ninguna aplicación específica para técnicas de enfermería. Existen aplicaciones que pueden ser usadas por las enfermeras sin embargo, del mismo modo que se han encontrado aplicaciones para la práctica clínica de los médicos, no se ha encontrado ninguna aplicación concreta para técnicas de enfermería. Por lo tanto a la enfermería le queda dar el paso a la investigación de nuevas tecnologías ya que la gran variedad de técnicas que realizan las enfermeras son un nuevo campo de la realidad aumentada que esta aun sin explotar y que ofrece unas posibilidades muy interesantes.

Tras lo expuesto anteriormente, no hay duda de que la realidad aumentada tiene cabida en nuestro sistema sanitario y a pesar de que aún no sea conocida, tras observar el desarrollo que está teniendo en estos últimos años, podría decirse que la realidad aumentada avanza poco a poco en el ámbito de la salud, haciéndose cada vez más conocida, de la mano de múltiples aplicaciones.

Este trabajo pretende contribuir a la superación de la barrera del desconocimiento, recogiendo las aplicaciones actuales que hacen uso de la realidad aumentada y que están destinadas a los profesionales sanitarios. De este modo, se pretende crear así un punto de partida en la difusión de la realidad amentada en el contexto sanitario, ofreciendo a los profesionales sanitarios una herramienta más que facilite su trabajo y mejore los resultados. Todo ello, con el objetivo de que en un futuro la realidad aumentada sea una realidad y tanto los profesionales de la salud, como los propios pacientes, puedan beneficiarse de las ventajas que ofrece la esta tecnología.

6. CONCLUSIONES

A modo de conclusión, tras realizar la búsqueda y análisis de las aplicaciones encontradas se pueden remarcar los siguientes puntos:

- A pesar de ser relativamente joven existe un número aceptable de aplicaciones que hacen uso de la realidad aumentada y que estén destinadas al uso de los profesionales sanitarios.
- El desconocimiento que existe acerca de la realidad aumentada supone una verdadera barrera para su avance y por tanto, dificulta también la adopción de estas tecnologías en hospitales y universidades, evitando que nuevos profesionales se interesen por ella.
- Las aplicaciones encontradas, dependiendo del objetivo que persiguen pueden dividirse en dos grupos: aplicaciones destinadas a la formación y aplicaciones para la práctica clínica de los profesionales sanitarios.
- Las aplicaciones destinadas a la formación facilitan la realización y el aprendizaje de técnicas, ya que acercan la teoría al profesional y permite interactuar con ella de una forma más práctica y visual. De este modo, el profesional puede formarse como si estuviera en contacto directo con los pacientes. Además, algunas de las aplicaciones permiten un autoaprendizaje o mejora de la técnica.
- Las aplicaciones destinadas a la formación ofrecen una mayor variedad y son más numerosas que las destinadas a la práctica clínica, donde la mayoría de las aplicaciones, son similares.
- La mayor parte de las aplicaciones para la práctica clínica están destinadas a la cirugía y la calve de la realidad aumentada en el uso en quirófano, es su capacidad para ofrecer imágenes a tiempo real de forma superpuesta al cuerpo del paciente.
- Entre las aplicaciones destinadas a la práctica clínica del profesional no se ha encontrado ninguna aplicación específica para la realización de técnicas de enfermería. Varias de las aplicaciones encontradas pueden y son usadas por enfermería pero no están destinadas de forma específica a la realización de sus técnicas.
- Las aplicaciones que hacen uso de la realidad aumentada no son conocidas en nuestro sistema sanitario. A nivel nacional no existe producción científica del uso de la realidad aumentada centrada en el profesional sanitario, hecho que puede ser tanto causa como consecuencia de su infrutilización en nuestro sistema sanitario.
- Hasta la fecha, no existían publicaciones que recojan y resuman la totalidad de aplicaciones de realidad aumentada destinadas al profesional sanitario, por lo que el acceso a la información y publicaciones relacionadas, es complicada.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Albrecht, U.V., Noll, C. & Von Jan, U. (2013). Explore and experience: mobile augmented reality for medical training. *Studies in Health Technology and Informatics*. 192:382-6.
- Armstrong, D.G., Rankin, T.M., Giovinco, N.A, Mills, J.L., Matsuoka, Y. (2014). A heads-up display for diabetic limb salvage surgery: a view through the google looking glass. *Journal of Diabetes Science and Technology*. Sep; 8(5):951-6.
- Atherton, S., Javed, M., Webster, S.V. & Hemington-Gorse, S. (2013). Use of a mobile device app: A potential new tool for poster presentations and surgical education. *Journal of Visual Communication in Medicine*, 36 (1-2), 6-10.
- Bifulco, P., Narducci, F., Vertucci, R., Ambruosi, P., Cesarelli, M. & Romano, M. (2014). Telemedicine supported by Augmented Reality: an interactive guide for untrained people in performing an ECG test. *BioMedical Engineering OnLine*. Nov 21; 13:153.
- Birkfellner, W., Figl, M., Huber, K., Watzinger, F., Wanschitz, F., Hummel, J., Hanel, R., Greimel, W., Homolka, P., Ewers, R. & Bergmann, H. (2002). A head-mounted operating binocular for augmented reality visualization in medicine--design and initial evaluation. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. Aug; 21(8):991-7.
- Blum, T., Kleeberger, V., Bichlmeier, C. & Navab, N. (2012). miracle: An augmented Reality Magic Mirror System for Anatomy Education. *IEEE Virtual Reality Workshops (VRW)*, 115-116.
- Carenzo, L., Barra, F.L., Ingrassia, P.L., Colombo, D., Costa, A. & Corte, F.D. (2015). Disaster medicine through Google Glass. *European Journal of Emergency Medicine*, 22 (3), 222-225.
- Corato, F., Frucci, M. & Sanniti di Baja, G. (2012). Virtual training of surgery staff for hand washing procedure. *Proceedings of the 2012 International Conference on Advanced Visual Interfaces*, 274-277.
- Erkoyuncu, J., Salbrechter, F., Steenstra, D. & Roy, R. (2013). Building a software platform to guide doctors and nurses with ultrasound scanning. *4th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications*. December 2–5.
- Ferrari, V., Megali, G., Troia, E., Pietrabissa, A. & Mosca, F. (2009). A 3-D mixed-reality system for stereoscopic visualization of medical dataset. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. Nov; 56(11):2627-33.
- Fuhr, B. (2011). *Handbook of augmented reality*. London: Springer.

- Halic, T., Kockara, S., Bayrak, C. & Rowe, R. (2010). Mixed reality simulation of rasping procedure in artificial cervical disc replacement (ACDR) surgery. *BMC Bioinformatics*. Oct 7; 11 Suppl 6:S11.
- Heras, L. & Villarreal, JL. (2004). La realidad aumentada: una tecnología en espera de usuarios. *Revista Digital Universitaria*. Agosto 5-7.
- Kilby, J., Gray, K., Elliott, K., Waycott, J., Sanchez, F.M. & Dave, B. (2013). Designing a mobile augmented reality tool for the locative visualization of biomedical knowledge. *Studies in Health Technology and Informatics*. 192:652-6.
- Kilgus, T., Heim, E., Haase, S., Prüfer, S., Müller, M., Seitel, A., Fangerau, M., Wiebe, T., Iszatt, J., Schlemmer, H.P., Hornegger, J., Yen, K. & Maier-Hein, L. (2015). Mobile marker less augmented reality and its application in forensic medicine *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. 10 (5), 573-586.
- Konishi, K., Hashizume, M., Nakamoto, M., kakeji, Y., Yoshino, I., Taketomi, A., Sato, Y., Tamura, S. & Maehara, Y. (2005). Augmented reality navigation system for endoscopic surgery based on three-dimensional ultrasound and computed tomography: application to 20 clinical cases. *International Congress Series*. 1281:537–542.
- Kramers, M., Armstrong, R., Bakhshmand, S.M., Fenster, A., Ribaupierre, S. & Eagleson, R. (2014). Evaluation of a mobile augmented reality application for image guidance of neurosurgical interventions. *Studies in Health Technology and Informatics*. 196:204-8
- Lamounier, E., Bucioli, A., Cardoso, A., Andrade, A. & Soares, A. (2010). On the use of Augmented Reality techniques in learning and interpretation of cardiologic data. Conference proceedings: *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference*. 610-613.
- Minhua, M., Lakhmi, C. & Anderson P. (2014). *Virtual, Augmented Reality and Serious Games for Healthcare 1*. Vol 68. Springer: London.
- Monkman, H. & Kushniruk, A.W. (2015). A See Through Future: Augmented Reality and Health Information Systems. *Studies in Health Technology and Informatics*. 208, 281-285.
- Nakamoto, M., Ukimura, O., Faber, K. & Gill, I.S. (2012). Current progress on augmented reality visualization in endoscopic surgery. *Current Opinion in Urology*. Mar; 22(2):121-6.

Nifakos, S., Tomson, T., Zary, N. (2014). Combining physical and virtual contexts through augmented reality: design and evaluation of a prototype using a drug box as a marker for antibiotic training. *Peer J.* Dec 16; 2:e697.

Soeiro, J., Claudio, A.P., Carmo, M.B. & Ferreira, H.A. (2015). Visualizing the brain on a mixed reality smartphone application. *Conference proceedings, IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.* Aug; 2015:5090-3

Wassom, B. (2014). *Augmented Reality Law, Privacy, and Ethics.* Boston: Elsevier.