REALIDAD MIXTA CON GAFAS HOLOLENS PARA LA PRÁCTICA CLÍNICA

Facultad de Ciencias de la Salud- Grado en Enfermería Osasun Zientzien Fakultatea- Erizaintzako Gradua



AUTOR: NAIARA ECHEVERRÍA MONREAL

DIRECTOR ACADÉMICO: LETICIA SAN MARTÍN RODRÍGUEZ

TRABAJO FIN DE GRADO - CURSO 2018/2019

Convocatoria de defensa: mayo 2019

RESUMEN, PALABRAS CLAVE Y NÚMERO DE PALABRAS

INTRODUCCIÓN: La tecnología de realidad mixta de HoloLens ha alcanzado un gran auge

en los últimos años, ofrece la posibilidad de interactuar en tiempo real en un ambiente

donde convergen el mundo digital y el mundo físico, ofreciendo gran variedad de

aplicaciones en diferentes actividades clínicas, que podrían satisfacer tanto a los

pacientes como a los propios profesionales sanitarios. OBJETIVOS: Conocer las

experiencias existentes en la utilización de las gafas HoloLens de realidad mixta en la

actividad clínica e identificar los campos específicos de su aplicación. METODOLOGÍA:

Se ha llevado a cabo una revisión narrativa con metodología sistemática en las

principales bases de datos científicas del ámbito de ciencias de la salud y de las nuevas

"HoloLens" los términos "práctica tecnologías, combinando

RESULTADOS/DISCUSIÓN: Se analizaron tres áreas temáticas de los once artículos

seleccionados: experiencias con HoloLens en el ámbito quirúrgico, experiencias con

HoloLens en telemedicina y aplicaciones con HoloLens en contextos clínicos más

específicos. CONCLUSIONES: La realidad mixta de HoloLens tiene potencial para influir

en diferentes escenarios del ámbito clínico, complementando el trabajo de los

profesionales, mejorando la calidad de los servicios sanitarios e incluso agilizando el

flujo de trabajo. PROPUESTA TEÓRICA DE TRABAJO: Se plantea una evaluación de la

incorporación de las gafas HoloLens de realidad mixta como soporte para estudiantes

de enfermería en la preparación de la mesa de instrumentación quirúrgica.

PALABRAS CLAVE: HoloLens, experiencias, actividad clínica, realidad mixta

NÚMERO DE PALABRAS: 10.270

Ι

ABSTRACT, KEY WORDS

INTRODUCTION: The technology of mixed reality of HoloLens has reached a great height

in the last years, offers the possibility of interacting in real time in an environment where

the digital world and the physical world converge, offering a great variety of applications

in different clinical activities, which could satisfy both patients and healthcare

professionals. OBJECTIVES: To know the existing experiences in the use of HoloLens

glasses of mixed reality in the clinical activity and to identify the specific areas of their

application. MATERIAL AND METHODS: A narrative review with a systematic

methodology has been carried out in the main scientific databases of health sciences

and new technologies, combining the terms "HoloLens" and "clinical practice". RESULTS

/ **DISCUSSION:** Three thematic areas from the eleven selected articles were analyzed:

HoloLens experiences in the surgical area, HoloLens experiences in telemedicine and

Hololens applications in more specific clinical contexts. CONCLUSIONS: The mixed

reality of HoloLens has the potential to influence different clinical scenarios,

complementing the work of professionals, improving the quality of healthcare services

and even speeding up the workflow. THEORETICAL WORK PROPOSAL: An evaluation of

the incorporation of mixed reality HoloLens glasses as support for nursing students in

the preparation of the surgical instrumentation table.

KEY WORDS: HoloLens, experiences, clinical activity, mixed reality

II

ÍNDICE

1.	INT	RODUCCIÓN	4
2.	OBJ	ETIVOS	9
	2.1	Objetivos secundarios	9
<i>3</i> .	MET	TODOLOGÍA	10
	3.1	Metodología de búsqueda	10
	3.2	Selección de artículos	13
	3.3	Extracción de datos	15
4.	RES	ULTADOS	19
	4.1	HoloLens en el ámbito quirúrgico	19
	4.2	HoloLens en el ámbito de la telemedicina	24
	4.3	Otros ámbitos de aplicación de HoloLens en el medio clínico	26
5.	DISC	CUSIÓN	28
6.	CON	ICLUSIONES	32
7.	PRC	PPUESTA TEÓRICA	34
	7.1	Introducción	34
	7.2	Objetivos	35
	7.3	Materiales y métodos	35
8.	BIBL	LIOGRAFÍA	40

1. INTRODUCCIÓN

La era del mundo digital ha abierto un panorama de oportunidades en el sector de la salud. Esto es evidente en muchos dispositivos ya conocidos como Bluetooth o Wi-Fi, dispositivos médicos, tales como bombas de infusión, camas inteligentes, escáneres de resonancia magnética, digitalización de pruebas diagnósticas y la receta electrónica entre otras cosas.

Actualmente, se están viendo nuevas tecnologías de imágenes emergentes que tienen una aplicabilidad médica potencial al crear objetos virtuales en el mundo real y físico y la capacidad de interaccionar entre estos objetos y el mundo real (Incekara y otros., 2018). Los dispositivos de realidad aumentada y realidad virtual se han descrito recientemente en la literatura quirúrgica. Distintos autores han explorado previamente varias iteraciones de estos dispositivos, y aunque son prometedores, por sí solos no satisfacen adecuadamente las demandas de los usuarios. La solución podría estar en la llamada realidad mixta o híbrida, que combina particularidades de la realidad virtual y realidad aumentada (Tepper y otros., 2017).

Diferentes empresas de software y hardware están apostando por soluciones de realidad aumentada, mixta o realidad virtual y, a pesar de tener bastantes similitudes entre ellas, conviene aclarar algunos aspectos.

La **realidad virtual** o **VR** tiene la particularidad de sumergirte por completo en un mundo virtual. Te permite simular una experiencia sensorial completa dentro de un ambiente artificial sin que veas nada de lo que hay en el exterior (Yúbal, 2018), la persona queda limitada al lugar físico en el que se encuentra en el momento de la experiencia (Editeca, 2018). En la figura 1 se aprecia el objeto digital (pato de goma) sobre un espacio completamente virtual, se han reemplazado artificialmente todos los aspectos del entorno real.



Figura 1: Imagen de realidad virtual (Barel, 2017).

En la **realidad aumentada** o **AR** se complementa el entorno real con objetos digitales. Esto significa que se puede ver todo lo que hay a nuestro alrededor, pero el dispositivo que se tenga frente a los ojos podrá reproducir sobre este entorno objetos, animaciones o datos que realmente no están ahí (Yúbal, 2018). Sin embargo, el contenido del mundo real y el contenido digital no pueden "interactuar" entre sí (Foundry, 2018). En la figura 2 se puede observar el objeto digital sobre un entorno real.



Figura 2: Imagen de realidad aumentada (Barel, 2017).

La **realidad mixta** o **MR** o realidad híbrida es una fusión de mundos reales y virtuales para producir nuevos entornos y visualizaciones, donde los objetos físicos y digitales coexisten e interactúan en tiempo real (Foundry, 2018). Esto quiere decir que, si tenemos un elemento, como puede ser una silla modelada en 3D, vamos a poder colocarla en el mundo físico y esa silla va a "ser consciente" del mundo que le rodea: va a entender dónde está el suelo y, si pasa alguien por delante, va a tapar dicha silla. Esto no era posible con la AR, el reconocimiento del entorno físico y el mapeo espacial son diferencias cruciales entre MR y AR (Editeca, 2018). En la figura 3 se aprecia cómo el objeto digital simulado en el entorno parece real.



Figura 3: Imagen de realidad mixta o híbrida (Barel, 2017).

Estas tecnologías han alcanzado un gran auge en los últimos años y aplicadas a la práctica clínica se han logrado importantes mejoras (Ejarque, 2017). En marzo de 2016, Microsoft presentó el primer dispositivo de realidad mixta disponible comercialmente llamado HoloLens.

"Las gafas HoloLens son un dispositivo sin cables, con wifi, altavoces con sonido 3D, microprocesador de alto rendimiento, 64 gigas de memoria, cámara, acelerómetro, giroscopio, luz ambiental, rastreo mediante mirada y conexión entre dispositivos" (Radiocable, 2017).

Además, cuentan con un sensor de luz, cámara 3D, micrófono, una batería, puerto USB y ajuste para la montura de las gafas. El dispositivo mapea el entorno para colocar imágenes holográficas, objetos tridimensionales y ventanas bidimensionales en cualquier lugar del campo visual del usuario. Mediante comandos de voz o gestos con las manos, el usuario puede interactuar con ellos y el mundo que le rodea. El peso de las gafas se distribuye sobre la cabeza del usuario a través de una diadema ajustable, contiene una batería recargable de 16,500 mWh que puede soportar el uso activo durante 2 o 3 horas (Tepper y otros., 2017).

Ya se conocían las gafas de Google de realidad aumentada, o las Oculus Rift de realidad virtual, pero en España se ha abierto paso otra alternativa que podría ser incluso más popular que estas, y es la realidad mixta de HoloLens. A pesar de los avances tecnológicos en los últimos años, la MR no ha alcanzado su máximo auge hasta ahora. Se trata de una tecnología todavía en desarrollo por lo que no se ha aprovechado todo el potencial que tiene para dar, sin embargo, destacan una serie de características que la impulsan sobre las ya conocidas AR o VR. La más importante es, quizá, la posibilidad de interactuar en tiempo real en un ambiente donde convergen tanto el mundo digital como el mundo físico.

Esta tecnología tiene potencial para ser empleada en infinidad contextos, desde formación, educación, peritajes, ingeniería o sanidad, hasta videojuegos y experiencias de usuario entre otros, pero es específicamente en el campo de ciencias de la salud donde se han alcanzado importantes avances en los últimos años.

La posibilidad de "manos libres" para interactuar con los datos digitales proyectados es otra de las indiscutibles ventajas que ofrecen estas gafas. Un contexto indudablemente favorecido por esta cualidad de HoloLens es el quirúrgico. Los procedimientos requieren de las más estrictas medidas de asepsia, y mediante HoloLens, es posible no sólo mantener la esterilidad sino también operar con más precisión y rapidez, interactuar en tiempo real con información holográfica sin interrumpir el flujo de trabajo ni la eficiencia quirúrgica a la vez que se ahorra dinero (Muela, 2017).

A raíz de lo expuesto anteriormente, es importante señalar que no todas las personas o sectores tienen acceso a esta tecnología ya que su coste suele ser muy elevado.

En definitiva, estamos hablando de una tecnología que no sólo se asemeja a las ya conocidas VR y AR, sino que además puede llegar a sobrepasarlas. La variedad de aplicaciones y ámbitos en los que pueden usarse las gafas HoloLens es muy diverso y prometedor, pero cuando se trata de salud, las tecnologías de MR tienen muchas aplicaciones potenciales que podrían satisfacer tanto a los pacientes como a los profesionales sanitarios.

2. OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo es describir las experiencias existentes en la utilización de las gafas HoloLens de realidad mixta en la actividad clínica de los profesionales sanitarios.

2.1 Objetivos secundarios

- Identificar los campos específicos de aplicación de las gafas HoloLens en el contexto de la actividad clínica.
- Proponer una aplicación innovadora de realidad mixta con HoloLens en el ámbito de la actividad enfermera en el medio clínico.

3. METODOLOGÍA

Para dar respuesta a los objetivos planteados se ha llevado a cabo una revisión narrativa con metodología sistemática. A continuación, se expone en primer lugar la metodología de búsqueda empleada en las diferentes bases de datos. Posteriormente, se detalla el proceso de selección de artículos y, finalmente, se presenta la extracción de datos y análisis de los mismos, mediante una tabla que muestra información referente a los objetivos y resultados de cada uno de los artículos.

3.1 Metodología de búsqueda

La metodología utilizada en la búsqueda de los diferentes recursos de internet contempla palabras clave y combinaciones de búsqueda, límites, filtros y las bases de datos en las que se ha realizado la revisión bibliográfica.

Términos y combinaciones de búsqueda

Para llevar a cabo la búsqueda, se han seleccionado una serie de palabras clave relacionadas con la temática a estudio.

Los dos conceptos que hacen alusión al objetivo principal son "HoloLens" y "práctica clínica". En la figura 4 se exponen estos conceptos principales y sus correspondientes sinónimos. Dado que HoloLens corresponde al nombre comercial de las gafas de realidad aumentada, no se han empleado sinónimos en la búsqueda.

PRÁCTICA CLÍNICA • MEDICINA, SANIDAD, PROFESIONALES SANITARIOS, ENFERMERÍA, SALUD, CIRUGÍA

Figura 4: Conceptos y palabras clave empleadas para la búsqueda bibliográfica

Para amplificar los resultados de búsqueda y adecuarlos a las bases de datos internacionales, se traducen ambos conceptos a lengua inglesa utilizando "HoloLens" y "practice clinic". A continuación, en la figura 5, se muestran los dos conceptos en lengua inglesa y sus correspondientes sinónimos.

PRACTICE CLINIC • MEDICINE, HEALTH, HEALTH PROFESSIONALS, NURSING, SURGERY

Figura 5: Conceptos y palabras clave empleadas para la búsqueda bibliográfica en lengua inglesa

Con el fin de combinar las palabras clave de forma lógica para ampliar y definir la búsqueda, se han utilizado los operadores booleanos AND y OR.

- AND (operador de presencia): para que los resultados contengan todos los términos de búsqueda especificados indistintamente del orden.
- OR (operador de alternancia): para obtener resultados que contengan al menos uno de los términos.

Inclusive se han utilizado truncamientos (*) para disminuir la probabilidad de pérdida de información útil, incluyendo en la búsqueda palabras clave derivadas de una raíz común.

En la figura 6 se muestra la estrategia de búsqueda, relacionando las palabras clave junto a sus sinónimos y los correspondientes operadores booleanos.

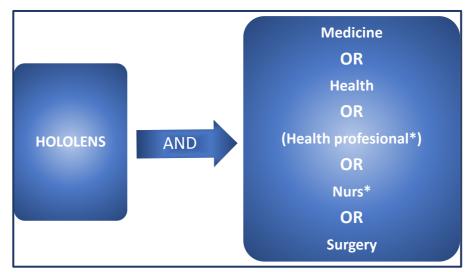


Figura 6: Estrategia de búsqueda empleada en las bases de datos científicas

Límites

Con el objetivo de acotar la búsqueda, se han empleado una serie de límites, como son el límite temporal y el idiomático. Dado que las gafas HoloLens fueron lanzadas al mercado en 2016, se han buscado artículos publicados entre los años 2016 y la actualidad (diciembre de 2018). Por otro lado, se ha limitado la búsqueda a artículos escritos en castellano o inglés, obteniendo como resultado únicamente artículos en lengua inglesa.

Bases de datos

Una vez definida la metodología de búsqueda, se han escogido las principales bases de datos científicas del ámbito de ciencias de la salud y de las nuevas tecnologías, que puedan proporcionar evidencia científica a la revisión, optando por:

- PubMed: por ser la base de datos más importante en el campo de las ciencias de la salud. Esta base pertenece a la National Library of Medicine y abarca campos de la medicina, enfermería y salud pública, entre otros.
- IEEE: por ser un recurso poderoso para acceder a contenido científico y técnico publicado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE).

La metodología aplicada en estas bases de datos, según sus especificidades concretas, y los resultados obtenidos, se resume a continuación:

- En la base de datos PubMed se opta por una sola búsqueda por todos los campos

 (all Fields). Se aplican los filtros: resultados obtenidos en los últimos 5 años, e
 idiomas: inglés y español. Obteniendo finalmente 22 factibles resultados.
- En la base de datos IEEE se lleva a cabo una única búsqueda por metadatos (metadata only) que incluyen resumen y texto del título, además de los términos de indexación. Se emplean los siguientes filtros, filtro de contenido: todos los resultados, y año de publicación: documentos incorporados desde el 2016 a 2018. Obteniéndose 17 resultados posibles a incluir en nuestra bibliografía.

3.2 Selección de artículos

Tras realizar la búsqueda en las bases de datos y obtener 39 artículos factibles de ser seleccionados, dos artículos son descartados por su repetición en las dos bases de datos. De los 37 artículos restantes, se realiza una lectura del título y resumen de cada uno de ellos, siendo excluidos 10 artículos por no tratar el tema concreto de experiencias existentes en la utilización de gafas HoloLens de realidad mixta en la actividad de los profesionales sanitarios.

Posteriormente se realiza una lectura completa de los 27 artículos restantes. Resultan excluidos 16 artículos por abarcar temas distintos al objetivo de estudio de la investigación, temas como por ejemplo ventajas y desventajas del uso de Microsoft HoloLens, por hacer comparaciones entre Microsoft HoloLens y otros dispositivos de realidad aumentada/mixta, por tratarse de investigaciones sobre diferentes procesadores de imágenes para una mejor integración de hologramas en la cámara de HoloLens, por tratarse de estudios piloto en animales, por ser estudios basados en moldes anatómicos y no en experiencias con pacientes reales o por ejemplo, por utilizar la realidad mixta como método de enseñanza en alumnos.

Por último, se seleccionan 11 artículos relacionados con el tema a estudio, experiencias existentes en la utilización de gafas HoloLens de realidad mixta en la actividad de los profesionales sanitarios.

En la figura 7 se ilustran los resultados de la búsqueda bibliográfica, así como el proceso de selección de los artículos.

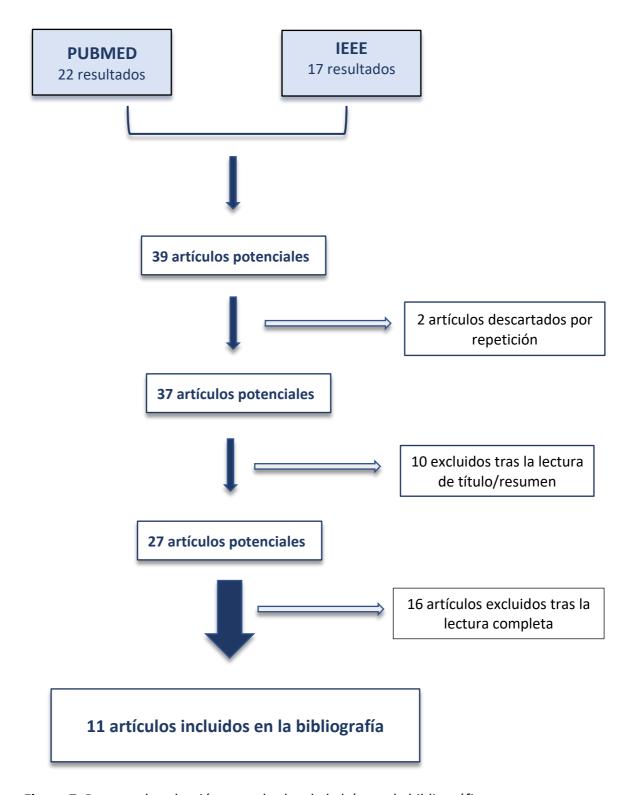


Figura 7: Proceso de selección y resultados de la búsqueda bibliográfica

3.3 Extracción de datos

Una vez seleccionados los 11 artículos que formarán parte de nuestra bibliografía, se ha extraído la información más relevante de cada uno de ellos.

En la tabla 1 se muestra la información referente al año de publicación y procedencia del artículo, principales objetivos del estudio, así como los principales resultados obtenidos de cada artículo escogido.

AUTOR	AÑO Y PAÍS	OBJETIVOS	RESULTADOS OBTENIDOS
Pratt, P., Ives, M., Lawton, G., Simmons, J., Radev, N., Spyropoulou, L. y Amiras, D.	2018, Reino Unido	Probar la capacidad de las gafas HoloLens para ayudar a la identificación de puntos de referencia quirúrgicos cuando se realizan reconstrucciones vasculares de las extremidades inferiores.	Los HoloLens demostraron ser una poderosa herramienta que tiene el potencial de reducir el tiempo asociado a la cirugía, así como mejorar la formación y proporcionar soporte remoto para el cirujano.
Wang, S., Parsons, M., Stone-McLean, J., Rogers, P., Boyd, S., Hoover, K., Meruvia- Pastor, O., Gong, M. y Smith, A.	2017, Canadá	Desarrollar una aplicación de telemedicina mediante el sistema de realidad mixta de HoloLens, para abordar los problemas asociados a la prestación de asistencia sanitaria rural.	Los participantes que utilizaron HoloLens como herramienta de telemedicina quedaron satisfechos, aunque hubo una ligera inclinación hacia la telemedicina "habitual" respecto a la utilización de las gafas Hololens. El tiempo requerido para finalizar el procedimiento fue mayor con el grupo que utilizó HoloLens. Para el mentor esta tecnología no alcanzó las expectativas.
Incekara, F., Smits, M., Dirven, C. y Vicent, A.	2018, Países Bajos	El objetivo del estudio fue ofrecer una prueba de la viabilidad clínica y la precisión de un	El estudio se realizó con veinticinco pacientes y los hologramas se crearon con éxito en todos los casos.

dispositivo de realidad 9 En pacientes la mixta como HoloLens localización del tumor con para la planificación las HoloLens no difería del preoperatoria sistema de neurocirugía. neuronavegación estándar y la diferencia media general fue de 0,4 cm. Wake, N., 2018, Describir la utilidad de El modelo 3D impreso y los Bjurlin, M. A., Estados la impresión en 3D y la hologramas de realidad Rostami, Unidos realidad mixta con mixta se utilizaron antes P., HoloLens para facilitar Chandarana H. de la operación y durante y Huang, W. C. comprensión la cirugía para ayudar en la anatómica y ayudar en nefrectomía parcial la planificación robótica, resultando factible quirúrgica y la toma de У segura decisiones durante la aplicación. nefrectomía parcial robótica. Describir el de El estudio revela que la Tepper, O. M., 2017, uso Rudy, Н. L., **Estados** HoloLens en la sala de posibilidad de interactuar Lefkowitz, A., Unidos operaciones en la sala de operaciones para Weimer, K. A., mejorar la toma de datos Marks, S. M., decisiones y el flujo de tridimensionales, ofrece a Stern, C. S. y trabajo quirúrgico. los cirujanos mayor acceso Garfein, E. S. a la información ayudando en la toma de decisiones. También facilita planificación prequirúrgica y, por consiguiente, el flujo de trabajo durante la intervención. Hanna, M. G., El objetivo del estudio El estudio demuestra que 2018, l., **Estados** es probar el dispositivo Ahmed, gracias а las gafas Unidos HoloLens HoloLens las muestras de Nine. J.. para Prajapati, S. y aplicaciones clínicas y patología escaneadas en Pantanowitz, L. no clínicas en patología. 3D podrían verse como hologramas y manipularse fácilmente, además, las gafas permitieron registrar las radiografías y mejorar la localización de hallazgos patológicos importantes.

Sirilak, S. y Muneesawang, P.	2018, Tailandia	El objetivo de la investigación fue implementar un sistema de E-Consulta mediante la aplicación de la realidad mixta de HoloLens en un entorno de UCI, para la trasmisión rápida y segura de servicios de consultoría a distancia.	La evaluación realizada al finalizar el estudio demuestra la fiabilidad y la eficiencia en el uso de HoloLens, lo que justifica su uso en sistemas de E-Consulta en los centros de UCI. Sin embargo, requiere un entrenamiento previo para los usuarios antes de implementarlo.
Perkins, S. L., Lin, M. A., Srinivasan, S., Wheeler, A. M., Hargreaves, B. A. y Daniel, B. L.	2017, Estados Unidos	El objetivo del estudio fue reducir el número de cirugías repetidas de mama, mediante la mejora de la capacidad de los cirujanos para determinar la extensión del tumor, aplicando la realidad mixta con HoloLens.	El estudio reveló que las imágenes proyectadas sobre el paciente ayudan al cirujano en la localización del tumor durante la planificación quirúrgica, así como a la resección del mismo.
Moreta, R., García, D., García, M., Pérez, R., Calvo, J. y Pascau, J.	2018, España	En este estudio, los autores proponen un método basado en la impresión tridimensional de estructuras anatómicas del paciente junto con la utilización de las gafas HoloLens, que facilite la cirugía de resección de un sarcoma de Ewing extraóseo.	El estudio revela que, a pesar de haber ciertas limitaciones en el proceso, no se obtuvieron mediciones de error cuantitativo durante la cirugía y, la alineación entre los hologramas proyctados en las gafas y la anatomía real fue precisa.
Bucioli, A., Cyrino, G., Lima, G., Peres, I., Cardoso, A., Lamounier, E., Neto, M.M. y Botelho, R.	2017, Estados Unidos	El objetivo del estudio es presentar un modelo 3D reconstruido de tomografía coronaria que permita una visualización holográfica en tiempo real. Para ello se utilizarán las gafas de realidad mixta de	Los entornos de realidad virtual y aumentada se pueden combinar fácilmente, proporcionándose un entorno médico de colaboración para apoyar la solución de diagnóstico.

		HoloLens, con el fin de apoyar el diagnóstico médico en un contexto de telemedicina.	
Sharma, A., Hunt, C. L., Maheshwari, A., Osborn, L., Lévay G., Kaliki, R. R., Soares, A.B. y Thakor, N.	Estados	realizado es desarrollar un entorno de entrenamiento aplicando la realidad	desempeño en el tiempo de entrenamiento, así como una disminución general en el esfuerzo

 Tabla 1: Principales características de los artículos seleccionados

4. RESULTADOS

En los once artículos seleccionados se utilizan tanto datos cualitativos como cuantitativos. Los estudios provienen de diferentes lugares del mundo como Reino Unido, Canadá, Países Bajos, Estados Unidos, Tailandia o España donde se han llevado a cabo diferentes prácticas clínicas utilizando las gafas HoloLens de realidad mixta. Pese a que los estudios realizados son de diversa temática, se pueden observar resultados similares que se describirán a continuación.

Los estudios muestran las experiencias en la utilización de las gafas HoloLens en diferentes ámbitos clínicos, centrándose principalmente en el ámbito quirúrgico (Incekara, Smits, Dirven y Vicent, 2018; Moreta y otros., 2018; Perkins y otros., 2017; Pratt y otros., 2018; Tepper y otros., 2017; Wake, Bjurlin, Rostami, Chandarana y Huang, 2018) y el ámbito de la telemedicina (Bucioli y otros., 2017; Sirilak y Muneesawang, 2018; Wang y otros., 2017).

Los resultados serán expuestos en base a las dos áreas temáticas que predominan en los artículos: experiencias con HoloLens en el ámbito quirúrgico y experiencias con HoloLens en telemedicina. Y finalmente un tercer apartado, sobre las aplicaciones de HoloLens en el medio clínico fuera de estos dos ámbitos (Hanna, Ahmed, Nine, Prajapati y Pantanowitz, 2018; Sharma y otros., 2018).

4.1 HoloLens en el ámbito quirúrgico

El sistema de realidad mixta de HoloLens ha sido utilizado, entre otros, en la planificación quirúrgica de mama. Los cirujanos a menudo tienen que evocar mentalmente las imágenes obtenidas mediante escáner o resonancia magnética del paciente y esto supone un gran reto en la cirugía de mama, puesto que habitualmente la posición de la paciente en la mesa de operaciones no coincide con la adoptada en la prueba de imagen, lo que implica una variación en la disposición del tejido mamario. Utilizando las gafas HoloLens, se pueden proyectar hologramas 3D de la resonancia magnética (RMN) preoperatoria y el tumor sobre y dentro de la mama real en tiempo real durante la planificación quirúrgica, proporcionando una mayor información sobre la localización y extensión del tumor para su posterior resección. No obstante, es

importante tener en cuenta la deformación de la mama y la localización del tumor entre las posiciones prona y supina, para deformar adecuadamente los hologramas durante el registro de la paciente. De este modo, se garantiza que la posición del tumor es precisa en la imagen proyectada por las gafas (Perkins y otros., 2017).

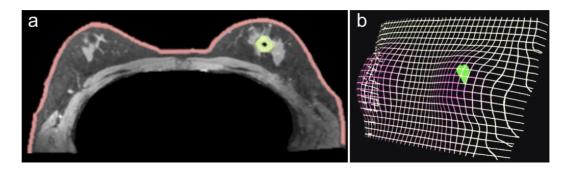


Figura 8: a) Ejemplo de imagen de RMN preoperatoria adquirida en posición supina, con el tumor indicado en verde. El agente de contraste utilizado gadolinio inyectado hace que el tumor se vea brillante en las imágenes de RM, de modo que se pueda identificar su ubicación y extensión. b) Ejemplo de mallas de piel y tumor cargadas en HoloLens como hologramas. Estas dos estructuras se pueden segmentar a partir de las imágenes de RM de forma semiautomática (Perkins y otros., 2017).

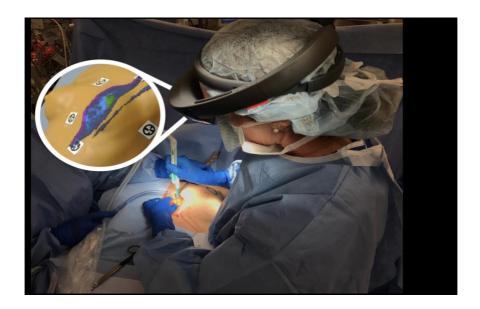


Figura 9: Un prototipo del sistema de realidad mixta para la planificación quirúrgica de mama. El cirujano usa las gafas HoloLens que proyectan un holograma 3D de imágenes de RMN preoperatoria en el seno de la paciente a través del rastreo basado en marcadores, y muestra la ubicación y forma del tumor (Perkins y otros., 2017).

Otros autores como Meola y colaboradores (2017) revisaron los estudios de HoloLens en el campo de la neurocirugía y concluyeron que, el dispositivo de realidad mixta, tiene un beneficio potencial para mejorar los sistemas actuales de neuronavegación, sin embargo, los estudios de aplicación clínica y prospectiva son limitados. Incekara y otros (2018) probaron la aplicabilidad clínica y la precisión de las gafas HoloLens para la localización y planificación preoperatoria de tumores neuroquirúrgicos mediante reconstrucciones holográficas tridimensionales e imágenes de resonancia magnética cerebral, en comparación con la neuronavegación estándar. El estudio proporciona una prueba de que HoloLens tiene el potencial para la planificación operativa de la cirugía de tumores cerebrales con medidas de resultado cuantitativas. Los cirujanos experimentaron también beneficios en términos de mantenimiento de la atención y enfoque en el paciente (no tienen que levantar la mirada del paciente para mirar la pantalla de neuronavegación), mejor ergonomía y mejor comprensión de la relación tumor-cerebro/cráneo debido a una representación holográfica directa en 3D del tumor cerebral. A pesar de que la mayoría de los tumores estaban localizados superficialmente, hubo casos complejos con tumores en la base del cráneo o en los ganglios basales, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre la precisión de los tumores superficiales y profundos. Los autores mencionan que hubo una curva de aprendizaje para los neurocirujanos en el uso de las gafas para localizar y marcar el borde del tumor en la cabeza del paciente, obteniéndose mejores resultados en la localización del tumor hacia el final del estudio (Incekara y otros., 2018).

Otras de las opciones que ofrece el dispositivo HoloLens es la posibilidad de consultar protocolos, radiografías, videos o archivos PDF durante una operación quirúrgica. Mediante HoloLens, varias ventanas bidimensionales pueden abrirse simultáneamente y el cirujano puede manipularlas en un ambiente completamente estéril, usando sólo movimientos de la mano en el espacio o comandos de voz. Estos sistemas portátiles brindan a los cirujanos acceso a información multimodal en tiempo real sin interrumpir el flujo de trabajo y la eficiencia quirúrgica. La capacidad de interactuar intraoperatoriamente con ventanas de datos ofrece a los cirujanos un mayor acceso a la información y sienta las bases para una mejor toma de decisiones (Tepper y otros., 2017).

La aplicación intraoperatoria con HoloLens ofrece posibilidades muy interesantes como la simplificación y la ejecución precisa de procedimientos, lo cual podría reducir el tiempo de anestesia en los pacientes y la morbilidad asociada a la cirugía. Esto se ha comprobado, por ejemplo, en cirugías de reconstrucción vascular asistidas por HoloLens, donde la lesión podría haber distorsionado los puntos anatómicos de referencia. Mediante las gafas de realidad mixta el cirujano puede incorporar imágenes preoperatorias de tomografía computarizada y/o resonancia magnética a su campo de visión durante la operación, lo cual le permite "ver a través de" la piel del paciente y apreciar la anatomía subyacente sin hacer una sola incisión. Tras una serie de intervenciones asistidas por HoloLens, Pratt y colaboradores (2018) han demostrado que la realidad mixta de este dispositivo puede ayudar a la identificación, disección y ejecución precisa de la vasculatura durante la cirugía reconstructiva.

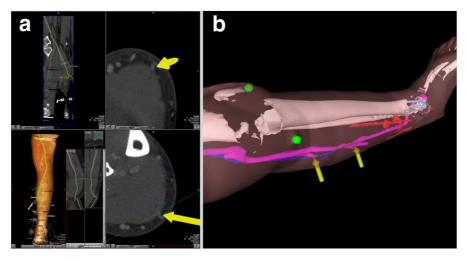


Figura 10: A) las imágenes de tomografía computarizada (TAC) muestran la ubicación de las arterias perforadas con flechas amarillas. B) ejemplo de representación HoloLens de modelos poligonales segmentados (Pratt y otros., 2018).

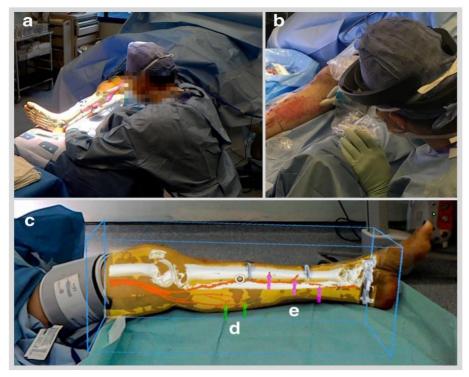


Figura 11: A) superposición de los modelos vistos desde HoloLens. B) confirmación de la ubicación de la perforación con ecografía Doppler audible. C) superposición con cuadro delimitador; las flechas resaltan la posición de las arterias surales (d) y (e) los vasos tibiales posteriores perforados (Pratt y otros., 2018).

Wake y colaboradores (2018) probaron también la tecnología de HoloLens durante la nefrectomía parcial asistida por robot, demostrándose su utilidad en la planificación preoperatoria y como guía intraoperatoria, facilitándose la comprensión anatómica de las estructuras involucradas y observándose una influencia en la toma de decisiones quirúrgicas.

Otra de las aplicaciones de HoloLens en el campo quirúrgico fue la desarrollada por Moreta y colaboradores (2018), en su trabajo utilizaron las gafas HoloLens para facilitar la cirugía de resección de un sarcoma de Ewing extraóseo. Se proyectaron en el paciente imágenes virtuales basadas en estudios preoperatorios (TAC, RMN o tomografía por emisión de positrones) adquiridos del paciente, y modelos 3D del tumor y el hueso para la orientación quirúrgica. El usuario tenía la opción de seleccionar el corte y el eje (axial, coronal o sagital) de las imágenes en 3D y situarlas en su posición real respecto al paciente. No se obtuvieron mediciones de error cuantitativo durante la cirugía y la alineación entre los datos de los hologramas proyectados y la anatomía real fue precisa.

Se realizó, también, una evaluación cualitativa del flujo de trabajo y la funcionalidad durante el uso del dispositivo, aprobándose el enfoque de realidad mixta por los cirujanos durante la intervención quirúrgica (Moreta y otros., 2018).

La realidad mixta es una herramienta poderosa en el campo médico, donde brinda la oportunidad de ofrecer más información del paciente al médico al incluir datos clínicos relevantes en la vista entre él y el paciente. Durante las últimas dos décadas, la MR ha facilitado tanto la capacitación médica como la planificación y orientación quirúrgica (Moreta y otros., 2018).

4.2 HoloLens en el ámbito de la telemedicina

La telemedicina, que utiliza la tecnología de la comunicación para ofrecer servicios a distancia, es otro de los entornos en los que la aplicación de HoloLens parece prometedora. Las gafas se han utilizado como una plataforma de telemedicina en zonas rurales limitadas por la falta de acceso a servicios de salud, ausencia de servicios médicos especializados y escasos profesionales sanitarios experimentados. El proyecto de investigación llevado a cabo por Sirilak y colaboradores (2018) desarrolla un sistema de implementación de E-Consulta basado en los sistemas de MR y holográfica, para la entrega rápida y segura de servicios de consultoría a distancia, tanto de profesionales sanitarios a pacientes como de profesionales sanitarios experimentados a médicos noveles. Este estudio demuestra la fiabilidad y eficiencia de la implementación del dispositivo HoloLens y justifica el uso de E-Consulta en los centros hospitalarios, demostrando una reducción en las tasas de mortalidad y morbilidad y siendo altamente beneficioso en la prestación de atención y prevención. En la tecnología de realidad mixta de HoloLens se ha encontrado una alternativa económica y potencialmente eficaz para hacer frente a estos problemas. Sin embargo, consideran esencial un entrenamiento previo a la implementación del dispositivo entre los profesionales sanitarios.

La misma línea de trabajo han seguido otros autores como Wang y colaboradores (2017), con el fin de paliar los desafíos sanitarios en zonas rurales con escasos recursos sanitarios. A diferencia del estudio anterior, en este proyecto se crea un espacio de emergencia rural simulado, en el que médicos noveles son guiados por un mentor en una simulación de un escenario de trauma. Posteriormente se evaluaron las

perspectivas de los aprendices, el mentor y observadores externos para comparar los resultados con los de una telemedicina "tradicional", la utilizada hasta la fecha.

Los resultados de la experiencia reflejan que no hubo diferencia significativa en cuanto al rendimiento general de los participantes, incluso calificaron el esfuerzo mental y la dificultad de la tarea como inferior utilizando HoloLens. Desde otro punto de vista, el mentor consideró que era más complicado proporcionar orientación a los médicos noveles con las gafas que con la telemedicina tradicional. Por otro lado, la duración del procedimiento con HoloLens fue de unos pocos segundos más que el realizado por la vía tradicional de telemedicina, pero esto podría explicarse simplemente por una mala calidad de conexión de las gafas HoloLens. En comparación con otros dispositivos de telemedicina disponibles, las gafas HoloLens son más fáciles de configurar y ejecutar, y aportan la particularidad de poder seguir las instrucciones de voz a la vez que se visualizan los gestos de las manos del mentor.

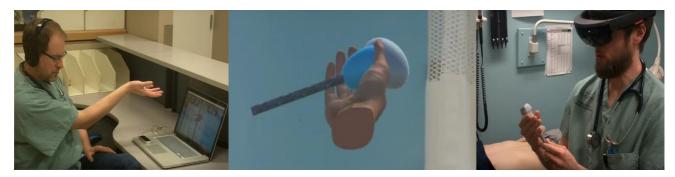


Figura 12: Plataforma de telemedicina de realidad mixta que incluye señalamiento remoto en tiempo real y captura de gestos (Wang y otros., 2017).

La telecardiología es otro campo prometedor, teniendo en cuenta que en muchas enfermedades cardiovasculares un diagnóstico prematuro y un tratamiento temprano mejoraría los resultados en términos de mortalidad y recuperación funcional (Bucioli y otros., 2017). Las técnicas de imagen juegan un papel primordial en el proceso diagnóstico de muchas enfermedades, ya que gracias a estas técnicas es posible observar y analizar muchos de los detalles ocultos de la anatomía humana. En el estudio llevado a cabo por Bucoli y colaboradores (2017) probaron una experiencia holográfica compartida en la que dos o más personas podían observar los mismos objetos

holográficos en su propio dispositivo en tiempo real, estos objetos eran modelos 3D de un corazón reconstruido a partir de una tomografía coronaria. Como resultado, se proporciona un entorno médico de colaboración, en el que varios profesionales pueden participar en la interpretación y elaboración del diagnóstico médico de aquellos pacientes que se encuentran en lugares aislados o remotos donde los especialistas sanitarios son limitados. La clave que permite compartir experiencias holográficas es que diferentes usuarios vean los mismos hologramas (por ejemplo, datos electrocardiográficos) en su propio dispositivo, y esto es posible con HoloLens, lo que permite el diagnóstico médico "simultaneo". Los autores esperan que se mejore el procedimiento diagnóstico médico. Otra de las ventajas que ofrece la telecardiología es la reducción del número de citas en seguimiento en el hospital de pacientes con patología cardiaca.

4.3 Otros ámbitos de aplicación de HoloLens en el medio clínico

Cada vez son más las aplicaciones de HoloLens en la practica clínica y van más allá de procedimientos quirúrgicos o la atención clínica a distancia.

También en el servicio de anatomía patológica, Hanna y colaboradores (2018) prueban la viabilidad de HoloLens en diversas aplicaciones clínicas y no clínicas. Refieren las ventajas que ofrece la utilización de HoloLens para realizar autopsias (exámenes macroscópicos y microscópicos), adecuadas para la patología digital (empleando radiografías registradas de pacientes, para así mejorar la localización de hallazgos patológicos). La resolución de la imagen fue suficiente para permitir la patología digital, así como la visualización y manipulación de muestras de patología 3D. Por otro lado, facilitaron el audio remoto, en tiempo real, bidireccional y la anotación de realidad mixta (mediante flechas o dibujos a mano alzada en el entorno circundante) permitiendo que los usuarios recibieran instrucciones o interactuaran entre sí. Además, la tecnología de HoloLens permitió mostrar múltiples ventanas virtuales en el campo visual del usuario e interaccionar con ellas, así como acceder a una gran variedad de aplicaciones clínicas seguras (manuales de procedimientos, imágenes microscópicas de patología, imágenes radiológicas etc.).

Otra línea completamente diferente es la que siguieron Sharma y colaboradores (2017) en su estudio, donde se muestra cómo las HoloLens pueden contribuir también en la adaptación de personas amputadas a sus prótesis. Adaptarse a una amputación resulta muchas veces difícil para el propio cuerpo, y es frecuente que, tras la cirugía, los amputados tengan que esperar hasta varios meses para recibir una prótesis adecuada. En su trabajo presentan un entorno de entrenamiento de realidad mixta para amputados de miembros superiores, donde pueden entrenar e interactuar con objetos holográficos al mismo tiempo que reciben retroalimentación táctil y propioceptiva. En este estudio se combina la realidad mixta de HoloLens con sistemas hápticos, los cuales permiten al usuario sentir propiedades tales como la textura superficial (retroalimentación táctil) o sentir las formas, tamaños y peso de los objetos (retroalimentación kinestésica) (Medellín, González, Espinosa, Govea y Lim, 2014).

De esta forma, los pacientes podrán simular el manejo de lo que será su "nueva extremidad" mientras esperan la prótesis definitiva.

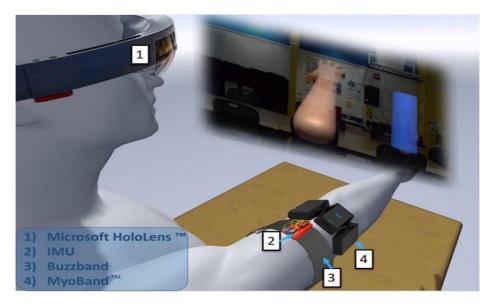


Figura 13: 1) Microsoft HoloLens para el entorno de MR. 2) unidades de medida inercial (IMU) para el control de miembros aumentados. 3) un brazalete propioceptivo para la realimentación de la posición de las extremidades. 4) brazalete para retroalimentación táctil. También se muestra en la figura la perspectiva del usuario (Sharma y otros., 2017).

5. DISCUSIÓN

Hasta la fecha, los usos potenciales de HoloLens en el campo sanitario incluyen educación, simulación en procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos guiados por imagen y atención clínica, como la telemedicina (Hanna y otros., 2018). Como refleja la literatura revisada, son dos los contextos que se han beneficiado notoriamente de la tecnología de HoloLens, el quirúrgico y la telemedicina.

Microsoft lanzó al mercado sus gafas HoloLens en marzo del 2016, desde entonces se han probado en diferentes escenarios como reconstrucciones vasculares, neurocirugía, nefrectomía, cirugía maxilofacial, cirugía de mama y resección de tumores extraóseos. Son muchos los autores que definen las HoloLens como una herramienta con potencial para la planificación operativa en cirugía, para mejorar la ergonomía durante la planificación quirúrgica, para reducir el tiempo de anestesia y la morbilidad asociada con la cirugía, así como para mejorar el entrenamiento y brindar apoyo al cirujano (Incekara y otros., 2018; Moreta y otros., 2018; Perkins y otros., 2017; Pratt y otros., 2018; Tepper y otros., 2017; Wake y otros., 2018).

Del mismo modo, se ha observado cómo las gafas HoloLens pueden ser de gran utilidad cuando se utilizan como sistema de telemedicina, ofreciendo la posibilidad de consultar y rápidamente obtener asesoramiento de profesionales especializados ya sea dentro del entorno hospitalario o remoto. Han demostrado ser altamente beneficiosas en la prestación de atención y prevención o en la reducción de la tasa de morbilidad y mortalidad, proporcionando servicios de mayor calidad y un mayor acceso a los servicios médicos en poblaciones aisladas donde los servicios y el personal sanitario son insuficientes (Bucoli y otros., 2017; Sirilak y otros., 2018; Wang y otros., 2017). Asimismo, la posibilidad de telemedicina que ofrece la realidad mixta de HoloLens mejora la continuidad de la atención, ofrece una mayor disponibilidad de la información al paciente y disminuye la frecuencia de visitas de pacientes a los especialistas de la salud. Se ha demostrado también que aumenta la autonomía del paciente y se disminuyen las derivaciones innecesarias, los viajes y los tiempos de espera, así como los costes asociados a los pacientes y al sistema sanitario (Wang y otros., 2017).

En España, las gafas se usaron por primera vez en el Hospital Gregorio Marañón de Madrid en una intervención real de un tumor muscular maligno, en 2017.

"... los médicos pudieron, por ejemplo, consultar en forma de hologramas, modelos de reconstrucción 3D del tumor, un TAC, una resonancia magnética del paciente, radiografías y un atlas quirúrgico, manteniendo en todo momento la atención sobre la intervención. Este sistema permite ganar precisión, acortando tiempo y riesgos quirúrgicos" (Radiocable, 2017).

El precio de las gafas ronda los 3.000 euros, no obstante, el cirujano del Hospital Gregorio marañón, Rubén Pérez, afirma que "las gafas estarían amortizadas con la primera operación". Asegura que son lo suficientemente cómodas para operar, aunque lo ideal sería desarrollar unas gafas quirúrgicas con algo mas de autonomía (la autonomía de las gafas HoloLens actuales es de 2 o 3 horas) puesto que hay intervenciones que pueden extenderse mucho más, y que cubriesen más la cara del usuario para prevenir posibles salpicaduras de sangre durante la operación. La latencia es otro de los aspectos que puede cuestionar el uso de HoloLens en quirófano, sin embargo, según este cirujano el dispositivo no sufre ningún tipo de latencia al llevarlas puestas. Saber que los tiempos de carga de datos son inevitables y suelen ser de unos pocos segundos, pero no parece suponer un problema ya que no detiene la operación en ningún momento (Muela, 2017).

No obstante, a pesar de la viabilidad clínica demostrada, Incekara y otros (2018) señalan la necesidad de un mayor desarrollo para mejorar la precisión y aplicabilidad clínica del dispositivo de realidad mixta de HoloLens. Mencionan, también, la existencia de una curva de aprendizaje para los cirujanos en el uso del dispositivo, obteniéndose resultados más precisos hacia el final del estudio. En su trabajo, Perkins y colaboradores (2017) expresan la necesidad de mejora en el registro de imágenes (RMN, TAC) del paciente y la posición de las mismas sobre el cuerpo en tiempo real, así como una mejora en el tiempo de registro de los hologramas al paciente. También se considera necesario preparar el ajuste y la calibración de HoloLens para que siempre se adapte adecuadamente a la cabeza del usuario y se pueda colocar rápidamente (Perkins y otros., 2017).

Autores como Tepper y colaboradores (2017) mencionan otra serie de limitaciones en el dispositivo como la falta de un software específico disponible o la aparición de nauseas / vértigo con el uso prolongado de las gafas, que podrían impedir la capacidad de adopción de HoloLens por los usuarios.

Diferentes problemas como la necesidad de un entrenamiento previo a la hora de utilizar HoloLens, su peso, el tamaño de la lente y el calor generado cuando se usan han sido descritos también por autores como Sirilak y Muneesawang (2018). Por lo que es fundamental lograr un ajuste adecuado de las gafas desde un punto de vista ergonómico y un dominio de las funciones básicas.

Varios los autores coinciden en la necesidad de nuevos avances en el hardware y el sistema de HoloLens en un futuro próximo, que contribuya a la mejora de la eficiencia, eficacia y facilidad de uso (Sirilak y otros.,2018).

Las nuevas tecnologías y especialmente la realidad mixta, han cobrado una importancia considerable en los últimos años. Sin embargo, teniendo en cuenta que HoloLens comenzó a comercializarse hace sólo tres años, son pocas las publicaciones realizadas sobre HoloLens en la práctica clínica hasta la fecha.

Bien es cierto que existen diferentes experiencias con HoloLens en simulaciones de parto (DeLeC Científica Argentina, 2018), simulaciones en la colocación de drenajes extraventriculares (Duke University, 2016), se han utilizado con éxito también en operaciones de tumores malignos musculares (Muela, 2017) y en intervenciones de columna vertebral (Martínez, 2017). Sin embargo, actualmente, no hay publicaciones sobre ellas.

Ya en el 2015 se anunciaba cómo las HoloLens podrían transformar la enfermería y mejorar el cuidado de los pacientes mediante la formación de los profesionales, el entrenamiento de enfermeras en la actuación ante desastres (terremotos, tsunami, choque de avión, ataques terroristas), la telemedicina y promoviendo una educación al paciente más efectiva y personalizada (DeCapua, 2015). Pero la realidad es que no se ha encontrado ninguna publicación en la literatura revisada sobre la utilización de las gafas HoloLens y la práctica enfermera.

A día de hoy, en España, el único estudio publicado, además recientemente, sobre la aplicabilidad de HoloLens en la práctica enfermera es el realizado por las investigadoras de la Universidad Pública de Navarra (UPNA) sobre la instrumentación quirúrgica de enfermería en quirófano (San Martín, Soto, Echeverría y Escalada, 2019).

En definitiva, la revisión de la literatura realizada muestra la viabilidad clínica de HoloLens en el campo sanitario. Pese a que la mayoría de aplicaciones con HoloLens están dirigidas hacia profesionales médicos, este dispositivo podría dar respuesta a diferentes necesidades de la práctica enfermera.

Sin obviar los factores limitantes expuestos anteriormente, esta tecnología tiene un enorme potencial para influir en la sanidad y beneficiar a numerosos pacientes en el futuro.

6. CONCLUSIONES

A continuación, se exponen las conclusiones obtenidas:

- La realidad mixta de HoloLens tiene un gran potencial para influir en diferentes escenarios del ámbito clínico, complementando el trabajo de los profesionales, mejorando la calidad de los servicios sanitarios beneficiando a numerosos pacientes e incluso agilizando el flujo de trabajo.
- Predominan en las experiencias descritas con HoloLens en el ámbito médico, mientras que las aplicaciones realizadas en el colectivo enfermero son limitadas.
- Se debe tener en cuenta que, durante el uso prolongado del dispositivo las náuseas, el mareo, la desorientación o la fatiga ocular podrían dificultar la adopción de las gafas por parte del profesional sanitario.
- Es fundamental lograr un ajuste adecuado de las gafas desde un punto de vista ergonómico y un dominio de las funciones básicas, para ello es necesaria una familiarización previa del usuario con el dispositivo HoloLens.
- En la tecnología de realidad mixta con HoloLens se ha encontrado una alternativa económica y potencialmente eficaz para hacer frente a los problemas de salud en zonas rurales aisladas, con servicios y profesionales sanitarios experimentados insuficientes.
- El quirófano es uno de los lugares selectos para el uso de las gafas de realidad mixta, mejorando tanto la planificación quirúrgica como el rendimiento quirúrgico durante la intervención.
- HoloLens brinda la oportunidad de interactuar en tiempo real con información multimodal holográfica, sin interrumpir el flujo de trabajo ni la eficiencia quirúrgica.

- El diseño y la funcionalidad de las gafas se adaptan a las particularidades del contexto quirúrgico, permitiendo mantener la esterilidad durante todo el procedimiento gracias a su manejo por comandos de voz o mediante gestos.
- Cuando se trabaja con hologramas anatómicos complejos, los errores en la localización son mínimos, pero existentes. Por ello, se hace necesario un mayor desarrollo para mejorar la precisión del dispositivo de realidad mixta HoloLens.

7. PROPUESTA TEÓRICA

7.1 Introducción

Tras la revisión bibliográfica llevada a cabo, se ha constatado la existencia de aplicaciones clínicas con HoloLens en dos campos esencialmente, el quirúrgico y la telemedicina; además de otras aplicaciones más concretas en anatomía patológica y como dispositivo de ayuda para la adaptación de personas amputadas a sus prótesis nuevas. Sin embargo, no se ha encontrado ninguna experiencia descrita en la literatura sobre la utilización de las gafas HoloLens en práctica enfermera.

El contesto quirúrgico es el más explorado para el uso del dispositivo HoloLens. Indudablemente presenta una clara ventaja respecto al resto de dispositivos utilizados hasta la fecha, y es que, estas gafas de realidad mixta permiten al usuario interactuar con "manos libres", sin necesidad de tocar, únicamente utilizando comandos de voz o sencillos gestos manuales. Es por eso que, HoloLens, se adapta perfectamente a un escenario tan específico como es el quirófano, donde la esterilidad es imprescindible. Permite, además, reducir el tiempo de intervención y mejorar la precisión, tomar decisiones e intercambiar información entre los diferentes profesionales que se encuentran en quirófano.

En el Complejo Hospitalario de Navarra (CHN) se realizó una experiencia con las gafas HoloLens, recientemente publicada, en la que se utilizó con éxito el dispositivo de realidad mixta para apoyar las tareas de instrumentación quirúrgica de enfermería en quirófano durante una cirugía de prótesis parcial de cadera (San Martín y otros, 2019). La razón de esta intervención surgió para dar respuesta a las necesidades detectadas en la práctica enfermera al enfrentarse a un lugar de trabajo altamente exigente como es el quirófano, donde se necesita un elevado nivel de capacitación y conocimientos, especialmente en labores de instrumentación. Con el dispositivo, la enfermera instrumentista que utiliza las gafas HoloLens puede ver en una pantalla virtual información sobre los pasos de la operación quirúrgica en la que está inmersa, a la vez que sigue visualizando el instrumental y el campo quirúrgico con normalidad, todo ello permite a la enfermera adelantarse a las necesidades del cirujano.

La experiencia resultó positiva. El estudiante de enfermería que realizó el rol de instrumentista se anticipó a los pasos de la cirugía, lo cual fue posible gracias a la información virtual que podía manejar de forma autónoma manteniendo en todo momento la esterilidad e interactuando con el dispositivo HoloLens mediante comandos de voz y gestos manuales.

Teniendo en cuenta la gran variedad de procedimientos quirúrgicos existentes en cada especialidad, así como la variedad de instrumentos quirúrgicos, en esta propuesta se pretende, continuando con la misma línea de trabajo, utilizar la tecnología de realidad mixta con gafas HoloLens para facilitar a los estudiantes de enfermería la tarea de preparación de la mesa quirúrgica en quirófano.

7.2 Objetivos

El principal objetivo es desarrollar y evaluar la incorporación de las gafas HoloLens de realidad mixta como soporte para estudiantes de enfermería en la preparación de la mesa de instrumentación quirúrgica.

7.3 Materiales y métodos

Diseño

Se realizará una evaluación cualitativa de la incorporación de las gafas HoloLens de realidad mixta en quirófano, con el objetivo de facilitar a estudiantes de 4º curso de enfermería la preparación de la mesa de instrumentación quirúrgica con solvencia y autonomía durante sus prácticas en este servicio.

Muestra y muestreo

El estudio se llevará a cabo en el quirófano del Complejo Hospitalario de Navarra (CHN).

Para realizar la evaluación de la incorporación de las gafas de realidad mixta de HoloLens en quirófano, se llevará a cabo un grupo de discusión para el que contaremos con 10 participantes (estudiantes de 4º curso de enfermería con rotatorio de prácticas en el quirófano del CHN) tal y como se recomienda para este tipo de grupos (Gauthier, 1997). Para ello, se contactará en primera instancia con las personas responsables del CHN y se les informará del propósito. A su vez, se contactará con los estudiantes de rotatorio

en el área quirúrgica, se les ofrecerá colaborar en el proyecto y se les explicará qué se espera de ellos. Los interesados formarán parte del equipo organizador para desarrollar una evaluación y participar en una sesión de discusión.

Intervención

La propuesta de intervención consiste en la utilización de las gafas HoloLens de realidad mixta por parte de estudiantes de 4º curso de enfermería en la preparación de la mesa de instrumentación quirúrgica. Los estudiantes realizarán la función habitual de preparación de la mesa quirúrgica, puesto que las gafas permiten contemplar el entorno real, pero además tendrán la posibilidad de visualizar, de manera virtual, los materiales necesarios para la intervención específica, así como la organización de la mesa quirúrgica.

Cuando se inicia una intervención quirúrgica, tanto el orden como el conocimiento de todo el instrumental es vital. Gracias al dispositivo HoloLens, los estudiantes podrán preparar la mesa con mayor solvencia y autonomía siguiendo las indicaciones proporcionadas por la imagen virtual proyectada en las gafas. Una vez colocadas, aparece en el campo de visión un "cursor" o "flecha" que el estudiante desplazará con el movimiento de sus ojos. El estudiante seleccionará la imagen que tiene guardada en la gafa (una fotografía de la mesa quirúrgica ya montada) con un gesto manual en el aire y la podrá situar en cualquier lugar del entrono real, bien sea una pared, un soporte ya existente o en el "aire" como si estuviera levitando. Una vez seleccionada la ubicación, la pantalla queda fijada prevaleciendo sobre cualquier otro elemento, sin dificultar la visión del resto del entorno del quirófano. El estudiante observará en la imagen virtual la mesa quirúrgica ya preparada y, de esta forma, podrá realizar el montaje de la mesa siguiendo las indicaciones de la imagen proyectada, colocando los instrumentos quirúrgicos reales sobre la mesa quirúrgica.

De este modo, se permite a los estudiantes adquirir la destreza y seguridad adecuadas para llevar a cabo la preparación de la mesa quirúrgica en quirófano, gestionando la información virtual de forma autónoma, manteniendo la esterilidad en todo momento e interactuando con las gafas mediante gestos.

Recogida de datos

La recogida de datos se realizará con la ayuda de un grupo focal.

El desarrollo del grupo focal se llevará a cabo en presencia de dos investigadores, quienes se encargarán de dirigir la discusión. Para ello, los investigadores dispondrán de una guía temática. Esta guía temática, incluirá diversos temas en relación con la intervención llevada a cabo con las gafas de realidad mixta en quirófano. Esta guía se utilizará para saber en todo momento lo que le queda al grupo por debatir. A nivel de usabilidad del dispositivo HoloLens, se valorarán aspectos como la comodidad de las gafas (peso, campo de visión, etc.). A nivel de usabilidad de la aplicación, se valorará la facilidad de uso (localización de la aplicación (APP) en el escritorio, facilidad de apertura y cierre de la APP, posición de la ventana en el espacio, etc.). Finalmente, se valorará la percepción de utilidad de la APP por los usuarios (ahorro de tiempo, facilidad a la hora de ordenar la mesa, etc.).

Para comenzar, se hará una ronda de presentaciones donde cada uno de los participantes e investigadores dirán su nombre. A continuación, los investigadores expondrán el objetivo de la reunión, realizarán una explicación del funcionamiento del grupo de discusión y darán una serie de indicaciones básicas de actuación. Desde el primer momento se informará a los participantes que no han sido convocados para que respondan a una lista de preguntas, sino para que debatan entre ellos, sin incluir a los investigadores en el debate. Asimismo, se dejará claro que no hay opiniones más verdaderas que otras, todas y cada una de ellas son útiles.

Uno de los investigadores asumirá el rol de observador, prestando atención a factores relacionados con los miembros del grupo (actitudes, reacciones ante los temas que se van planteando, etc.), factores relacionados con la dinámica del grupo (dificultadas que surjan, conflictos, etc.) así como a los objetivos específicos de la reunión y el grado de cumplimiento. Tomará anotaciones durante el transcurso de la sesión. El segundo investigador, será el encargado de guiar y conducir al grupo, garantizándose así que todos los temas incluidos en la guía temática son expuestos. Será éste quien asuma el papel de moderador, motivando a los participantes si no hay participación, generando confianza y orientando las aportaciones. El moderador irá planteando al grupo varios temas de reflexión: usabilidad de las gafas HoloLens, usabilidad de la aplicación y

percepción de utilidad de la APP. Tras formular la propuesta de debate, dejará que los participantes discutan y expongan su criterio. Durante todo el debate el moderador dirigirá el funcionamiento del grupo y lo reconducirá si es necesario. Si los participantes no entienden lo que se les plantea será el moderador quien explique y ayude al grupo. En ningún momento entrará en la discusión, únicamente podrá sugerir, aportar información y aclarar confusiones o contradicciones, nunca expresar opiniones personales. Se tendrá en cuenta la importancia que los participantes otorgan a cada tema tratado, por lo que es importante no interrumpir las iniciativas de los participantes. Una vez expuestos los temas contemplados en la guía, el moderador dirá a los participantes si hay algo más que quieran añadir, de esta forma se da cabida a aquellos temas no incluidos en la guía que puedan surgir y que puedan ser de utilidad para el estudio, dejando el curso del debate a la espontaneidad de los participantes. Una vez finalizada la discusión, se agradecerá a los participantes su colaboración y se les despedirá.

Las sesiones serán grabadas mediante una grabación de voz. Su contenido, será transcrito íntegramente para el análisis posterior a la recogida de datos.

Previamente y con antelación, será entregado un consentimiento informado a los participantes que deberán firmar antes de la discusión grupal. En él, consentirán participar de manera voluntaria en el estudio, así como que sea grabado todo lo que digan.

Análisis de datos

Una vez realizado el grupo focal, se procede a la transcripción de la discusión llevada a cabo.

La transcripción realizada será posteriormente codificada y analizada. Inicialmente, se codificarán con un primer nivel de condensación de los datos, posteriormente se llevará a cabo un segundo nivel de organización de los datos y finalmente, para analizar los datos de la manera óptima se procederá a un tercer nivel de interpretación de los datos recogidos y ya condensados (Huberman y Miles, 1991). Los tres niveles de análisis descritos anteriormente serán realizados con ayuda del programa informático N'Vivo.

Se trata de "un software especifico que pretende servir de ayuda al investigador cualitativo en distintas tareas de investigación" (Pavón & Casanova, 2004). Estos mismos autores señalan que es necesario crear un proyecto para realizar una investigación apoyándose en N'Vivo. El proyecto reunirá la información, datos, observaciones, ideas, y algo esencial, las conexiones entre ellas y las tareas de investigación. Dicho de otro modo, busca crear un espacio en el que se recoja todo lo relacionado con la investigación en curso, en nuestro caso, toda la discusión llevada a cabo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Bucioli, A., Cyrino, G., Lima, G., Peres, I., Cardoso, A., Lamounier, E., ...Botelho, R. (2017). Holographic Real Time 3D Heart Visualization from Coronary Tomography for Multiplace Medical Diagnostics. En 2017 IEEE 15th Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 15th Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 3rd Intl Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress(DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTech), (pp. 239-244). doi: 10.1109/DASC-PICom-DataCom-CyberSciTec.2017.51
- Barel, A. (2017). The differences between VR, AR & MR. En *Startux. Recuperado de https://medium.com/startux-net/the-differences-between-vr-ar-mr-27012ea1c5*
- DeCapua, M. (2015). 7 maneras en las que Hololens transformará el cuidado de la salud. En *News Center Latinoamérica*. Recuperado de https://news.microsoft.com/es-xl/7-maneras-en-las-que-hololens-transformara-el-cuidado-de-la-salud/
- DeLeC Científica Argentina. (21 de febrero de 2018). *CAE LucinaAR childbirth simulator*with Microsoft HoloLens. [Archivo de video]. Recuperado de

 https://www.youtube.com/watch?v=I0VrT53PPpA
- Duke university. (6 de octubre de 2016). *Demo of HoloLens-Aided Neurosurgery*.

 [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=qqykWW9f41Q
- Echeverría, Guillermo. (2018). Realidad aumentada para facilitar la iniciación de las enfermeras en instrumentación quirúrgica (Trabajo fin de grado). Universidad Pública de Navarra, Navarra.
- Ejarque, J. (2017). Grado en Ingeniería Biomédica REALIDAD AUMENTADA Y VIRTUAL EN ENTORNOS HOSPITALARIOS Memoria y Aneos.
- Gauthier, B. (1997). Recherche sociale. De la problématique à la collecte des données. 3^a Ed. Québec: Presses de l'Université de Québec.

- Hanna, M. G., Ahmed, I., Nine, J., Prajapati, S. y Pantanowitz, L. (2018). Augmented Reality Technology Using Microsoft HoloLens in Anatomic Pathology. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 142 (5), 638-644. doi: 10.5858/arpa.2017-0189-OA
- Huberman, A. M., & Miles, M. B. (1991). Analyse de données qualitatives: recueil de nouvelles méthodes. Bruxelles: Renouveau.
- Incekara, F., Smits, M., Dirven, C. y Vicent, A. (2018). Clinical Feasibility of a Wearable Mixed-Reality Device in Neurosurgery. *World Neurosurg*, (118), 422-427. doi: 10.1016/j.wneu.2018.06.208
- Martínez, D. (2017). Realidad mixta con gafas Hololens para asistir a cirujanos en el quirófano. En *NOBBOT*. Recuperado de https://www.nobbot.com/general/realidad-mixta-hololens/
- Medellín, H. I., González, G., Espinosa, R., Govea, E. y Lim, T. (2014). Desarrollo de aplicaciones de realidad virtual y sistemas hápticos en la ingeniería, medicina y arte. En Ciencias de la Ingeniería y Tecnología Handbook T-V: Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos (pp. 77-93).
- Meola, A., Cutolo, F., Carbone, M., Cagnazzo, F., Ferrari, M. y Ferrari, V. (2017). La realidad aumentada en neurocirugía: una revisión sistemática. *Neurosurgical Review*, (40), 537-548. doi: 10.1007 / s10143-016-0732-9
- Moreta, R., García, D., García, M., Pérez, R., Calvo, J. y Pascau, J. (2018). Augmented reality in computer-assisted interventions based on patient-specific 3D printed reference. *Healthcare Technology Letters*, 5(5), 162-166. doi: 10.1049/htl.2018.5072
- Muela, C. (2017). La cirugía con HoloLens no sólo es real, es sorprendentemente útil. En Xataka. Recuperado de https://www.xataka.com/medicina-y-salud/la-cirugia-con-hololens-no-solo-es-real-es-sorprendentemente-util
- Pavón, F., & Casanova, J. (2004). El uso del N'Vivo como apoyo al análisis de datos. Aplicación a la investigación sobre el aula de mayores de la línea, *3*, 429–448.

- Perkins, S. L., Lin, M. A., Srinivasan, S., Wheeler, A. M., Hargreaves, B. A. y Daniel, B. L. (2017). A Mixed-Reality System for Breast Surgical Planning. En *2017 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality,* (pp. 269-274). doi: 10.1109/ISMAR-Adjunct.2017.92
- Pratt, P., Ives, M., Lawton, G., Simmons, J., Radev, N., Spyropoulou, L. y Amiras, D. (2018). Through the HoloLens[™] looking glass: augmented reality for extremity reconstruction surgery using 3D vascular models with perforating vessels. *European Radiology Experimental*, 2(1),2. doi: 101186/s41747-017-0033-2
- Radiocable. (2017). Realidad aumentada. *Radio Cable: Un Proyecto Español, Pionero En Cirugía Con Gafas de Realidad Aumentada*.
- Realidad virtual, aumentada y mixta. Qué son y diferencias. (2018). *Editeca*. Recuperado de https://editeca.com/realidad-virtual-aumentada-y-mixta-que-son-y-en-que-sediferencian/
- San Martín, L., Soto, M. N., Echeverría, G. y Escalada, P. (2019). Augmented reality for training operating room scrub nurses. *Medical education*, 53(5), 514-515. doi: 10.1111/medu.13849
- Sharma, A., Hunt, C. L., Maheshwari, A., Osborn, L., Lévay G., Kaliki, R. R., ...Thakor, N. (2018). A Mixed-Reality Training Environment for Upper Limb Prosthesis Control. En *2018 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS)*, (pp. 1-4). doi: 10.1109/BIOCAS.2018.8584739
- Sirilak, S. y Muneesawang, P. (2018). A New Procedure for Advancing Telemedicine
 Using the HoloLens. *IEEEAccess*, (6), 60224-60233. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2875558
- Tepper, O. M., Rudy, H. L., Lefkowitz, A., Weimer, K. A., Marks, S. M., Stern, C. S. y Garfein, E. S. (2017). Mixed Reality with HoloLens: Where Virtual Reality Meets Augmented Reality in the Operating Room. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 140(5), 1066–1070. doi: 10.1097/PRS.000000000003802

- Virtual Reality. (2018). *FOUNDRY*. Recuperado de https://www.foundry.com/industries/virtual-reality/vr-mr-ar-confused
- Wake, N., Bjurlin, M. A., Rostami, P., Chandarana H. y Huang, W. C. (2018). Three-dimensional Printing and Augmented Reality: Enhanced Precision for Robotic Assisted Partial Nephrectomy. *Urology*, (116), 227-228. doi: 10.1016/j.urology.2017.12.038
- Wang, S., Parsons, M., Stone-McLean, J., Rogers, P., Boyd, S., Hoover, K., ... Smith, A. (2017). Augmented Reality as a Telemedicine Platform for Remote Procedural Training. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 17(10), 2294. doi:10.3390/s17102294
- Yúbal, F. M. (2018). Diferencias entre la realidad aumentada, realidad virtual y realidad mixta. En *Xakata*. Recuperado de https://www.xataka.com/basics/diferencias-entre-realidad-aumentada-realidad-virtual-y-realidad-mixta