



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE COMPUTACIÓN**

**ESTADO DEL ARTE SOBRE EL USO DE LA REALIDAD VIRTUAL Y
AUMENTADA ENFOCADA A LA MEDICINA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniería en Ciencias de la Computación

AUTOR: VALERIA MICHELLE QUIMIS TAINES

TUTOR: JOE FRAND LLERENA IZQUIERDO

Guayaquil – Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Valeria Michelle Quimis Taines con documento de identificación N° 0953864709 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 26 de enero del año 2024

Atentamente,



Valeria Michelle Quimis Taines

0953864709

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Valeria Michelle Quimis Taines con documento de identificación No. 0953864709, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor(a) del Artículo Académico: “Estado del arte sobre el uso de la realidad virtual y aumentada enfocada a la medicina”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 26 de enero del año 2024

Atentamente,



Valeria Michelle Quimis Taines

0953864709

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joe Frand Llerena Izquierdo con documento de identificación N° 0914884879, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTADO DEL ARTE SOBRE EL USO DE LA REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA ENFOCADA A LA MEDICINA, realizado por Valeria Michelle Quimis Taines con documento de identificación N° 0953864709, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 26 de enero del año 2024

Atentamente,



Joe Frand Llerena Izquierdo

0914884879

DEDICATORIA

A Dios.

En especial a mis padres por todo su esfuerzo y dedicación empleados para poder cumplir cada objetivo que me propuse, sin ellos no hubiese sido esto posible.

Dedico este trabajo a mi familia quienes con sus oraciones y palabras de aliento me ayudaron a crecer personalmente inculcándome seguir adelante con mi camino de vida.

AGRADECIMIENTO

Le Agradezco infinitamente a Dios por escuchar mis oraciones en todo momento y proveerme de fortaleza, sabiduría y valentía necesaria, confiando en que él estaría conmigo en todo momento para alcanzar mis objetivos.

A mi mamá, quien fue mi motor y mi motivación para no rendirme cuando sentía que todo se complicaba.

Le agradezco a la institución por el arduo trabajo y a los docentes que compartieron sus conocimientos para poder alcanzar esta meta.

Gracias a todos aquellos amigos y compañeros que me brindaron su apoyo incondicional y aportaron para este logro de vida.

RESUMEN

Este artículo presenta una revisión sistemática del estado del arte sobre el uso de realidad virtual y aumentada enfocada a la medicina. Se evalúan las investigaciones más significativas en los últimos cinco años evidenciando que la implementación de realidad virtual y aumentada a la medicina en un área de constante evolución cuenta con un potencial muy significativo prometiendo revolucionar las prácticas médicas y la formación en salud. La realidad virtual y aumentada son herramientas tecnológicas inmersivas que brindan experiencias sumamente realistas y le permiten tanto al médico como al paciente interactuar con información médica sin algún tipo de precedentes. No obstante, cuenta con retos y limitantes como la accesibilidad tecnológica y la adaptabilidad. Sin embargo, el estado del arte destaca el positivo impacto en la medicina, con una creciente certeza de respaldo sobre su eficacia y potencial para mejorar el campo médico desempeñando un papel muy fundamental en la continua evolución del área médica.

Palabras claves: Realidad virtual, realidad aumentada, procesos médicos, implementación, pacientes, herramientas tecnológicas.

ABSTRACT

This article presents a systematic review of the state of the art on the use of virtual and augmented reality focused on medicine. The most significant research in the last five years is evaluated, showing that the implementation of virtual and augmented reality in medicine in an area of constant evolution has a very significant potential, promising to revolutionize medical practices and health training. Virtual and augmented reality are immersive technological tools that provide highly realistic experiences and allow both the doctor and the patient to interact with medical information in an unprecedented manner. However, it has challenges and limitations such as technological accessibility and adaptability. However, the state of the art highlights the positive impact on medicine, with growing certainty supporting its efficacy and potential to improve the medical field playing a very fundamental role in the continuous evolution of the medical area.

Key words: Virtual reality, augmented reality, medical processes, implementation, patients, technological tool.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. ESTADO DEL ARTE.....	11
2.1. Realidad virtual y aumentada en cirugías cardíacas.....	12
2.2. Realidad virtual y aumentada en urología.....	12
2.3. Realidad aumentada: cirugía asistida por robot	13
3. METODOLOGÍA	13
3.1. Métodos y técnicas de recopilación de datos empleadas	14
3.2. Métodos y técnicas de Análisis de datos	16
4. RESULTADOS.....	18
5. DISCUSIÓN	24
6. CONCLUSIÓN.....	25
7. REFERENCIAS.....	26

1. INTRODUCCIÓN

En el campo de la medicina, el continuo avance tecnológico ha producido un cambio significativo en la forma en que los profesionales de la salud tratan, diagnostican y educan a los pacientes (Alvarado Salazar, 2022; Gasteiger et al., 2024; Miller et al., 2024; Rios & Paredes-Velasco, 2021) Tanto la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) son dos tecnologías inmersivas que desempeñan un papel decisivo en la mejora de la calidad con respecto a la atención que recibe el paciente y la optimización de los procesos médicos (Carvajal Nagua & Solano Cedeño, 2021; Kacmaz & Kaçmaz, 2024; Soto Eras, 2021).

La realidad virtual les brinda a los usuarios la posibilidad de sumergirse plenamente en un mundo digital simulado, desconectándose momentáneamente del entorno real (Kan Yeung et al., 2021; Paredes-Velasco et al., 2023). En el ámbito médico, esto se interpreta en aplicaciones que van desde la proyección de estructuras anatómicas construidas en 3D (Barberán Vizueta & Chela Criollo, 2021; Bhatnagar & Bhatnagar, 2023; Llerena-Izquierdo et al., 2020), hasta la simulación de procesos quirúrgicos de complejidad (Soriano Garcia, 2023). La RV ha evidenciado ser una herramienta muy valiosa para la enseñanza y aprendizaje de cirujanos, ya que permite simular prácticas de técnicas quirúrgicas sin riesgo alguno para los pacientes a intervenir (Kacmaz & Kaçmaz, 2024; Vaughan, 2024).

Por otro lado, la realidad aumentada, es la percepción del mundo real a través de la sobreposición de datos digitales, gráficos y formatos virtuales en tiempo real (Mese, 2024; Mora-Alvarado & Llerena-Izquierdo, 2022; Mora Alvarado, 2021; Paul et al., 2024). En un enfoque medicinal, la realidad aumentada ha localizado aplicaciones en la intervención quirúrgica, donde se superponen imágenes médicas en el entorno visual del cirujano para dirigir procedimientos con mucha más precisión (Ahmed et al., 2024; Alvarado-Salazar & Llerena-Izquierdo, 2022; Gaur et al., 2024; Miller et al., 2024) También se ha implementado para el mejoramiento de la visión de antecedentes médicos que presentan complejidad (Hussain et al., 2019), como lo son las imágenes de resonancia magnética y tomografías computarizadas, lo que favorece la interacción entre médicos y pacientes (Kan Yeung et al., 2021).

La unión de la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada proporciona un mayor potencial para revolucionar los procesos médicos (Murali et al., 2021). La opción de proyectar imágenes tridimensionales (Goldsworthy et al., 2023) de los órganos internos durante una cirugía a través de la realidad aumentada, o de reflejar entornos médicos propios para la instrucción de

profesionales de la salud mediante la realidad virtual, extiende nuevos criterios para la medicina logrando una mejor experiencia tanto del médico como del paciente al proporcionar más información en tiempo real sobre su estado de salud y posibles tratamientos a tomar.

A medida que la realidad virtual y la realidad aumentada continúan en desarrollo y se vuelven más asequible, es primordial realizar una revisión del estado del arte para discernir completamente cómo estas tecnologías están evolucionando la práctica médica (Goldsworthy et al., 2023).

Este trabajo se centra en la exploración de artículos enfocados a la medicina resaltando los tipos de procesos médicos en los que se implementan estos recursos tecnológicos mediante el estudio de mapeo sistemático obteniendo los beneficios que aportan la realidad virtual y la realidad aumentada en la medicina.

2. ESTADO DEL ARTE

La atención médica enfrenta un desafío continuamente creciente debido a la dificultad que presentan los procesos médicos, la alta demanda de enseñanza más eficaz de los profesionales de la salud y la carencia de mejorar la relación médico-paciente en el periodo digital. Además, la realización de procedimientos precisos y la visibilidad de datos médicos siguen siendo áreas críticas en la medicina moderna.

Estos limitantes pueden interpretarse en diagnósticos menos concisos, tratamientos menos rigurosos y una experiencia poco satisfactoria para los pacientes, lo que subraya a la búsqueda inmediata de abordar esta problemática.

La realidad virtual y aumentada ofrecen la posibilidad de transformar el proceso en que se llevan a cabo los informes y procedimientos médicos. Su adopción puede descifrarse en una atención médica más eficiente, así como en una experiencia del paciente y del médico más satisfactorio.

Esta investigación se enfoca en cómo ambas tecnologías pueden implementarse en procesos médicos específicos como lo es la cirugía ortopédica (Lohre et al., 2020), así como comprender sus beneficios en términos de precisión diagnóstica, eficiencia en procedimientos y mejora de la experiencia del paciente, son elementos cruciales para mejorar la calidad de la atención médica.

2.1. Realidad virtual y aumentada en cirugías cardíacas

En el transcurso de los años la realidad virtual y aumentada está revolucionando la manera en que se realizan las cirugías cardíacas (Rad et al., 2022) aumentando su popularidad en una extensa gama de propósitos. A pesar de presentar ciertas limitaciones en la investigación de la cirugía de este tipo, cuenta con una gran aplicabilidad de prometedoras oportunidades de esta tecnología.

Algunas aplicaciones de estas herramientas se ven reflejadas en la planificación preoperatoria donde los cirujanos pueden implementar la realidad virtual para tener una visión de modelos del corazón y de los vasos sanguíneos del paciente en tercera dimensión a partir de imágenes médicas, como las resonancias magnéticas o tomografías computarizadas permitiendo una planificación de forma detallada de los procesos médicos reduciendo riesgos y presentando una mejora de los resultados obtenidos (Gelmini et al., 2022).

En cirugías del corazón mínimamente invasivas (Rad et al., 2022) como lo es la restauración de válvulas cardíacas o la colocación de stents, la realidad virtual y aumentada reducen la vulnerabilidad frente a la radiación al permitir realizar el proceso con una guía precisa y mínimo radiodiagnóstico.

2.2. Realidad virtual y aumentada en urología

Estas tecnologías impulsadas por grandes esfuerzos financieros por brindar soluciones técnicas e innovadoras transformando los procedimientos de la medicina forman parte de los usos en el ámbito de la urología (Sparwasser et al., 2022). Durante el transcurso de la cirugía la realidad aumentada brinda una visualización de imágenes médicas en el ámbito quirúrgico en tiempo real. A través de esto los cirujanos pueden obtener información de relevancia como la ubicación exacta de tumores o cálculos renales mientras el paciente está siendo intervenido por medio de la cirugía robótica o cirugía laparoscópica.

A través de esta herramienta se incentiva a los médicos cirujanos practicar y perfeccionar técnicas específicas para llevar a cabo los procedimientos urológicos, como la prostatectomía o la extracción de cálculos.

2.3. Realidad aumentada: cirugía asistida por robot

El sistema quirúrgico de da Vinci es una plataforma quirúrgica robótica ampliamente reconocido e implementado en el ámbito de la cirugía asistida por robot (Qian et al., 2020) mínimamente invasiva. La realidad aumentada se ha integrado en el sistema da Vinci para proveer información adicional y superponer datos visuales en tiempo real en el campo quirúrgico (Tang et al., 2021) permitiéndole a los médicos ver imágenes preoperatorias e intraoperatorias, mientras se llevan a cabo los procedimientos.

Una destacada característica del sistema de da Vinci (Tartarini et al., 2023) es que cuenta con una pantalla de múltiple entrada “TilePro” que permite visualizar varios canales de entrada de video auxiliares en forma de mosaico en la consola del cirujano. Esto se lo realiza para implementar otras fuentes de datos, como modelos de imágenes preoperatorias e intraoperatorias.

3. METODOLOGÍA

Se lleva a cabo una indagación analítica descriptiva con un enfoque cuantitativo implementando la técnica de mapeo sistemático en las bases de datos de Web of Science y se exploró con la siguiente cadena de búsqueda: TEMA: (“realidad virtual*” O “realidad aumentada*”) (Kan Yeung et al., 2021) Y TEMA: (“medicina*” O “salud*”). La consulta reconoció publicaciones que establecen dichas palabras y sus derivaciones en el título, resumen y palabras claves de los trabajos investigativos. Se adicionaron restricciones adjuntas como años de publicación: 2020 o 2021 o 2022 o 2023, tipos de documentos: articulo y filtros rápidos: acceso abierto. La metodología de trabajo acoge una revisión literaria, la misma que direcciona a un reconocimiento exploratorio de artículos de relevancia en bases indexadas. Se determina una definición global del área de investigación, sobre iniciativas que nos permitan disminuir las brechas que carecen de investigación. Este proceso genera análisis e investigaciones secundarios. El propósito es hacer comparaciones sistemáticas y análisis de diversos datos. escogidos científicamente.

Distintos autores han realizado investigaciones con un enfoque de la implementación de la realidad virtual y aumentada en cirugías. El número de operaciones llevadas a cabo por sistemas robóticos y de información ha aumentado en los últimos años (Roessel et al., 2020). En las cirugías reales las aplicaciones de realidad virtual y aumentada le contribuyen cirugías con éxito

al médico, existen varias aplicaciones de realidad aumentada y virtual en las que su uso ha generado un gran impacto, por ejemplo, en cirugías oncológicas para localizar la vascularización de los tejidos, también en la cirugía laparoscópica, en procesos neuroquirúrgicos, programaciones quirúrgicas. En la actualidad ambas tecnologías forman parte de la práctica diaria. Estas herramientas también le aportan una mejor comprensión al paciente a través de imágenes en reemplazo de explicaciones con términos técnicos. A medida que la medicina avanza los cirujanos buscan introducir nueva tecnología para mejorar su ámbito operativo esto ahora abarca el uso y manejo de la realidad aumentada y virtual en cirugías.

El mapeo sistemático del flujo de trabajo se elabora identificando los trabajos relevantes para la pregunta de investigación, indagar los conjuntos de artículos que se encuentran en las bases de datos científicas para identificar aquellos que están implicados con el área en común, en este caso la “realidad virtual” y la “realidad aumentada”. Según la metodología implementada, se aplica filtros, se agrega y se categoriza para elaborar una vista analítica que obtenga responder interrogaciones de una búsqueda objetiva. Para desarrollar el mapeo sistemático se llevó a cabo el proceso por apartados: (A) Determinar los objetivos de la investigación (B) Determinar preguntas de investigación, (C) Definir método de búsqueda y cadenas implementadas, (D) Establecer mecanismos e instrumentación y situar criterios de selección.

Se clasifican los trabajos investigativos en torno a la realidad virtual y aumentada enfocada en la medicina. Además, se clasifican los principales mecanismos e instrumentos aplicados en los diferentes artículos escogidos.

Este trabajo tiene como objetivo, clasificar los estudios hallados en torno a la realidad aumentada y virtual y su relevancia en la medicina, con la finalidad de obtener una visión global de las herramientas e instrumentos utilizados en esta área de investigación, elaborando un mapeo sistemático.

3.1. Métodos y técnicas de recopilación de datos empleadas

Para la recolección de datos de este trabajo se procede a determinar las preguntas de investigación precisando el tema o problema a tratar, luego se identifican los trabajos más relevantes referentes a las preguntas mediante una búsqueda exhaustiva en la base de datos Web of Science en este caso la realidad virtual y aumentada en la medicina, ver Tabla 1.

Tabla 1. Preguntas de investigación

Componentes de información	Preguntas para responder
Impacto en la medicina	¿Cuál es el impacto de la realidad virtual y aumentada en la medicina?
Tendencias de aplicación	¿Qué tipo de técnicas se implementan en los procesos médicos?
Características de las publicaciones	¿Qué limitantes existen en las cirugías con implementación de realidad aumentada y virtual?

Para llevar a cabo esta investigación se ejecutaron indagaciones en la base de datos ya mencionada la cual permite realizar búsquedas de los trabajos con mayor relevancia implementando cadenas de palabras claves, en las que se incluyó como frase descriptiva “virtual reality”, “augmented reality”, “medicine”.

Web of Science, cuenta con investigaciones científicas de amplio impacto, efecto y suma relevancia acorde al alto número de citas registradas. Esto nos permite adentrar la información explorada, transmitiendo una gran cantidad de referencias investigativas, ver Tabla 2.

Tabla 2. Preguntas de investigación

Bases de datos	Cadena aplicada	Resultados
Web of Science	(Virtual reality and augmented and medicine (All Fields) and Review Article (Document Types) and Open Access and 2020 or 2021 or 2022 or 2023 (Publication Years))	30

Se obtuvieron un total de 524 artículos, con 162 resultados de Web of Science y otros registros de trabajos identificados de fuentes adicionales en este caso “PubMed” una base de datos de acceso libre encocada en ciencias de la salud que cuenta con referencias de revistas y artículos tanto médicos como científicos. El diagrama de flujo PRISMA (ver Fig. 1) presenta como se llevó a cabo la búsqueda, acopio y elección de artículos, en el que se seleccionó los trabajos investigativos que aprobaban los criterios de inclusión y exclusión antes mencionados.

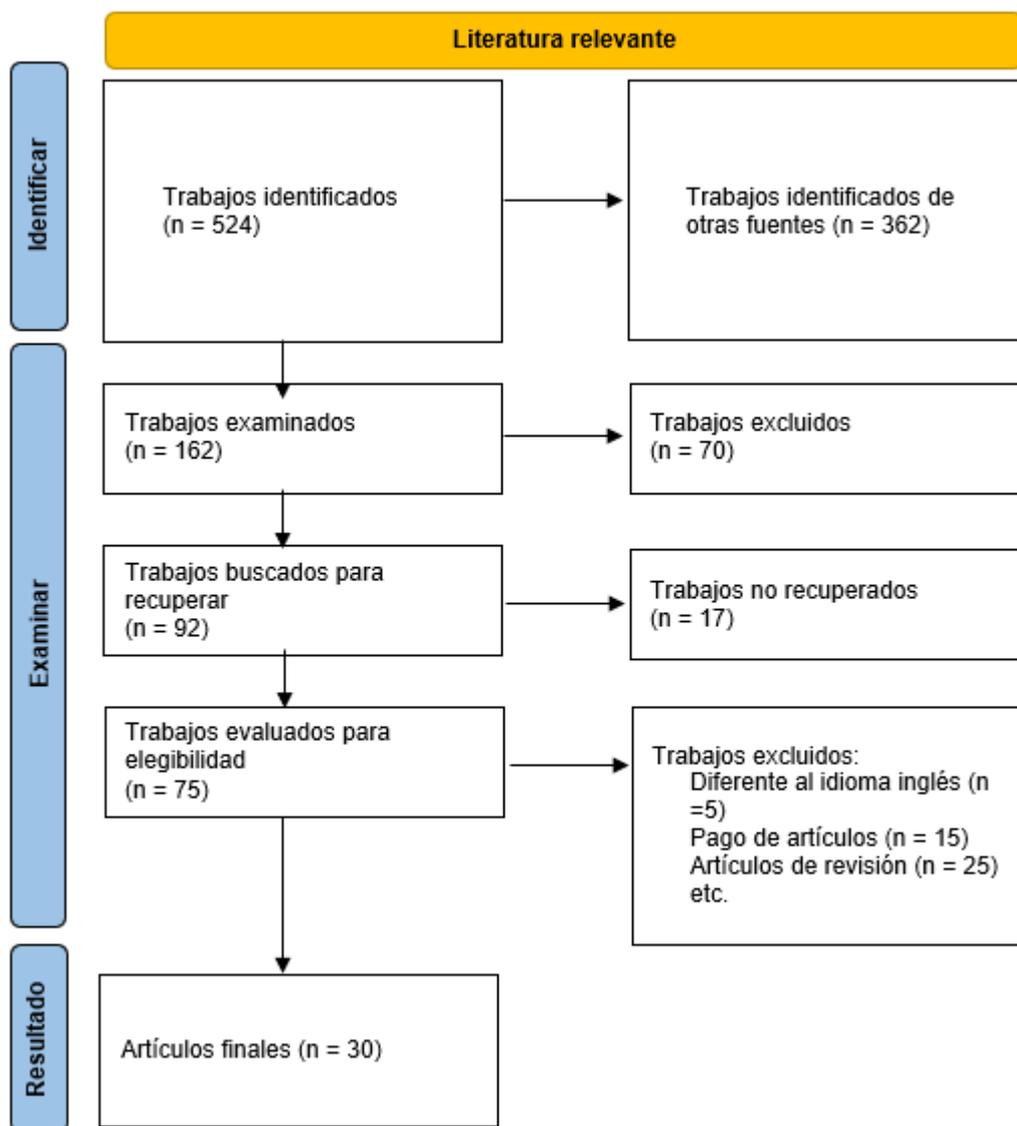


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA para la selección de la literatura relevante

3.2. Métodos y técnicas de Análisis de datos

Se implementó un análisis cuantitativo de los artículos escogidos para la precisión de los datos y eficacia de implementación de la realidad aumentada y virtual en la medicina. Se recolectó información sobre la implementación de estas tecnologías en las diversas áreas del ámbito

médico, en que entorno se lo aplica con más frecuencia y que tan beneficioso es tanto para el medico como para el paciente. Además, se estimó los distintos tipos de técnicas y herramientas de realidad virtual y aumentada empleadas antes y durante los procesos médicos y se compararon los resultados obtenidos para identificas dichas técnicas que lograrían mejorar la atención recibida por parte del paciente.

4. RESULTADOS

Según el diagrama PRISMA, se visualizaba el procedimiento de clasificación de los artículos en el cual se tomaron en cuenta 30 estudios relevantes para la revisión de este trabajo. El siguiente paso fue recolectar la información de estos artículos, dividiendo por categorías cada uno de los respectivos trabajos a partir de sus características.

Con respecto a la pregunta ¿Cuál es el impacto de la realidad virtual y aumentada en la medicina? Esclarece el impacto que ocasiona la implementación de la realidad aumentada y virtual en la medicina, tanto en el ámbito tecnológico como el de formación médica.

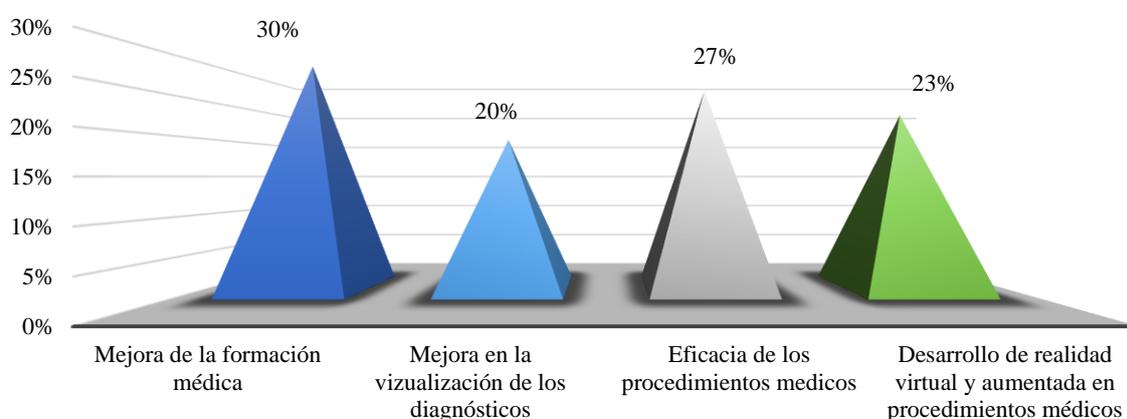


Figura 2. Impacto de la aplicación de la realidad virtual y aumentada en la medicina

La mejora de la formación médica alcanza una repercusión del 30% siendo el más alto impacto que ha tenido la realidad aumentada y virtual en estos 5 últimos años, la eficacia de los procedimientos médicos cuenta con un 27% mientras que el desarrollo de la realidad virtual y aumentada en procedimientos médicos es del 23% y un 20% en la mejora de las visualizaciones diagnósticas, (ver Fig.2).

La aplicación de la realidad virtual y aumentada en el área de la medicina ha evidenciado ser una herramienta muy prometedora para el crecimiento en la formación de los profesionales de la salud una de estas prácticas es la simulación médica inmersa donde los practicantes pueden visualizar entornos realistas de procesos médicos y quirúrgicos permitiéndoles repetirlos ilimitadas ocasiones para pulir sus habilidades antes de llevarlos a cabo en pacientes reales reduciendo el riesgo en la cirugía.

Un caso de ejemplo es el de auto entrenamiento con realidad aumentada para suturas en cirugías abiertas, donde los estudiantes fueron instruidos sobre suturas interrumpidas y cada sistema

instructivo. Obteniendo como resultado el aprendizaje de diecinueve participantes de forma fácil y sencilla en métodos de suturas con el movimiento brindado por el software de realidad aumentada les fue más simple la manipulación de los instrumentos quirúrgicos (Nagayo et al., 2022).

El desarrollo en los equipos y el hardware como las pantallas sobrepuestas en la cabeza de realidad mixta, brindan nuevas oportunidades de desarrollo en realidad virtual y aumentada ya que destacan en aplicaciones y tendencias de suma potencia en los procesos médicos tales como lo son las experiencias terapéuticas en ambientes de salud la mental (Pons et al., 2022).

Para la pregunta de investigación ¿Qué tipo de técnicas se implementan en los procesos médicos?; identifica las metodologías o técnicas que fueron aplicadas en los procedimientos médicos a través de la implementación de las tecnologías antes mencionadas.

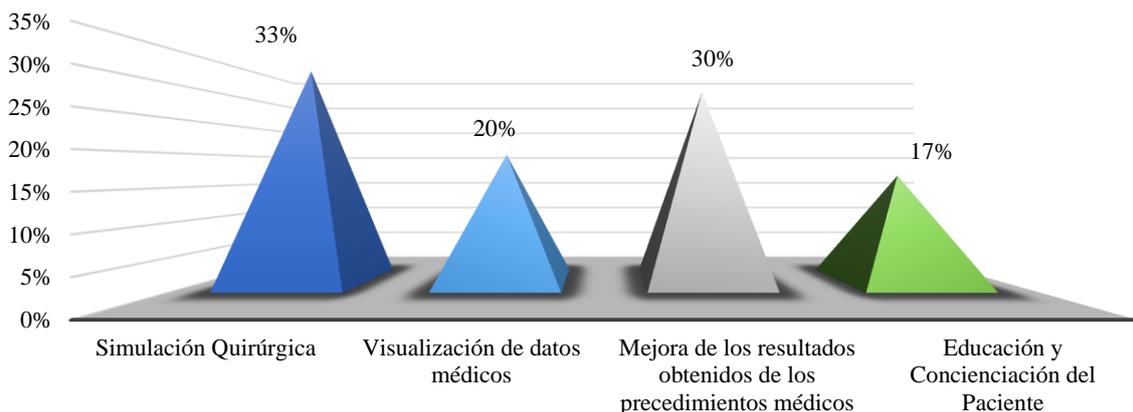


Figura 3. Técnicas implementadas

La simulación quirúrgica logra un alcance del 33% siendo la metodología más usada en el estudio de los artículos examinados y un 30% en la mejora de los resultados obtenidos de los procesos médicos, un 20% en la visualización de datos médicos y un logro del 17% en la educación y concienciación del paciente, (ver Fig.3).

A través de la simulación quirúrgica se crea experiencias visuales inmersas en entornos reales. Siendo la técnica más implementada en la medicina ya que al tener accesos limitados a distintos entornos por diversos factores como por ejemplo: tiempo, funciones físicas limitadas, espacios inaccesibles entre otros, esta técnica demuestra ser segura pudiendo aumentar el efecto de fuerza de la intervención (Jung et al., 2022).

Se concluye con éxito los resultados obtenidos de una intervención quirúrgica de 15 tumores hepáticos proveniente de 8 pacientes (Ruggiero et al., 2023) teniendo como principal criterio de evaluación para la mejora de los resultados; el tiempo de orientación, precisión de la orientación y configuración del sistema es decir desde la observación del objeto hasta la correcta introducción de la aguja.

La alta precisión apporto para que los resultados de este procedimiento fueran de mejora para los pacientes que fueron sometidos a procedimientos intervencionistas.

Para la pregunta de investigación ¿Qué retos y limitaciones existen en las cirugías con implementación de realidad aumentada y virtual?; se evidencian los retos y limitantes en la implantación de la realidad virtual y aumentada en la medicina.

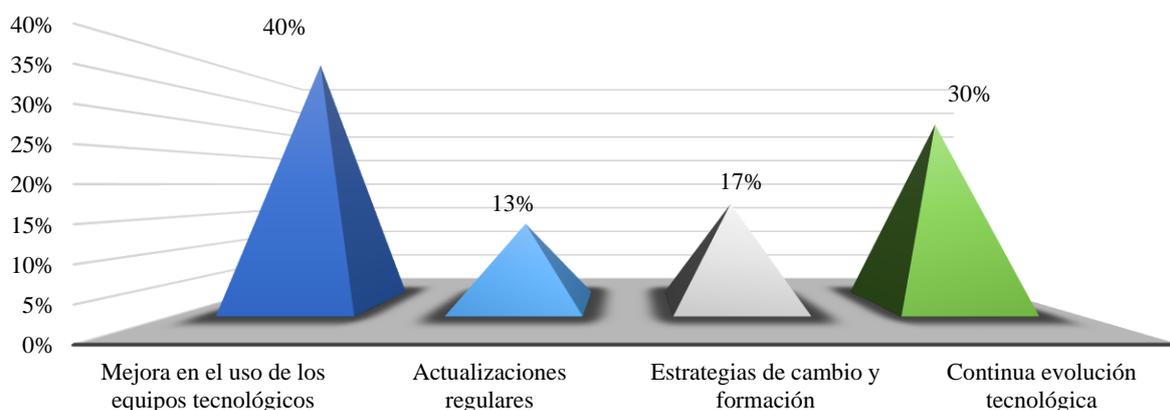


Figura 4. Retos de la aplicación de la realidad virtual y aumentada en la medicina

Logra una incidencia del 40% la mejora en el uso de los equipos tecnológicos siendo el reto más grande de los trabajos analizados, la continua evolución tecnológica cuenta con el 30% mientras que las estrategias de cambio y formación cuentan con un 17% y un 13% las actualizaciones regulares, (ver Fig.4).

Con un 40% de aporte, la intervención de la realidad aumentada y virtual ha brindado un gran impacto significativo mejorando el uso de los equipos tecnológicos en una gran gama de sectores, como lo es la guía en los procesos médicos brindando paso una guía a seguir en tiempo real para los profesionales de la salud durante procedimientos de gran complejidad aportando seguridad y precisión en el quirófano.

La telemedicina y la planificación de tratamientos personalizados permite al médico ver información de relevancia mientras le notifica al paciente el diagnóstico y la toma de decisión

a partir de los datos en tiempo real, lo que facilita la planificación de radioterapias, cirugías o tratamientos personalizados.

Gracias a la continua evolución tecnológica se brindan muchos métodos de rehabilitación usando datos informáticos, comunicación y nueva tecnología para todas las personas, indistintamente de su ubicación (Lal et al., 2023). Los atletas de deportes muy competitivos son aquellos que necesitan un tipo de rehabilitación y tratamientos especializados de manera inmediata y rápida para no quedar fuera del juego en el que se encuentren participando. Por ende, es importante poner en evidencia lo significativo que ha sido el crecimiento de la tecnología en la fisioterapia virtual, medicina deportiva y ortopedia ya que es una opción rentable para brindar los servicios puerta a puerta a los pacientes que les sea necesaria la telerrehabilitación.

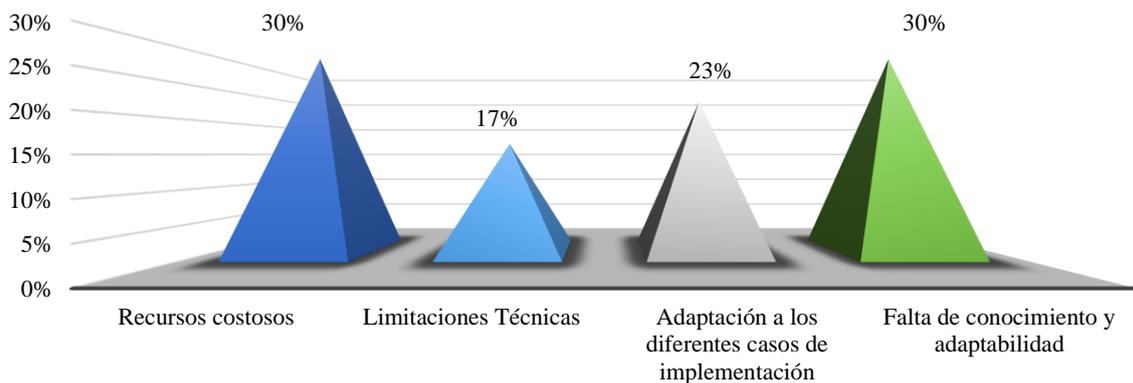


Figura 5. Limitantes de la aplicación de la realidad virtual y aumentada en la medicina

La carencia de conocimiento sobre el área y la adaptabilidad es uno de los limitantes con los que se enfrentan estas tecnologías al igual que los costos que pueden llegar a ser estas herramientas, ambas con un 30% de incidencia mientras que la adaptación a los diferentes casos de implementación con un 23% y las limitaciones técnicas con un 17%, (ver Fig.5).

Del 80% de pacientes diagnosticados con cáncer y que requieren de cirugías, menos de un 5% puede acceder a ella ya que debido al alto costo de estas tecnologías no son comprendidas de manera viable, esta limitación tiene mayor peso en países de bajos y medianos recursos (Ng et al., 2023).

El tiempo de aprendizaje y adaptabilidad son limitantes que influyen en la implementación de la realidad virtual y aumentada en el ámbito médico ya que se requiere de doctores, técnicos y

enfermeras que dominen nueva tecnología y adquieran nuevos conocimientos lo que puede llevar tiempo, el desarrollo de estas habilidades convirtiéndose en una barrera de forma general. La falta de mano de obra especializada debido a la carencia de conocimientos sobre esta área es lo que en muchas instituciones médicas sea un obstáculo para llevar a cabo los procedimientos (Murali et al., 2021).

La actualización constante en la educación o la resistencia al cambio son factores que afectan para la adaptabilidad de estas herramientas (Rios & Paredes-Velasco, 2021), ya que a menudo se suele obtener resistencia por parte de los profesionales en la medicina que acostumbran implementar los métodos de forma tradicional ya sea por desconfianza, los desafíos éticos, humanos o técnicos (Bruno et al., 2022) que este puede presentar al llevar a cabo procedimientos con nueva tecnología. Esto requiere de un continuo compromiso en el desarrollo y formación profesional (Nagayo et al., 2022; Ruggiero et al., 2023)

A partir de la información analizada se efectúa una tabla de factibilidad y de nivel de incidencia del uso de las tecnologías de realidad virtual y aumentada en el proceso médico reflejando la relevancia y el potencial impacto de las tecnologías de realidad virtual y aumentada en la medicina, ver Tabla 3.

Tabla 3. Tabla de factibilidad y de nivel de incidencia

Aspecto de Evaluación	Factibilidad	Nivel de Incidencia
Relevancia en el área médica	Alto: Las herramientas de realidad virtual y aumentada cuentan con un gran potencial para mejorar la atención médica y la formación del personal médico.	Muy Alto: Estas tecnologías ya se las está implementando en cirugías, diagnóstico, rehabilitación, prácticas, y más. Su incidencia es notable en la praxis médica.
Disponibilidad de recursos	Moderado: La implementación de tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada puede requerir una inversión inicial en hardware y software, así como capacitación.	Moderado: A pesar de la inversión inicial necesaria, muchos establecimientos de salud están adoptando gradualmente estas tecnologías debido a sus beneficios.

Aceptación por parte de los profesionales de la salud	Variable: La disposición de los médicos y profesionales de la salud a adoptar estas tecnologías puede variar. Algunos pueden mostrar resistencia inicial o pueden presentar fácil adaptabilidad en el área.	En aumento: A medida que se demuestra su eficacia y utilidad, la aceptación de las tecnologías de realidad aumentada y realidad virtual está creciendo entre los profesionales de la salud.
Impacto en la experiencia de los pacientes	Alto: La implementación de estas tecnologías puede mejorar la experiencia de los pacientes, especialmente en el alivio del dolor a través de terapias de rehabilitación entre otros.	Significativo: Se han observado mejoras notables en la satisfacción del paciente y la eficacia de los tratamientos cuando se utilizan estas tecnologías.
Desafíos técnicos y de seguridad	Moderado: Existen desafíos técnicos, como la interoperabilidad de sistemas y la seguridad de datos, que deben discutirse.	Moderado: A medida que se resuelven los desafíos técnicos, la seguridad y la privacidad de los datos son preocupaciones continuas que se abordan progresivamente.
Perspectivas de investigación y desarrollo	Alto: Ambas tecnologías en medicina siguen evolucionando y ofrecen oportunidades para la investigación y el desarrollo continuo.	En aumento: La investigación y el desarrollo en este campo son activos y prometen avances significativos en el futuro.

Esta tabla proporciona una visión de la situación actual de los desafíos que deben discutirse subrayando la relevancia de estas herramientas tecnológicas, la capacidad de transformación en la atención médica y la mejora continua de la experiencia del paciente (Lal et al., 2023). El compromiso arduo con la investigación y el desarrollo en esta área es indispensable para sacar máximo provecho de estas tecnologías y garantizar su efectividad y seguridad en el porvenir de la medicina (Pérez González, 2021; Soriano Garcia, 2023).

5. DISCUSIÓN

El uso de la realidad aumentada y virtual desencadena una radical transformación en el aprendizaje de los médicos, los diagnósticos incluso en el trato de los pacientes y esto a conllevado que la innovación de la tecnología a diario habrá un sinfín de posibilidades, pero por otro lado también abarca muchas incógnitas y desafíos.

Uno de los ámbitos más destacados de estas tecnologías en el mundo de la medicina es el potencial para la formación de estudiantes y médicos que pueden inmiscuirse en áreas virtuales bastante realistas, lo cual les concede poner en práctica procesos de diversos tipos, indagar la anatomía humana, visualización de órganos en tercera dimensión haciéndole frente a casos de complejidad clínica en entornos controlados y seguros disminuyendo riesgos perfeccionando las habilidades adquiridas antes de ponerlas en práctica con pacientes reales.

Otro de los importantes beneficios es la visualización de los datos médicos, permitiéndole al profesional superponer información crítica, como lo son las imágenes de radiografías o resonancias magnéticas, en tiempo real. Esto mejora la eficacia del diagnóstico y la mejora en la toma de decisiones con respecto al tratamiento o procedimiento que se lleve a cabo. Sin embargo, también cuenta con limitaciones y retos significativos. Uno de ellos es la curva de aprendizaje para la adaptabilidad de la realidad virtual y aumentada ya que esta puede ser inclinada en donde el personal médico deberá invertir esfuerzo y tiempo para su adaptación en la utilización de estas nuevas tecnologías.

Para muchas casas de salud la adquisición de estas herramientas y su costo inicial de recursos de alta calidad puede llegar a ser muy costosa sobre todo para aquellos países de bajos recursos y poco desarrollo, lo que genera incógnitas sobre la asequibilidad y la equidad al acceso de estas herramientas en la medicina.

En el campo médico abordar estas tecnologías en rápido crecimiento puede generar una revolución total. Es certero que presta oportunidades únicas y emocionantes, pero es importante tener en cuenta los desafíos que esta presenta con temas de inversión, regulación y la resistencia al cambio.

6. CONCLUSIÓN

Se llevo a cabo un análisis exhaustivo de la literatura científica con relación al uso de herramientas tecnológicas de realidad virtual y aumentada en el ámbito de la medicina por medio de una investigación de mapeo sistemático, categorización de los escritos y evaluación de los trabajos. Estos pasos son primordiales para comprender la aplicabilidad y las implicaciones de estas tecnologías en las prácticas médicas.

Esta revisión sistemática ha concedido la clasificación de los trabajos investigativos en distintas áreas y procedimientos médicos, lo que ha resaltado la pluralidad de enfoques y aplicaciones en las que se implementas estas tecnologías logrando una visión generalizada de la literatura científica en este ámbito.

A través de la categorización de los artículos demostró que las herramientas de realidad aumentada y virtual cuenta con implicaciones sumamente significativas en una amplia gama de procesos médicos desde tratamientos, rehabilitación, planificación de procedimientos, simulaciones de cirugías y formación de profesionales identificándolas como “buenas prácticas” ya que han evidenciado crecimientos en la precisión, eficiencia y seguridad en muchos de estos procesos.

La evaluación de los resultados obtenidos ha permitido realizar una tabla de factibilidad y nivel de incidencia en el uso de herramientas de realidad aumentada y virtual en los procesos médicos resaltando lo viable que es la implementación de estas nuevas tecnologías en las distintas áreas de la medicina.

En conclusión, las herramientas tecnológicas tienen un gran potencial muy importante en la medicina, incluyendo una amplia área de aplicaciones mejorando de forma significativa la atención médica. La clasificación y evaluación de los artículos científicos destaca la importancia de seguir con investigaciones arduas elaborando soluciones basadas en la realidad virtual y aumentada.

7. REFERENCIAS

- Ahmed, Y., Reddy, M., Mederos, J., McDermott, K. C., Varma, D. K., Ludwig, C. A., Ahmed, I. K., & Khaderi, K. R. (2024). Democratizing Health Care in the Metaverse: How Video Games can Monitor Eye Conditions Using the Vision Performance Index: A Pilot Study. *Ophthalmology Science*, 4(1), 100349.
- Alvarado-Salazar, R., & Llerena-Izquierdo, J. (2022). Revisión de la literatura sobre el uso de Inteligencia Artificial enfocada a la atención de la discapacidad visual. *Revista InGenio*, 5(1), 10–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.18779/ingenio.v5i1.472>
- Alvarado Salazar, R. E. (2022). *Inteligencia artificial con enfoque a la discapacidad visual: un mapeo sistemático*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23327>
- Barberán Vizueta, M. S., & Chela Criollo, J. K. (2021). *Prótesis impresas en 3D y aplicativo móvil de geolocalización: Caso de Estudio Novus Spem*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20293>
- Bhatnagar, A., & Bhatnagar, E. (2023). Virtual reality and dentistry. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 6–8. <https://doi.org/10.22159/ijcpr.2023v15i3.3005>
- Bruno, R. R., Wolff, G., Wernly, B., Masyuk, M., Piayda, K., Leaver, S., Erkens, R., Oehler, D., Afzal, S., Heidari, H., Kelm, M., & Jung, C. (2022). Virtual and augmented reality in critical care medicine: the patient's, clinician's, and researcher's perspective. *CRITICAL CARE*, 26(1). <https://doi.org/10.1186/s13054-022-04202-x>
- Carvajal Nagua, K. A., & Solano Cedeño, C. S. (2021). *Desarrollo de una Aplicación Web para el Control de citas y manejo de historial médico en la Unidad Médica Family care de la ciudad de Guayaquil*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20905>
- Gasteiger, N., van der Veer, S. N., Wilson, P., & Dowding, D. (2024). Virtual reality and augmented reality smartphone applications for upskilling care home workers in hand hygiene: a realist multi-site feasibility, usability, acceptability, and efficacy study. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 31(1), 45–60.
- Gaur, L., Gaur, D., & Afaq, A. (2024). Demystifying Metaverse Applications for Intelligent Healthcare. In *Metaverse Applications for Intelligent Healthcare* (pp. 1–23). IGI Global.
- Gelmini, A. Y. P., Duarte, M. L., Silva, M. O. da, Guimarães Junior, J. B., & Santos, L. R. dos. (2022). Augmented reality in interventional radiology education: a systematic review of randomized controlled trials. *Sao Paulo Medical Journal*, 140(4), 604–614. <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2021.0606.r2.27122021>
- Goldsworthy, A., Chawla, J., Birt, J., Baumann, O., & Gough, S. (2023). Use of extended reality in sleep health, medicine, and research: a scoping review. *SLEEP*, 46(11). <https://doi.org/10.1093/sleep/zsad201>
- Hussain, R., Lalande, A., Guigou, C., & Bozorg Grayeli, A. (2019). Contribution of Augmented Reality to Minimally Invasive Computer-Assisted Cranial Base Surgery. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2019.2954003>
- Jung, M., Apostolova, L. G., Moser, D. K., Gradus-Pizlo, I., Gao, S., Rogers, J. L., & Pressler, S. J. (2022). Virtual reality cognitive intervention for heart failure: CORE study protocol. *ALZHEIMERS & DEMENTIA-TRANSLATIONAL RESEARCH & CLINICAL INTERVENTIONS*, 8(1). <https://doi.org/10.1002/trc2.12230>
- Kacmaz, K. S., & Kaçmaz, C. (2024). Bibliometric analysis of research in pediatrics related to virtual and augmented reality: A systematic review. *Current Pediatric Reviews*, 20(2), 178–187.
- Kan Yeung, A. W., Tosevska, A., Klager, E., Eibensteiner, F., Laxar, D., Stoyanov, J., Glisic, M., Zeiner, S., Kulnik, S. T., Crutzen, R., Kimberger, O., Kletecka-Pulker, M., Atanasov, A. G., & Willschke, H. (2021). Virtual and augmented reality applications in medicine: Analysis of the scientific literature. *Journal of Medical Internet Research*, 23(2). <https://doi.org/10.2196/25499>
- Lal, H., Mohanta, S., Kumar, J., Patralekh, M. K., Lall, L., Kataria, H., & Arya, R. K. (2023). Author Correction: Telemedicine-Rehabilitation and Virtual Reality in Orthopaedics and Sports Medicine (Indian Journal of Orthopaedics, (2023), 57, 1, (7-19), 10.1007/s43465-022-00766-6). *Indian*

- Journal of Orthopaedics*, 57(8), 1345. <https://doi.org/10.1007/s43465-023-00918-2>
- Llerena-Izquierdo, J., Barberan-Vizueta, M., & Chela-Criollo, J. (2020). Novus spem, 3D printing of upper limb prosthesis and geolocation mobile application. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 2020(E33), 127–140.
- Lohre, R., Warner, J. J. P., Athwal, G. S., & Goel, D. P. (2020). The evolution of virtual reality in shoulder and elbow surgery. *JSES International*, 4(2), 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.jseint.2020.02.005>
- Mese, I. (2024). Leveraging virtual reality-augmented reality technologies to complement artificial intelligence-driven healthcare: the future of patient--doctor consultations. *European Journal of Cardiovascular Nursing*, 23(1), e9--e10.
- Miller, C. A., Locke, R. A., Holck, H. W., Evans, H. J., Bhamber, T. P., Sinks, A. L., McGrath, L. G., Boselli, D. M., Clark, P. E., & Roy, O. P. (2024). Evaluation of a novel augmented reality educational tool and its effects on patient experience: A randomized controlled trial. *Indian Journal of Urology*, 40(1), 25–30.
- Mora-Alvarado, M., & Llerena-Izquierdo, J. (2022). Mobile Application of Registry Information for Urban Planning Context with Augmented Reality and QR Codes. *International Conference on Smart Technologies, Systems and Applications*, 30–43. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-99170-8_3
- Mora Alvarado, M. L. (2021). *Aplicación móvil de información registral para el contexto de la planificación urbana con Realidad aumentada y códigos QR*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21702>
- Murali, S., Paul, K. D., McGwin, G., & Ponce, B. A. (2021). Updates to the Current Landscape of Augmented Reality in Medicine. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.15054>
- Nagayo, Y., Saito, T., & Oyama, H. (2022). Augmented reality self-training system for suturing in open surgery: A randomized controlled trial. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SURGERY*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2022.106650>
- Ng, P. Y., Bing, E. G., Cuevas, A., Aggarwal, A., Chi, B., Sundar, S., Mwanahamuntu, M., Mutebi, M., Sullivan, R., & Parham, G. P. (2023). Virtual reality and surgical oncology. *ECANCERMEDICALSCIENCE*, 17. <https://doi.org/10.3332/ecancer.2023.1525>
- Paredes-Velasco, M., Velázquez-Iturbide, J. Á., & Gómez-Ríos, M. (2023). Augmented reality with algorithm animation and their effect on students' emotions. *Multimedia Tools and Applications*, 82(8), 11819–11845. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13679-1>
- Paul, P. K., Chatterjee, R., Chakraborty, S., Tiwary, K. S., Aithal, P. S., & Sharma, S. (2024). Advanced Healthcare Informatics Practice Vis-à-Vis Virtual Reality Implications—A Scientific Overview. *Immersive Virtual and Augmented Reality in Healthcare*, 28–49.
- Pérez González, R. F. (2021). *Softwares de penetración utilizados por los piratas informáticos: Una revisión sistemática (2015-2020)*.
- Pons, P., Navas-Medrano, S., & Soler-Dominguez, J. L. L. (2022). Extended reality for mental health: Current trends and future challenges. *FRONTIERS IN COMPUTER SCIENCE*, 4. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2022.1034307>
- Qian, L., Wu, J. Y., DiMaio, S. P., Navab, N., & Kazanzides, P. (2020). A Review of Augmented Reality in Robotic-Assisted Surgery. *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*, 2(1), 1–16. <https://doi.org/10.1109/TMRB.2019.2957061>
- Rad, A. A., Vardanyan, R., Lopuszko, A., Alt, C., Stoffels, I., Schmack, B., Ruhparwar, A., Zhigalov, K., Zubarevich, A., & Weymann, A. (2022). Virtual and Augmented Reality in Cardiac Surgery. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*. <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2020-0511>
- Rios, M. G., & Paredes-Velasco, M. (2021). Using Augmented Reality in programming learning: A systematic mapping study. *2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1635–1641. <https://doi.org/10.1109/EDUCON46332.2021.9454149>
- Roessel, J., Knoell, M., Hofmann, J., & Buettner, R. (2020). A Systematic Literature Review of Practical Virtual and Augmented Reality Solutions in Surgery. *2020 IEEE 44th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC)*, 489–498. <https://doi.org/10.1109/COMPSAC48688.2020.0-204>

- Ruggiero, F., Cercenelli, L., Emiliani, N., Badiali, G., Bevini, M., Zucchelli, M., Marcelli, E., & Tarsitano, A. (2023). Preclinical Application of Augmented Reality in Pediatric Craniofacial Surgery: An Accuracy Study. *JOURNAL OF CLINICAL MEDICINE*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/jcm12072693>
- Soriano García, R. S. (2023). *Revisión de literatura enfocada al rol de la realidad virtual en los procedimientos quirúrgicos*.
- Soto Eras, W. M. (2021). *Desarrollo del portal web de la fundación nuestra Señora del Cisne para la gestión de servicios en el Cantón Durán*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20947>
- Sparwasser, P., Haack, M., Frey, L., Haferkamp, A., & Borgmann, H. (2022). Virtual und Augmented Reality in der Urologie. *Der Urologe*, 61(2), 133–141. <https://doi.org/10.1007/s00120-021-01734-y>
- Tang, R., Yang, W., Hou, Y., Yu, L., Wu, G., Tong, X., Yan, J., & Lu, Q. (2021). Augmented Reality-Assisted Pancreaticoduodenectomy with Superior Mesenteric Vein Resection and Reconstruction. *Gastroenterology Research and Practice*, 2021, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2021/9621323>
- Tartarini, L., Riccardo, S., Bianchi, L., Lodi, S., Gaudiano, C., Bortolani, B., Cercenelli, L., Brunocilla, E., & Marcelli, E. (2023). Stereoscopic augmented reality for intraoperative guidance in robotic surgery. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 23(06). <https://doi.org/10.1142/S0219519423400407>
- Vaughan, N. (2024). Virtual Reality Meets Diabetes. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 19322968231222024.