South American Publishing

*SAP Gamification and Augmented Reality.* 2023; 1:15
doi: 10.56294/gr202315

REVIEW

# Augmented reality in surgery: improving precision and reducing risk

## Realidad aumentada en la cirugía: mejorando la precisión y reduciendo el riesgo

Jose Ignacio Robaina Castillo[1]

[1]Universidad de Alcalá de Henares. España.

**Cite as**
Robaina Castillo JI. Augmented reality in surgery: improving precision and reducing risk. SAP Gamification and Augmented Reality. 2023; 1:15. https://doi.org/10.56294/gr202315

**Submitted:** 01-08-2023
**Revised:** 06-10-2023
**Accepted:** 28-11-2023
**Published:** 29-11-2023

**Corresponding Author**
Jose Ignacio Robaina Castillo

**ABSTRACT**

**Introduction:** augmented reality is applied in different spheres and provides broad possibilities as educational technology, it is a way to interact with physical reality in real time, having multiple applications in the field of medicine.
**Objective:** characterize the application of augmented reality in the field of surgery.
**Method:** a review of the available literature was carried out using synthetic and historical-logical analytical methods using articles recovered from databases such as SciELO, Dialnet, Scopus, Researchgate, recovering a total of 15 reference articles from available literature related to the topic. in question, included in the time frame between 2018 and 2024.
**Results:** augmented reality can be used as a tool to facilitate the visual positioning of surgeons in the intervention of minimally invasive surgeries given the continuous evolution of medicine towards minimally invasive treatments, computing is increasingly present. Augmented reality (AR) in medicine facilitates the preparation and development of surgical operations, plays a very significant educational role, is characterized by being a cognitive process with which one learns at the same time as performing the activity, improves training surgical and effectiveness.
**Conclusions:** currently and in the future, augmented reality constitutes a necessary tool for preclinical training, due to its application in different fields of medicine, including surgery, guiding this technology to improve clinical and surgical capabilities of professionals.

**Keywords:** Surgery; Augmented Reality; Technology; Virtual Reality.

**RESUMEN**

**Introducción:** la realidad aumentada se aplica en diferentes esferas y brinda amplias posibilidades como tecnología educativa, es un modo de poder interactuar con la realidad física en tiempo real teniendo múltiples aplicaciones en el campo de la medicina.
**Objetivo:** caracterizar la aplicación de la realidad aumentada en el campo de la cirugía.
**Método:** se realizó una revisión de la bibliografía disponible utilizando los métodos analíticos sintético e histórico lógico mediante los artículos recuperados desde las bases de datos como SciELO, Dialnet, Scopus, Researchgate, recuperándose un total de 15 artículos referenciales de literatura disponible relacionados con el tema en cuestión, comprendidos en el marco de tiempo entre el 2018 y 2024.
**Resultados:** la realidad aumentada puede ser usada como herramienta para facilitar el posicionamiento visual de cirujanos en la intervención de cirugías mínimamente invasivas dada la continua evolución de la medicina hacia tratamientos mínimamente invasivos, cada vez la informática está más presente. La realidad aumentada (RA) en medicina facilita la preparación y el desarrollo de operaciones de cirugía, juega un papel educativo muy significativo, se caracteriza por ser un proceso cognitivo con el que se aprende al mismo tiempo que se realiza la actividad, mejora la formación quirúrgica y la eficacia.
**Conclusiones:** actualmente y a futuro la realidad aumentada constituye una herramienta necesaria para el entrenamiento preclínico, por su aplicación en diferentes campos de la medicina, dentro de los que se encuentra la cirugía, orientando esta tecnología a mejorar capacidades clínicas y quirúrgicas de los profesionales.

**Palabras clave:** Cirugía; Realidad Aumentada; Tecnología; Realidad Virtual.

© 2023; The Authors. This Open access article is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## INTRODUCCIÓN

El término de Realidad Aumentada o augmented reality (AR), ya se escucha y aplica en diferentes esferas y brinda amplias posibilidades como tecnología educativa. Mezcla el entorno real (lo que se puede apreciar en la realidad) y virtual (existente sólo de forma aparente sin ser real). Es un modo de poder interactuar con la realidad física en tiempo real. Se usa para definir una visión a través de un dispositivo tecnológico, directa o indirecta, de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta en tiempo real.[1]

En 1901, Frank L. Baum diseñó un aparato llamado Character Maker que ya se podría considerar como un prototipo de los que hoy es la RA. Este dispositivo consistía en un visor electrónico de gran tamaño que permitía superponer información sobre las personas a las que enfocaban.[2]

El incremento de los sistemas que fusionan la realidad con lo virtual, dan lugar a la aplicación de nuevas tecnologías como la Realidad Virtual (en adelante RV) y la Realidad Aumentada (en adelante RA), donde su popularidad atrae la atención de los investigadores del área de la salud, denotando que en odontología las aplicaciones de estas nuevas tecnologías generan muchos beneficios. La realidad aumentada es una técnica donde se amplían las imágenes médicas reales con información enriquecida que el cirujano no puede apreciar en el mundo real; dicha información es generada por computador y mostrada en un dispositivo de despliegue, fusionando las imágenes reales con las virtuales.[3]

Los campos de aplicación son muchos, entre ellos se pueden mencionar: La fabricación, el mantenimiento y la reparación de maquinarias, equipos y componentes, el entretenimiento, la publicidad, la educación y la medicina. Algunas de las aplicaciones de la realidad aumentada en el campo de la medicina se encuentran en el uso de juegos para ayudar a pacientes con diferentes trastornos, simuladores, geo-localización, visión 3D, escáneres, entre otras, muchos de ellos incorporados a los equipos que ya disponen los servicios de salud. En cada caso, siempre queda clara su función en el entrenamiento del personal y las facilidades que brinda para el aprendizaje y cuando de medicina se trata, también se incluye la educación médica.[1]

Básicamente la RA tiene como finalidad sobreponer imágenes tridimensionales sobre las imágenes proporcionadas por la cámara. Esta técnica está siendo apropiada en aplicaciones médicas debido principalmente a que genera un incremento de las señales visuales percibidas por el cirujano con una ampliación de su percepción visual, hecho que se ve reflejado en mayor precisión y éxito en las intervenciones; además, mejora la respuesta ojo mano del cirujano gracias a la ampliación de la realidad. En contraposición a la realidad virtual que recrea un ambiente en su mayoría artificial, la realidad aumentada enriquece la realidad, lo que resulta ser de mayor aceptación por el ojo y cerebro humano.[4]

La era de la cirugía digital se caracteriza por la implementación de nuevas tecnologías que tienen el potencial para el mejoramiento de la planeación prequirúrgica, de incrementar la disponibilidad de alternativas terapéuticas, de mejorar el entrenamiento quirúrgico en aprendices, de optimizar los resultados postoperatorios de los pacientes y a su vez, de reducir posibles eventos adversos. A pesar de que la incorporación de estas tecnologías tiene como premisa principal mejorar los resultados clínicos de los pacientes, el uso de estos avances se ha visto acelerado por intereses comerciales y por las oportunidades que tienen las grandes compañías de generar ganancias a nivel mundial.[5]

Por lo antes planteado se traza como **objetivo** del presente artículo de revisión caracterizar la aplicación de la realidad aumentada en el campo de la cirugía.

## MÉTODO

Se realizó una revisión de la bibliografía disponible utilizando los métodos analíticos sintético e histórico lógico mediante los artículos recuperados desde las bases de datos como SciELO, Dialnet, Scopus, Researchgate, recuperándose un total de 15 artículos referenciales de literatura disponible relacionados con el tema en cuestión, comprendidos en el marco de tiempo entre el 2018 y 2024. Se emplearon filtros para la selección de artículos en los idiomas inglés y español. Se emplearon los términos “Cirugía”, “Realidad Aumentada”, “Tecnología”, “Realidad Virtual” como palabras clave en el artículo.

## RESULTADOS

La RA integra señales captadas del mundo real con señales generadas por computadoras, las hace corresponder en la construcción de nuevas realidades coherentes, que se complementan y coexisten en el mundo real y el mundo virtual, enriqueciéndose las experiencias cognitivas en el orden visual y mejora sin dudas la calidad de la comunicación en el contexto en que se desempeñan estudiantes y profesores.[1]

La realidad aumentada es de mayor aceptación por el cerebro humano debido a que conserva gran parte del recorrido visual real, en contraste a otra tecnología muy popular llamada realidad virtual, que se caracteriza por crear un ambiente y una visión totalmente artificial. En los últimos años las aplicaciones médicas de RA han tenido una rápida expansión, dirigida por avances en el hardware (interfaces, hápticas y despliegues), al mismo tiempo que los teléfonos

Inteligentes y tabletas se han constituido en herramientas cada vez más populares para aplicaciones de RA en medicina, industria y educación.[6]

Un ejemplo importante de la aplicación de esta tecnología lo constituye la cirugía asistida por computador representa un concepto que engloba un conjunto de métodos, los cuales utilizan tecnología informática para la planificación pre quirúrgica y para orientar o realizar intervenciones en tiempo real, también conocida como intervención asistida por computador, cirugía guiada por imágenes o navegación quirúrgica. Los sistemas guiados permiten a los cirujanos en el preoperatorio, simular, educar y planear; y en el trans operatorio, guiar, asistir, ejecutar y decidir.[4]

León Araujo et al.[3] determinó en su estudio que en cirugía maxilofacial e implatología, nos ayuda a reconocer de manera eficaz y

eficiente los instrumentos dentales, así como la identificación anatómica en donde se colocará el implante; en odontopediatría motiva a los pacientes pediátricos, a adquirir más conocimiento sobre las técnicas de cepillado y así prevenir enfermedades bucodentales; en operatoria dental mejora habilidades de preparación, remoción y restauración de piezas dentales; en rehabilitación oral nos ayuda a la digitalización de modelos tridimensionales para una posterior rehabilitación.

Por su parte Aguilar et al.[4] plantea que existe un creciente uso de esta tecnología dentro del área quirúrgica, no solo en las estaciones de entrenamiento sino también dentro de las cirugías guiadas, apoyando el trabajo de los cirujanos. Esto se debe principalmente a la creación de imágenes 3D a partir de imágenes médicas en 2D y datos médicos en tiempo real, que llevan a recrear un ambiente con mayor información visual para el cirujano, permitiéndole tomar mejores decisiones dentro de las intervenciones quirúrgicas.

Además, Aguilar et al.[4] reconoce en su estudio que las investigaciones futuras en simulación y entrenamiento con RA se dirigen, por un lado, hacia el realismo visual debido al papel limitante de recrear un mundo cercano a la realidad y, por otro lado, hacia la realimentación háptica, así como hacia el seguimiento dinámico de marcadores y órganos para una aumentación con alto grado de afinidad con la realidad.

La RA y la realidad virtual (RV) han jugado un papel fundamental en los últimos años para mejorar los procesos de enseñanza en el área quirúrgica. Estos avances tecnológicos, cada vez más disponibles, permiten que los estudiantes de medicina, residentes y fellows estén inmersos en escenarios simulados y controlados, donde se pueden adquirir destrezas y habilidades quirúrgicas necesarias en sus procesos de formación académica.[5]

Entre las ventajas de la RA y la RV se destacan: la reducción del tiempo de la curva de aprendizaje, la reducción de posibles complicaciones quirúrgicas al no exponer pacientes reales con fines de aprendizaje y la utilización de cursos previamente establecidos y validados. De la misma manera, estos modelos de enseñanza tienen el potencial de ser adaptados en entornos donde otros métodos de enseñanza quirúrgica no están disponibles, como el caso de modelos de animales y modelos cadavéricos.[5]

Entre los entrenadores basados en realidad aumentada se han desarrollado sistemas que permiten a los estudiantes de medicina hacer una primera aproximación al procedimiento de acceso venoso central en recién nacidos. Este es el caso de un sistema desarrollado en la Universidad Militar Nueva Granada en Colombia, el cual posee herramientas para el seguimiento de posición y orientación de un marcador 3D, lo que permite al usuario interactuar con modelos de herramientas quirúrgicas tales como la jeringa, alambre guía, dispositivo de dilatación y el catéter, cada uno de ellos superpuestos como contenido virtual sobre el marcador.[6]

La realidad aumentada es una tecnología puede ser usada como herramienta para facilitar el posicionamiento visual de cirujanos dentro de espacios de intervención de cirugías mínimamente invasivas, permitiendo sumar información creada por computador dentro del campo visual del cirujano para obtener una representación más intuitiva.[6]

Aguilar et al.[7] en su estudio realizó una prueba estándar con marcadores cuadrados también llamados "fiducial" o "Border Markers" y marcadores naturales o "Natural Feature Marker" usando librerías comerciales de realidad aumentada y visión por computador. Para la manipulación 3D y la mezcla de la vista real y aumentada tuvo como base el entorno integrado de desarrollo (IDE) Unity. El paso siguiente se enfocó al uso del asset OpenCV para Unity. Este asset al estar integrado a Unity permitió compilar aplicaciones multiplataforma de muy buen funcionamiento en tiempo real. En el caso de Markerlessse trabajó con Kudan y posteriormente con la librería Vuforia la cual se encuentra integrada con la última versión de Unity. La librería de complemento Vuforia hace uso del algoritmo SLAM.

El desarrollo de nuevos simuladores es fundamental. El Colegio Imperial de Londres está desarrollando un simulador para reparación de hernia inguinal en técnica de Lichtenstein. La compañía Limb and Things UK/USA y Pharmacobiotics Ltd son los manufactureros que tienen simuladores de entrenamiento quirúrgico como son almohadillas para suturas, simuladores de venopunción, inyecciones, colocación de catéter venoso central, simuladores de lesiones benignas etcétera, pero aún hacen falta investigaciones destinadas a validar los modelos e investigar su beneficio.[8]

Dada la continua evolución de la medicina hacia tratamientos mínimamente invasivos, cada vez la informática está más presente (en este caso la realidad virtual y aumentada), ya que es una poderosa ayuda para mostrar información adicional y ayudar a comprender en todo momento el estado interno del paciente.[9]

Escamilla-Ortiz et al.[8] señala que la selección de modelos para simulación en cirugía abierta es limitada, pero hay algunos simuladores que se utilizan para cirugía abierta, algunos ejemplos son: open *lobectomy bench model and silicone tubing for anastomosis* (BOPT), otro modelo es el *Virtual Reality Educational Surgical Tool* (VREST)-*Virtula Lichtenstein Trainer*, que se utiliza para reparación de hernia inguinal.

Además, Escamilla-Ortiz et al.[8] destaca que es importante reiterar que las habilidades en cirugía abierta deberían ser un prerrequisito para adquirir habilidades en cirugía laparoscópica y que los centros de simulación puedan incluir simuladores de cirugía abierta, tomando en cuenta costos, monitoreo, elaboración de listas de cotejo, retroalimentación etcétera. El llevar a cabo esto incrementará las competencias del residente, seguridad del paciente y menos horas en el quirófano.

El uso de sistemas basados en realidad virtual y aumentada permite simular multitud de escenarios adaptados a las condiciones que sean necesarias, incluso simular patologías inusuales. Es un hecho que los cirujanos formados a través de simuladores adquieren las competencias de forma más rápida que los entrenados de forma clásica. Gracias al cálculo de puntos de interés y regiones anatómicas se consigue una representación compacta, eficiente y eficaz para el estudio del progreso o evaluación en tiempo real de una intervención quirúrgica.[9]

Negrillo Cárdenas et al.[9] concluye en su estudio que la realidad virtual es una tecnología preparada para asistir en tareas fuera del quirófano, ya sea antes o después de la cirugía. La realidad aumentada, por el contrario, tiene una mayor proyección durante la operación, en términos de asistencia a los especialistas. Tanto la RV como la RA son prometedoras en este campo, pero no están lo

suficientemente exploradas aún como para reemplazar a los procedimientos médicos habituales.

Solarte Correa et al.[10] presenta en su estudio un prototipo de sistema de navegación neuroquirúrgica basada en la técnica de realidad aumentada (AR) soportada en la tecnología emergente de Head-Mounted Displays (HMD) para crear un escenario que genera una sensación visual ampliada de estructuras neurológicas creadas por computador a partir de imágenes de resonancia magnética (IMR) que permite acceder a estructuras anatómicas obtenidas a partir de datos médicos reales evitando el acceso físico del paciente Se realizaron dos pruebas de interacción del sistema con diez sujetos de prueba concluyendo que existe un gran interés en el uso de la tecnología la cual fue usable, absorbente y presentó un nivel de inmersión aceptable.

Por otro lado, la cirugía endoscópica y la laparoscópica han ofrecido múltiples técnicas quirúrgicas; sin embargo, la nueva era de la cirugía es la guiada por imágenes. En la convergencia de la cirugía robótica y la guiada por imágenes deben centrarse los esfuerzos científicos. El advenimiento de la inteligencia artificial ayudará a la automatización y mejora de las acciones del trabajo dentro del quirófano. La cirugía guiada por imágenes debe ser una parte fundamental en la formación de los cirujanos.[11]

Moya-Salazar et al.[12] arroja en su artículo que la RA debe ser considerada más que una conquista tecnología, una optimización de las oportunidades del entendimiento humano bajo un contexto integral de formación médica. Estas nuevas tecnologías nos permiten disgregar y entender al ser humano como una estructura funcional activa, al acercarnos más a las estructuras orgánicas integrales que surgen en la esencia viva del hombre. Sin embargo, estos beneplácitos deben ser democratizados entre todas las escuelas médicas en el mundo, ya que aún parecen ilusorios para muchas comunidades estudiantiles.

La realidad aumentada en medicina facilita la preparación y el desarrollo de operaciones de cirugía, aunque es cierto que, en este sentido, todavía es una tecnología por desarrollar. Entre otras ventajas, ayuda a elegir la técnica más conveniente para la operación y sirve de guía durante el proceso ofreciendo información relevante. La realidad aumentada permite recoger en tiempo real datos de un paciente con el uso de sensores no invasivos con la resonancia magnética, la tomografía o imágenes por ultrasonido. La tecnología de la realidad aumentada permite una vista interna del paciente sin necesidad de cirugía, tareas de visualización y de precisión en el quirófano como saber por dónde perforar el cráneo o hacer una biopsia. También puede ser útil para el entrenamiento médico.[2]

La RA juega un papel educativo muy significativo, se caracteriza por ser un proceso cognitivo con el que se aprende al mismo tiempo que se realiza la actividad. Aunque su implementación es algo reciente en el ámbito educativo, se han comprobado los efectos positivos en el aprendizaje. Cuando la RA es utilizada de forma adecuada, los efectos motivadores y las mejoras en el rendimiento de los estudiantes son evidentes. La RA permite mejorar la interacción de un usuario con el mundo real y la percepción que el usuario tiene sobre el entorno.[13] Las últimas tendencias en cirugía general prometen una atención más precisa y centrada en el paciente. La cirugía robótica, la realidad aumentada y las técnicas mínimamente invasivas destacan, abriendo oportunidades para mejoras significativas.[14]

Agustín Leonardo et al.[13] presenta un prototipo de una aplicación móvil denominada CGRA (Cirugía General en Realidad Aumentada), que, a través del uso de Realidad Aumentada, asiste a los estudiantes de la asignatura Cirugía General. La aplicación permite visualizar modelos 3D en escala real del instrumental quirúrgico, además, la aplicación brinda una descripción e información asociada al instrumental.

Cabe destacar el ámbito médico que, desde el siglo pasado, se ha beneficiado de ellas, permitiendo introducir su uso en procedimientos como el diagnóstico, asistencia, rehabilitación o tratamiento. En este ámbito, se proponen modelos de representación del cuerpo humano compatibles con los nuevos requerimientos de la realidad virtual y aumentada. Además, se proponen por un lado sistemas centrados en el especialista (entrenamiento médico) y por otro, en el paciente (tratamientos y herramientas diagnósticas).[9]

Moncada Granda et al.[15] destaca en su estudio el alto potencial de la inteligencia artificial en la predicción y diagnóstico quirúrgico, abarcando áreas como trasplante de riñón, cirugía cardíaca y fracturas. Además, la IA mejora la formación quirúrgica y la eficacia mediante Realidad Aumentada y Virtual. La IA en medicina promete mejoras importantes en diagnóstico y tratamiento.

## CONCLUSIONES

Actualmente y a futuro la realidad aumentada constituye una herramienta necesaria para el entrenamiento preclínico, por su aplicación en diferentes campos de la medicina, dentro de los que se encuentra la cirugía, orientando esta tecnología a mejorar capacidades clínicas y quirúrgicas de los profesionales.

## FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

*Conceptualización:* Jose Ignacio Robaina Castillo.
*Investigación:* Jose Ignacio Robaina Castillo.
*Redacción – borrador original:* Jose Ignacio Robaina Castillo.
*Redacción – revisión y edición:* Jose Ignacio Robaina Castillo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vidal Ledo M, Lío Alonso B, Santiago Garrido A, Muñoz Hernández A. Realidad aumentada angel. Educ Medi Sup s. f.;31.

2. Carballo Muñoz, L, Fernández Rigondeaux, Y. La Realidad Aumentada en el enfrentamiento a la COVID-19 - Dialnet 2020. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590355

3. León Araujo CJ. REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA EN ODONTOLOGÍA: REVISIÓN DE LA LITERATURA. Univ Cat de Cuen 2021.

4. Larrarte EMA, Alban OAV, Navarro JMS. Una aproximación a la realidad aumentada y sus aplicaciones quirúrgicas. UCP 2018;12. https://doi.org/10.31908/19098367.3811.

5. Barajas-Gamboa JS. Redefiniendo la era de la cirugía digital: el rol de la inteligencia artificial, la realidad aumentada y el aprendizaje automático en el campo quirúrgico | MedUNAB. UNAB 2022;25.

6. Aguilar Larrarte EM, Vivas Albán OA, Sabater Navarro JM. Realidad aumentada con marcadores cuadrados y naturales para navegación quirúrgica. Pistas Educativas 2018;39.

7. Aguilar E, Sabater J, Vivas A. Aplicación móvil de realidad aumentada para operaciones de laparoscopia. UGR 2018;5.

8. Escamilla-Ortiz AC, Serrano Pérez J. La simulación en cirugía abierta. Ciru Gener 2022;44.

9. Negrillo Cárdenas J, Feito Higueruela FR. Aplicaciones de la Realidad Virtual y Realidad Aumentada en Medicina: Diagnóstico, tratamiento y rehabilitación. Univ de Jaen 2020.

10. Solarte Correa PL, Sabater Navarro JM, Aguilar Larrarte EM, Vivas Albán OA, Vicente Samper JM. Uso de realidad aumentada como apoyo a un sistema de navegación en neurocirugía. Univ de Extre 2018.

11. Giménez M, Garcia Vazquez A, Yanes L. Cirugía guiada por imágenes. Researchgate 2020.

12. Moya-Salazar J, Diaz A, Paredes J, Contreras-Pulache H, Moya-Salazar J, Diaz A, et al. Algunas consideraciones sobre la Realidad Aumentada en la enseñanza de la medicina. Educ Med Sup 2021; 35.

13. Agustín Leonardo C, Dapoto, S, Thomas, P. Realidad aumentada aplicada al estudio de instrumental quirúrgico para cirugía general veterinaria. UNLP 2023.

14. Crespo Zamora MV, Zapata Toapanta AE, Pilco Rivera ET, Herrera Mejia AJ, Lagua Curipallo LE. Explorando las Últimas Tendencias en Cirugía General: Innovación, Efectividad y Resultados del Paciente. Tesla Revista Científica. Tesla Rev Cient 2023; 3.

15. Moncada Granda KE, Correa Martínez FG. Aplicaciones de la inteligencia artificial en cirugía | Salud ConCiencia. Salud ConCiencia 2023; 2.