



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA EN

ODONTOLOGÍA: REVISIÓN DE LA LITERATURA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE ODONTÓLOGO**

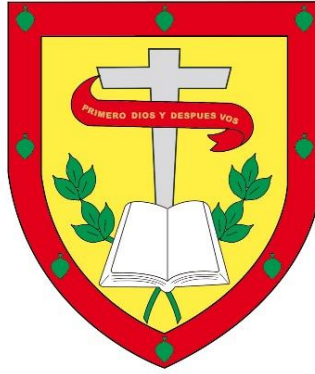
AUTOR: CINTHIA JHANINA LEÓN ARAUJO

DIRECTOR: ING. ANGEL AURELIO MOROCHO MACAS

AZOGUES – ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA EN ODONTOLOGÍA:

REVISIÓN DE LA LITERATURA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE ODONTÓLOGO**

AUTOR: CINTHIA JHANINA LEÓN ARAUJO

DIRECTOR: ING. ANGEL AURELIO MOROCHO MACAS

AZOGUES – ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

 <p>Universidad Católica de Cuenca</p>	DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD	CÓDIGO: F – DB – 34 VERSION: 01 FECHA: 2021-04-15 Página 1 de 1
---	--	--

Declaratoria de autoría y responsabilidad

Cynthia Jhanina León Araujo portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0302654736**. Declaro ser el autor de la obra: “**Realidad virtual y realidad aumentada en odontología: Revisión de la literatura**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Azogues, 27 de octubre de 2021



F:
Cynthia Jhanina León Araujo
CI: 0302654736

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Ángel Aurelio Morocho Macas.

DOCENTE DE LA CARRERA DE ODONTOLOGÍA AZOGUES

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación denominado “REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA EN ODONTOLOGÍA: REVISIÓN DE LA LITERATURA”, realizado por LEÓN ARAUJO CINTHIA JHANINA, ha sido revisado y orientado durante su ejecución, por lo que certifico que el presente documento, fue desarrollado siguiendo los parámetros del método científico, se sujeta a las normas éticas de investigación, por lo que está expedito para su sustentación.

Fecha: 27 de octubre de 2021



.....
Ing. Ángel Aurelio Morocho Macas

DEDICATORIA.

Dedico mi tesis con mucho amor a mi querido padre, ya que su sacrificio se ve reflejado en esta meta alcanzada, que es la muestra de apoyo incondicional y dedicación. Gracias por los valores inculcados que desde siempre ha impartido en mí, y me han servido como ejemplo para enfrentar los retos de la vida.

A mis Ángeles que nunca me han desamparado su presencia siempre ha estado a mi lado, Mami y ñaña Priscy.

A mis hermanas y sobrinos puesto que con ellos compartí alegrías y tristezas que surgieron durante mi proceso de formación me han apoyado a diario con el solo hecho de estar ahí para mí siempre.

Familia mil gracias por todo lo brindado, los amo.

EPÍGRAFE.

“Solamente existe un momento en el que puedes experimentar algo y ese momento es ahora”.

Wayne W. Dyer

AGRADECIMIENTO:

Dios, con tu amor y bondad que no tienen fin, me permites sonreír por estos logros alcanzados, gracias por darme la familia que tengo ya que forjaron en mí la persona que soy ahora, un ser de bien, motivándome a alcanzar mis anhelos.

A mis docentes por formar parte de este proceso integral de formación, dejando impartidos en mí persona conocimientos que los usare durante mi vida profesional.

Gracias Dios, familia y docentes, por brindarme su apoyo, para lograr cumplir esta gran meta en mi vida.

TITULO

REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA EN ODONTOLOGÍA: REVISIÓN DE LA LITERATURA

RESUMEN

OBJETIVO: Proporcionar una visión general de la literatura, sobre la aplicación de Realidad Virtual y Realidad Aumentada en odontología, a fin de distinguir sus tendencias futuras, mediante el reconocimiento de sus avances, su participación en la educación dental y sus aplicaciones clínicas en cirugía maxilofacial e implatología, odontopediatría, operatoria dental y rehabilitación oral. **METODOLOGÍA:** Se realizó una búsqueda de literatura en distintas bases científicas para desarrollar un análisis crítico reflexivo del contenido de artículos originales y de revisión de los últimos cinco años en las bases de datos SCOPUS, Web of Science y PubMed, obteniendo 48 documentos seleccionados pertinentes para el estudio. Para la selección de información se utilizó la guía de descriptores DeCs y MeSH. **RESULTADOS:** se determinó 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. **CONCLUSIONES:** Actualmente y a futuro, la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada son herramientas necesarias para el entrenamiento preclínico, por su aplicación en diferentes áreas odontológicas, orientadas a mejorar habilidades y competencias clínicas de los profesionales. *Palabras clave:* Aplicación, odontología, perspectiva, realidad aumentada, realidad virtual.

Abstract

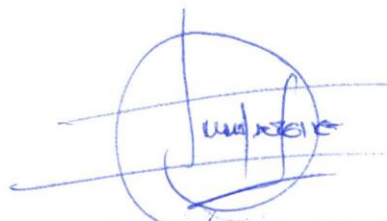
CINTHIA JANINA LEON ARAUJO

Objective: To provide an overview of the literature on the application of Virtual Reality and Augmented Reality in dentistry, to distinguish its future trends by recognizing its advances, its participation in dental education, and its clinical applications in maxillofacial surgery and implantology, pediatric dentistry, dental surgery, and oral rehabilitation. **Methodology:** A literature search was conducted in different scientific databases to develop a reflexive critical analysis of the content of original and review articles in the last five years in the SCOPUS, Web of Science, and PubMed databases, obtaining 48 selected documents relevant to the study. The DeCs and MeSH descriptor guide was used for the selection of information. **Results:** It was determined that in maxillofacial surgery and implantology it helps us to recognize dental instruments effectively and efficiently, as well as the anatomical identification where the implant will be placed; in pediatric dentistry, it motivates pediatric patients to acquire more knowledge about brushing techniques and thus prevent oral diseases; in dental surgery, it improves skills in the preparation, removal, and restoration of teeth; in oral rehabilitation, it helps us to digitalize three-dimensional models for further rehabilitation. **Conclusions:** Currently and in the future, Virtual Reality and Augmented Reality are necessary tools for preclinical training, due to their application in different dental areas, aimed at improving the clinical skills and competencies of professionals.

Keywords: application, dentistry, perspective, augmented reality, virtual reality

Azogues, 19 de noviembre de 2021

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.



Abg. Liliana Urgilés Amoroso, Mgs.
COORDINADORA CENTRO DE IDIOMAS AZOGUES

ÍNDICE

Contenido	
TITULO.....	8
RESUMEN.....	8
ABSTRACT	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCION.....	10
METODOLOGÍA.....	13
ESTADO DEL ARTE.....	15
REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA	15
LA SIMULACIÓN EN LA EDUCACIÓN DENTAL.....	15
APLICACIONES CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS DE LA REALIDAD AUMENTADA Y	
REALIDAD VIRTUAL	19
<i>En cirugía maxilofacial.....</i>	<i>19</i>
<i>En odontopediatría.....</i>	<i>20</i>
<i>En operatoria dental.....</i>	<i>21</i>
<i>En Rehabilitación Oral.....</i>	<i>22</i>
RESULTADOS	24
DISCUSIÓN.....	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

INTRODUCCIÓN

En el presente siglo la nueva ola de innovación se orienta a la automatización y el uso de algoritmos de inteligencia artificial (IA) inherentes en el desarrollo tecnológico que contribuyen a alterar el *status quo* en las diferentes áreas del conocimiento, a tal punto, que el uso de máquinas y herramientas tecnológicas facilitan y optimizan los procedimientos de la práctica médica, educativa, odontológica, turística, militar, etcétera (1).

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 (2), denotando que en odontología la aplicación de estas nuevas tecnologías generan muchos beneficios (3).

Asimismo, la RV se la define como el uso combinado de varias tecnológicas a fin de crear una relación más estrecha entre lo virtual y lo real, al lograr que el usuario consiga un efecto de presencia (inmersión) e interacción en un medio virtual mediante el trabajo de las funciones cognitivas, motoras y mentales del individuo (4,5). Mientras que, la RA es una tecnología orientada a mejorar de manera significativa la percepción sensorial de la realidad, al potenciar el medio en que se trabaja a través de la aplicación de contenido virtual sobre una estructura real (4), es decir, se superpone una imagen generada por computadora a la vista del usuario (2).

En este contexto, la interacción entre la realidad y la tecnología virtual en odontología inicia con el desarrollo de un software basado en RV para la exploración anatómica mediante sistemas de visualización (6), a pesar de considerar que la RV no es una opción natural, se destaca su aplicabilidad en la evaluación de diversas regiones anatómicas, a fin de mejorar el diagnóstico y planificación quirúrgica de la práctica odontológica, mediante la creación de entornos virtuales con plataformas estandarizadas, seguras, flexibles, de tal manera que, la RV facilita que los individuos puedan explorar e interactuar en ambientes de tres dimensiones (en adelante 3D) generados por computadoras (7,8), a través de controladores equipados con uno o más rastreadores de posición y una pantalla montada en la cabeza (9).

Asimismo, la RV y la RA potencian la participación de las personas en espacios tridimensionales para evaluar las estructuras anatómicas desde una nueva perspectiva, reconociendo que en la práctica odontológica real, es imprescindible tener un conocimiento preciso, completo y detallado de las diferentes técnicas odontológicas, las estructuras anatómicas y fisiológicas del sistema estomatognático para realizar un diagnóstico e incluso un análisis quirúrgico más preciso, realista e intuitivo, siendo el desarrollo de gráficos por computadora y sensores utilizados por la RV y la RA, las tecnologías que pueden brindar nuevas oportunidades para el estudio y desarrollo de procedimientos, técnicas diagnósticas y operativas.

Es indudable el crecimiento en el interés de la comunidad científica por la aplicación de la RV y la RA en los diferentes ámbitos de la salud (2), la formación virtual basada en RV también se ha investigado exhaustivamente, y muchos productos comerciales ya están disponibles con fines educativos en odontología (10).

En países latinoamericanos como Ecuador, dichas tecnologías empezaron a ser exploradas a partir del año 2010, enfocándose en las áreas de marketing, publicidad y diseño de interiores, siendo escasas en el ámbito de salud, a pesar de poseer poca información sobre la temática existen iniciativas y propuestas educativas implementadas a través de las universidades: Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), Universidad de los Andes, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Universidad Pontificia Católica del Ecuador, Universidad Técnica Estatal de Quevedo y Universidad San Francisco de Quito. (11,12).

Sin embargo, el conocimiento sobre la incursión e implementación rutinaria de las tecnologías de RV y RA en odontología aún es limitado, es por ello, que el objetivo del presente artículo es proporcionar una visión general de la literatura sobre la aplicación de la RV y RA en la odontología a fin de distinguir sus tendencias futuras mediante el reconocimiento de sus avances, su participación en la educación dental y sus aplicaciones clínicas en cirugía maxilofacial e implantología, odontopediatría, operatoria dental y rehabilitación oral.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión de literatura para desarrollar un análisis crítico reflexivo del contenido de artículos originales y de revisión de la base de datos SCOPUS, Web of Science y PubMed en enero de 2021. La pregunta que se pretende responder con este estudio es: ¿Cuáles son las aplicaciones de la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada en odontología?

La estrategia de búsqueda utilizó descriptores y palabras claves conectados a través de operadores booleanos AND y OR vinculados al título del artículo, resumen y palabras claves. Los descriptores o términos claves utilizados fueron **"Virtual reality"**, **"Augmented Reality"**, **"Dentistry"**, **"Dental Education"**, **"Oral Surgery"**, **"Pediatric dentistry"**, identificadas a través DeCS (Descriptores en Ciencias de la Salud) y MeSH (Medical Subject Headings).

Para mayor comprensión de la pesquisa realizada, en la Tabla 1 se detalla los descriptores, criterios de inclusión y la ecuación de búsqueda utilizada.

Tabla 1. Terminos de búsqueda utilizados para la localización y extracción de documentos en las Bases de datos.

Base de datos	Descriptores de búsqueda	Ecuación de búsqueda	Criterios de inclusión
SCOPUS	"Virtual reality", "Augmented Reality",	TITLE-ABS-KEY ("Virtual Reality" OR "Augmented Reality ") AND TITLE-ABS-KEY ("Dentistry" OR "Dental Education" OR "Oral Surgery" OR "Pediatric dentistry")	Rango de tiempo = 2016 a 2020 Tipo de documento = Artículo y artículos de revisión
Web of Science	"Dentistry", "Dental Education", "Oral Surgery",	((TS=("Virtual reality" OR "Augmented Reality")) AND (TS=("Dentistry" OR "Dental Education" OR "Oral Surgery" OR "Pediatric dentistry")))	Área de investigación = odontología Categoría de Web of Science = Odontología, Cirugía bucal, Medicina
PubMed	"Pediatric dentistry"	((("Virtual Reality"[Mesh] OR "Augmented Reality"[Mesh]) AND ("Dentistry"[Mesh] OR "Education, Dental"[Mesh] OR "Surgery, Oral"[Mesh] OR "Pediatric Dentistry"[Mesh])))	Idioma = Español e Ingles

Fuente: Elaboración propia, 2021

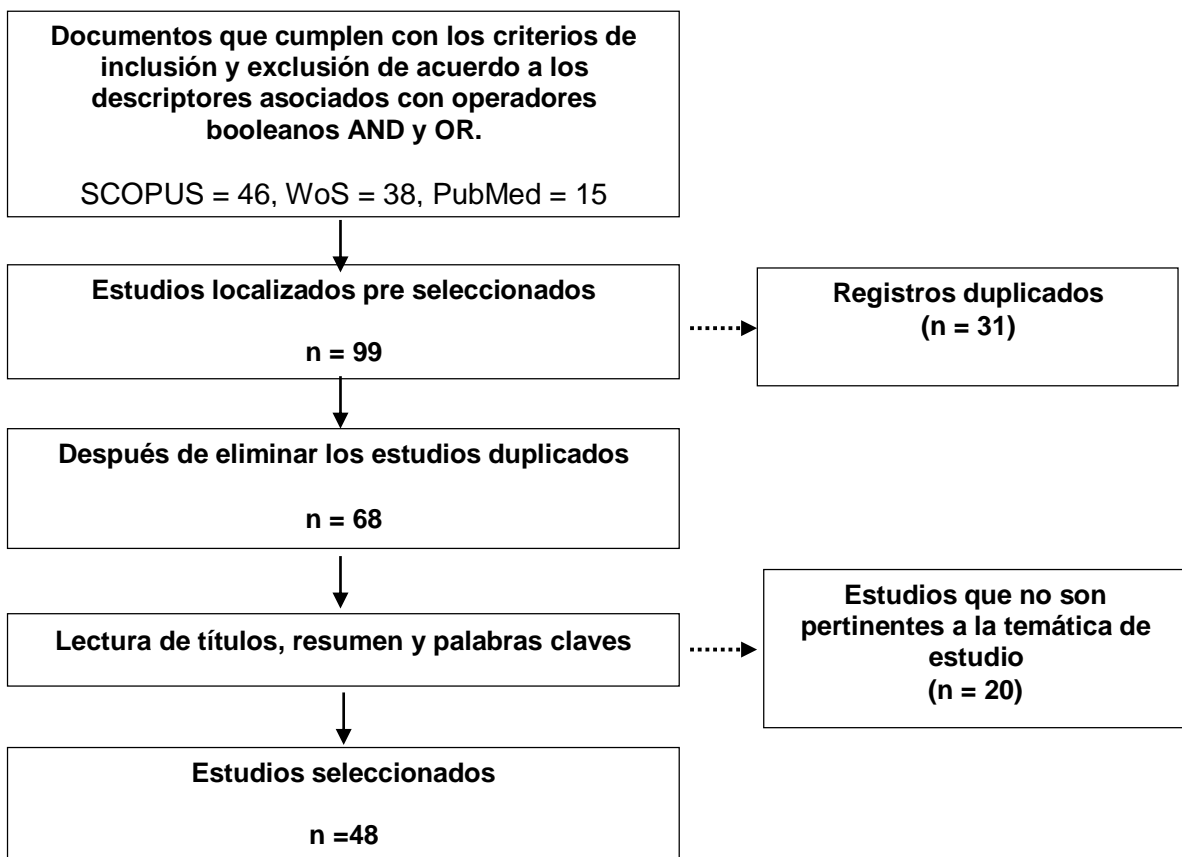
Los criterios de inclusión para la selección de documentos fueron: "artículos" y "revisiones" en español e inglés con acceso a texto completo publicados entre 2016 y 2020 que, pertenezcan al área de investigación de "Odontología" en SCOPUS y a la categoría de "Odontología, Cirugía oral, Medicina" en Web of Science. Se excluyeron aquellos relacionados a la programación y

desarrollo de software de RA y RV. Se utilizó el gestor bibliográfico Mendeley versión 1.19.8 para la identificación y posterior exclusión de los documentos duplicados.

Mediante la estrategia de búsqueda se obtuvieron inicialmente 603 documentos, de los cuales, 99 cumplieron los criterios de inclusión (SCOPUS=46, WoS=38, PubMed=15), luego de eliminar las fuentes duplicadas se procedió con la lectura de títulos, resumen y palabras claves para comprobar la pertinencia y adherencia a la temática de estudio, resultando finalmente seleccionados 48 documentos para el estudio.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del enfoque metodológico resultante (Figura 1).

Figura 1: Diagrama de flujo del enfoque metodológico.



Fuente: Elaboración propia, 2021

La información recopilada se estructuró, para su mejor comprensión, en los apartados: antecedentes de la RV y RA, la simulación en la educación dental y sus aplicaciones clínicas en cirugía maxilofacial e implantología, odontopediatría, operatoria dental y rehabilitación oral.

ESTADO DEL ARTE

REALIDAD VIRTUAL (RV) Y REALIDAD AUMENTADA (RA)

Eventos históricos notables sobre el avance de la tecnología en odontología, reconocen los aportes de Iván Edward Sunderland que creó un procedimiento basado en RA en el año 1968, invento en el cual, usaba una pantalla montada en la cabeza con un sistema binocular que mostraba un efecto cinético (2). En 1991 la definición sobre la RA fue descrita por primera vez por Tom Caudell y Mizell, desde ese momento el reconocimiento sobre esta tecnología ha obtenido avances significativos (13).

Así pues, la RA a través de una imagen virtual en un espacio real crea un entorno virtual alrededor de sus usuarios, reemplazando por medio de gráficos un área de la realidad (14), de tal manera, que un sistema de RA exitosa puede definirse como la combinación de objetos virtuales y objetos reales, en un único entorno elaborado de forma participativa en tiempo real, es por ello, que se debe tener en cuenta datos reales, técnicas, procesamientos de visualización, excelente percepción y mecanismos de retroalimentación (4).

Por otra parte, la RV fue instituida por Jaron Lanier en el año 1986, en este sistema se usan diferentes dispositivos tecnológicos apoyados por un computador para conseguir una visualización en 3D (10). La RV tuvo su primera aplicación en la década de 1990, usada para visualizar datos médicos con diferente complejidad en la realización de cirugías o la planificación de procedimientos quirúrgicos (15). Actualmente, la RV es definida como la simulación de un mundo real basado en la presentación de gráficos a través de un ordenador (16), empleando una pantalla con lentes especiales para crear escenarios virtuales ofreciendo a los usuarios una visualización de un mundo virtual tridimensional (17).

Azuma (18) describe a la RA como la fusión de la realidad y lo virtual, es decir; la RA es una variante de la RV, logrando distinguir que la RA promueve la interacción con los usuarios al combinar el mundo real con el virtual, mientras que la RV no lo permite (19). En este sentido, al buscar reemplazar la RV por la RA se debe considerar las tres dimensiones del espacio y los movimientos de los usuarios (doctor y paciente) al intentar superponer objetos virtuales de forma precisa y reproducible en la realidad (18).

LA SIMULACIÓN EN LA EDUCACIÓN DENTAL

Entre los principales desafíos de la enseñanza odontológica se encuentra la preparación eficaz de los estudiantes en la práctica clínica (20), siendo necesario familiarizarse con nuevas

tecnologías acordes a las características de las nuevas generaciones estudiantiles, a fin de lograr un alto nivel en sus conocimientos y habilidades (21).

Es así, que los espacios de RV creados digitalmente para los procesos de enseñanza-aprendizaje, contribuyen a extender las oportunidades de capacitación práctica de los estudiantes y generación de conocimientos, al entrenarlos en escenarios virtuales ilimitados con control y seguimiento de movimiento (Figura 2).

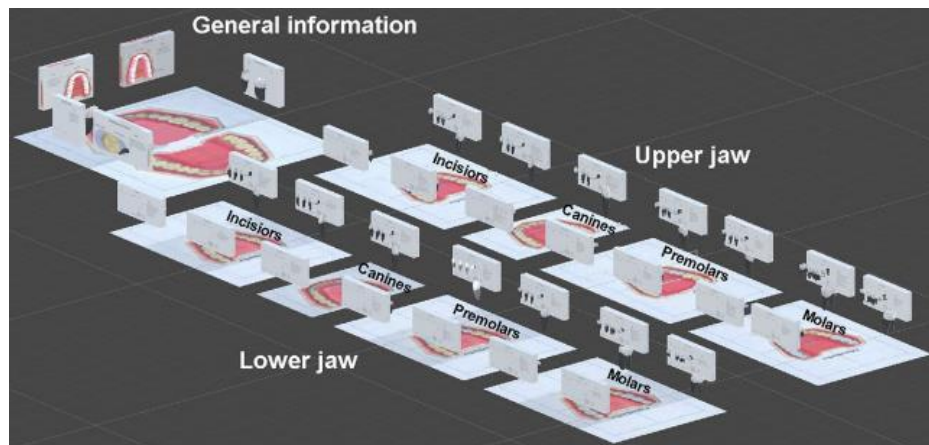


Figura 2: Ambiente de aprendizaje dental mediante RV. **Fuente:** Tomado de Liebermann et al. (22), 2020.

Ciertamente, la afinidad entre la RV, la tecnología háptica y los datos de imágenes 3D, en odontología ha dado como resultado la aparición de simuladores hápticos dentales que pueden crear anatomía oral virtual y facilitar la simulación de procedimientos dentales con imágenes visuales, táctiles y retroalimentación auditiva, siendo, estos dispositivos utilizados principalmente en la educación dental para la planificación virtual (23), reconociendo como uno de los principales objetivos de la RA a la visualización de los modelos virtuales mediante ordenadores o dispositivos móviles; a través de aplicaciones que utilizan tecnología de reconocimiento de marcadores para colocar los contenidos virtuales en 3D (24,25).

Desde la década de 1990, se han introducido varios métodos de simulación basados en nuevas tecnologías para proporcionar una experiencia de aprendizaje más completa en la educación dental, a partir de esto, los entrenadores asistidos por computadora, la RA y los simuladores de RV han ganado una relevancia cada vez mayor en la educación dental (26,27). En los últimos años, se ha desarrollado simuladores virtuales hápticos (SVH) orientados a facilitar la educación odontología permitiendo el desarrollo de habilidades cognitivas y motoras (28). En este contexto, las simulaciones a profundidad proporcionadas por la RV crea sensaciones y habilidades táctiles en los profesionales a través de dispositivos hápticos (10,29,30).

Por consiguiente; el uso de simuladores virtuales permite aprovechar la tecnología disponible y utilizarla como una herramienta didáctica activa, que ayuda al estudiante a realizar actividades de su disciplina profesional, de manera segura y controlada, interactuando en un entorno que simula la realidad, mediante el uso de elementos que colocan a los educandos en situaciones donde es necesario el uso de sus conocimientos y habilidades, encauzados a resolver y desarrollar diferentes escenarios que se equiparan a las situaciones generadas en la práctica clínica (26,31,32).

En lo concerniente a la simulación, como parte integral en la formación odontológica, se revela que la constante evolución de la educación dental obliga a una continua adaptación curricular guiada a mejorar las habilidades motoras finas y coordinación mano-ojo de los estudiantes en educación clínica (33,34). Además, en un futuro próximo, nuevas técnicas relacionadas a la RV y la RA evolucionaran para implementar simulaciones más realistas e interactivas, siendo, la planificación quirúrgica, la navegación y capacitación aquellas que permitirán una mayor amplitud de su aplicación en entornos clínicos (10).

De la misma manera, obtener una experiencia previa ha demostrado resultados exitosos en la atención de pacientes reales (35–37), para lo cual, se ha implementado maniqués con dientes de plástico o dientes extraídos simulando la boca de un paciente adaptándolos para el estudio de casos realistas, teniendo así, la oportunidad de verificar decisiones clínicas o soluciones irreversibles antes de realizar un tratamiento clínico a pacientes (26,27).

Obteniéndose así, una visión de la educación dental actual y futura, al combinarse varias tecnologías para diseñar experiencias de capacitaciones integrales, personalizadas y centradas en el paciente que facultan al estudiante a desarrollar diversas habilidades, fruto del aprendizaje virtual previo, adquiriendo mayor seguridad y cuidado al momento de realizar una atención clínica en pacientes reales. Los dispositivos de entrenamiento de realidad virtual dental disponibles actualmente con retroalimentación sensorial (háptica) brindan un entorno de aprendizaje seguro para mejorar habilidades motoras básicas hasta procedimientos clínicos.

Ahora bien, las habilidades desarrolladas en la RV son transferibles a la realidad (38), la integración de estas tecnologías para la formación clínica parece abrir oportunidades para los temas de seguridad del paciente y la formación clínica en educación dental, además, la variedad de grabaciones referentes a procesos clínicos albergadas en base de datos, suministran a los alumnos múltiples oportunidades de retroalimentación de los diferentes procedimientos estudiados (34).

A manera de complemento, un ejemplo de tecnología háptica de RV es el Simodont Dental Trainer, el cual ofrece al estudiante una experiencia de aprendizaje en un entorno virtual con material didáctico que va desde procedimientos manuales de destreza a pacientes virtuales,

presentándose escenarios clínicos de diferente complejidad (27), proporcionando una visión estereoscópica (3D) de modelos dentales de alta resolución, así como sonidos realistas (34,39). El simulador consiste en un brazo robótico como componente activo, que proporciona al usuario una retroalimentación de la fuerza háptica con una sensación que se asemeja mucho a todos los tejidos dentales, así como a los diferentes comportamientos de corte de las distintas fresas. En particular, este entrenador dental háptico RV permite la interacción con dispositivos de impresión digital intraoral (40), véase Figura 3.



Figura 3: Simodont Dental Trainer. **Fuente:** Tomado de Serrano et al. (40), 2020.

Así también, reconociendo las ventajas de la formación previa utilizando escenarios virtuales, Buchanan (41) y Mladenovic et al. (19) explican que al momento de realizar un tratamiento con el uso de anestesia, los estudiantes deben desarrollar habilidades psicomotoras en la educación preclínica usando simulaciones basadas en tecnología antes de aplicarlas en situaciones clínicas reales, véase Figura 4.

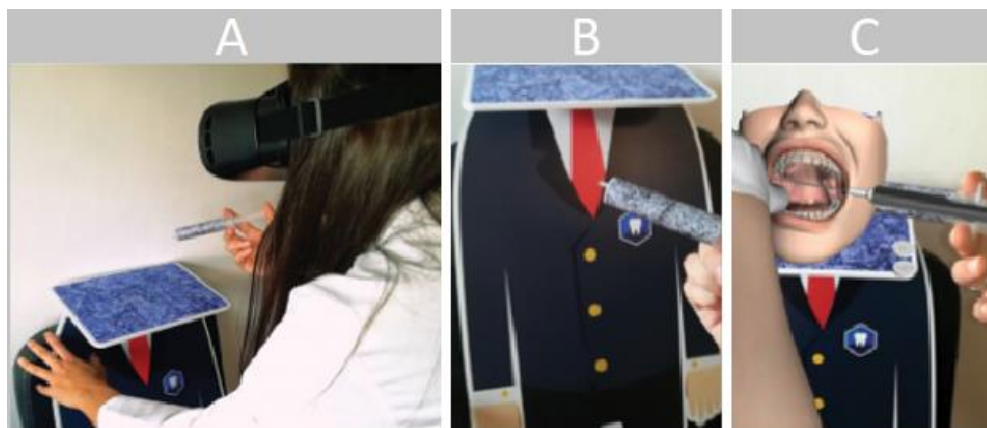


Figura 4: Práctica de aplicación de anestesia mediante software de RA. A: Perspectiva visual del espectador de la práctica de RA. **B:** Elementos usados en la práctica: estructura plástica simulando un torso masculino, Jeringa y Gafas de RV. **C:** Perspectiva visual del

usuario de la imagen superpuesta en la estructura plástica para la práctica de RA. **Fuente:**
Elaborado a partir de Mladenovic et al. (19), 2019.

APLICACIONES CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS DE LA RA y RV

La literatura revela que la RV y la RA tienen un amplio y variado campo de acción en la odontología, es por ello, que a continuación se describirán algunas de sus aplicaciones.

- ***En cirugía maxilofacial e implantología***

La RA a través de la información generada por computadora y las percepciones sensoriales del usuario busca reducir el riesgo en una cirugía, donde, al combinar imágenes virtuales con entornos reales, suministrando información relevante para los procedimientos preoperatorios al superponer imágenes creadas por computadora sobre un sitio quirúrgico, logra que el operador pueda visualizar sitios que no pueden ser observados a simple vista obteniendo una mejor percepción del entorno físico (42).

El estudio de la cavidad oral y la aplicación de cirugía maxilofacial se introducen en el estudio de varias estructuras quirúrgicas y anatómicas como nervios y vasos. La anatomía craneofacial necesita de una correcta planificación pre quirúrgica para tener precisión al momento de identificar correctamente diferentes zonas anatómicas y así mejorar significativamente los resultados quirúrgicos. Por lo tanto, la aplicación de la RA es apropiada para mantener una guía mínimamente invasiva al momento de aplicarla en la cirugía maxilofacial, al facilitar información en tiempo real en un momento intraoperatorio (4).

Por otro lado, la aplicación de la RV en cirugía se la puede realizar con un entrenamiento quirúrgico mediante el uso de un visor (gafas de RV), a través del cual se observa una grabación del medio quirúrgico, proporcionando así, al que lo visualiza una experiencia de la cirugía con una interacción tridimensional, el video va a crear una sensación en donde el cirujano va sentirse presente en la sala de operaciones y puede analizar acciones de manejo de tejidos blandos, osteotomías y suturas, además, los usuarios podrán elegir los instrumentos quirúrgicos y manipularlos de forma adecuada en los diferentes sitios anatómicos logrando así maniobras quirúrgicas deseadas (43).

La odontología virtual va a simular la colocación y rehabilitación sobre implantes dentales identificando de una manera exacta la zona anatómica a tratar, siendo beneficioso para que los estudiantes se familiaricen con los instrumentos usados en implantología (44,45).

Una ventaja significativa sobre el software en implantes, se da mediante un clic donde se puede formar un sin número de escenarios, por ejemplo, a) El paciente generado virtualmente puede perder algunas piezas dentales al azar, en donde los dientes adyacentes y el hueso se

desplazarán y reabsorberán como consecuencia; o b) El paciente podría terminar perdiendo todos sus órganos dentales. Luego de generar estos escenarios con pacientes virtuales, los estudiantes tiene la oportunidad de identificar el espacio edéntulo y por lo tanto el tamaño, la longitud y la colocación adecuada de los mismos, fabricando cubetas de impresión precisas para que coincidan con toda la ubicación, orientación, tamaño, dientes faltantes y cofias de impresión del paciente, de modo que los estudiantes puedan practicar los procesos indirectos de toma de impresiones (46).

El aprendizaje quirúrgico basado en la RV a menudo combina la tecnología de RA para guiar la operación con información más útil referente a las características anatómicas del paciente y/o la planificación preoperatoria. De tal manera, que la RV y la RA permite la presentación de objetos virtuales a todos los sentidos humanos de una manera idéntica a sus contrapartes naturales. Así también, como herramienta de diagnóstico mediante la reconstrucción 3D simulada de órganos basada en datos radiológicos, puede proporcionar una visión más natural de la apariencia y la anatomía del paciente, la planificación quirúrgica preoperatoria puede proporcionar una predicción más realista del resultado, especialmente en cirugía craneofacial y estética (10).

- ***En odontopediatría***

En la actualidad, la efectiva interacción entre hombre y máquina realizada a través de manifestaciones gesticulares o movimientos corporales capturados por medio de cámaras y sensores, expone al conocimiento científico sobre odontología, de tal manera, que además del propósito de entretener a los niños se busca proveer conocimientos de educación dental. La aplicación de la RA en odontología para niños utiliza métodos educativos sobre cómo mantener buenos hábitos de higiene bucal, que además de ayudarlos a desarrollar condiciones motoras, les permite observar posibles enfermedades bucales si no adoptan un correcto manejo de la higiene bucal (47).

Existe un software de RA para odontopediatría, que a manera de juego, desarrolla una educación transformadora a través de objetos virtuales, los cuales proporcionan a los niños información sobre las técnicas de cepillado de dientes, facultándolos a crear una serie de movimientos corporales en un entorno virtual, dicho juego se crea con el objetivo de que los niños mejoren su salud bucal al identificar posibles errores en el cepillado (48). Esta forma de aprendizaje transformadora y llamativa es esencial e importante para la prevención de la caries dental y otras enfermedades bucales relacionadas. El autor Ribeiro (49) expone a breves rasgos el funcionamiento de la aplicación:

- A través de la pantalla se visualizan tres opciones para elegir: personaje, técnicas de cepillado de dientes (Fones o Stillman) y la opción de salir. En la opción de personaje, el

jugador puede elegir según el género (masculino / femenino). En la opción de cepillado de dientes, el jugador puede elegir la técnica y el objetivo de entrenamiento.

- Los movimientos de cepillado se van a repetir tanto para los dientes maxilares como para los mandibulares. El juego permite identificar errores del cepillado, por ejemplo, cuando el jugador ejecuta incorrectamente la técnica de cepillado elegida (es decir, no reproduce los movimientos esperados con la velocidad, el tiempo y el ángulo correctos), el sistema va a proporcionar una respuesta visual con indicaciones en la pantalla sobre las regiones que faltan limpiar en la boca del avatar, una flecha indicara la velocidad y angulación de los movimientos.
- El juego presentara varios desafíos al jugador como ubicar residuos de comida sobre las superficies de los dientes de forma gráfica y lúdica. En el juego, el usuario debe eliminar los residuos reproduciendo los movimientos adecuados del tipo de cepillado elegido, también debe reproducir estos movimientos en los sitios donde se ubican los residuos para eliminarlos completamente.

- ***En operatoria dental***

El aprendizaje en un entorno de enseñanza de RV permite una percepción tridimensional en el campo odontológico integrando toda la información 3D relevante, brindando a los usuarios una impresión espacial de los objetos dentales y morfología de las piezas dentales, mediante imágenes obtenidas de escáneres de tomografía computarizada, que se transforman en modelos anatómicos específicos del paciente brindando una correcta interacción entre humanos y computadoras con la manipulación de entornos realistas, profundizando de esta manera sus conocimientos (22).

Así también, la sensación táctil es importante en la adquisición de habilidades dentales, logrando la incorporación de dispositivos hápticos que permiten a los usuarios interactuar con tejidos orales simulados e instrumentos dentales diseñados para cada procedimiento específico en un entorno virtual, de tal manera, que los usuarios pueden realizar operaciones como detectar, raspar y cortar tejidos blandos y duros con retroalimentación de fuerza realista a las manos del operador, revelando que hasta la actualidad se han desarrollado varios programas de RV para aplicaciones dentales (14,17,19,23).

El autor Dwisaptarin et al. (50) en su estudio desarrolló un modelo multicapa que imita estructuras dentales reales con diferentes durezas, el estudio tuvo como objetivo el entrenamiento de eliminación de caries. Los estudiantes capacitados por el sistema de realidad virtual mostraron un rendimiento igual o significativamente mayor que los capacitados por métodos convencionales, no existe un modelo de diente cariado simulado por RV que se parezca

a una lesión cariosa profunda que pueda exponer la pulpa con tejido infectado y afectado en el que la extracción de caries debe realizarse con mucho cuidado, véase Figura 5.

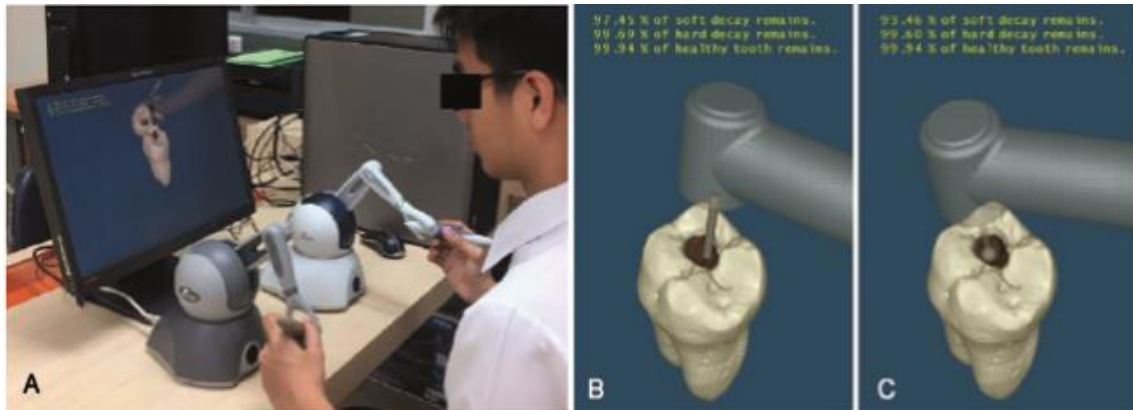


Figura 5: **A:** simulador de RV para el entrenamiento de eliminación de caries, **B:** Fresa de alta velocidad para cortar el esmalte, **C:** Fresa de baja velocidad para eliminar la dentina cortada.

Fuente: Elaborado a partir de Dwisaptarini et al. (50), 2018.

- **En Rehabilitación Oral**

En materia de rehabilitación oral, la RA se usa a partir de la digitalización de modelos físicos para obtener los modelos virtuales y así visibilizarlos utilizando aplicaciones de software con tecnología de reconocimiento para colocar los contenidos virtuales tridimensionales en el espacio (24).

El desarrollo de software para la elaboración de prótesis parciales removibles (PPR) incluye varios tipos de diseños modelados en 3D totalmente manipulables, se pueden utilizar de forma eficaz para demostrar cómo funcionan las PPR, de tal manera que existe una guía de su colocación y extracción de las zonas edéntulas, permitiendo observar cómo se adapta a las mismas (51). Véase Figura 6.

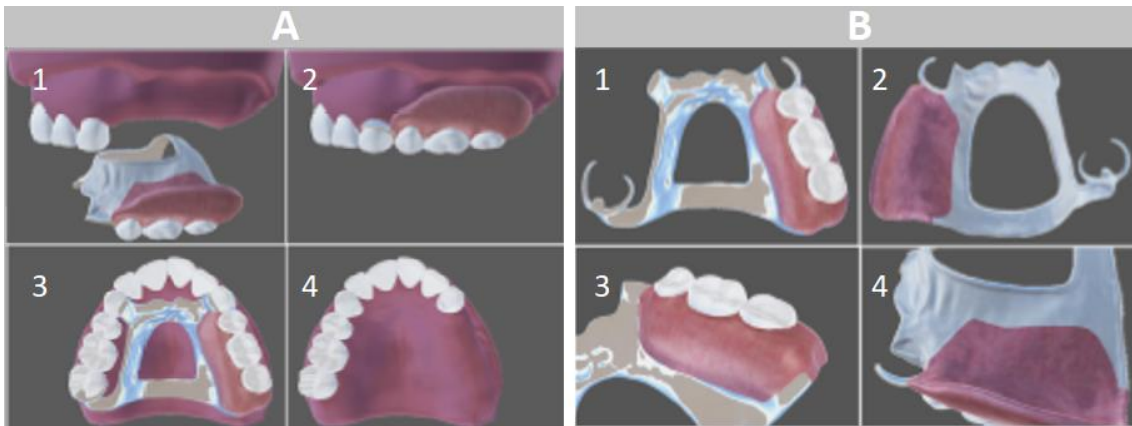


Figura 6: A: Ejemplo de modelo 3D de prótesis parcial removible (PPR), A1: Alineación de la PPR respecto al molde virtual. **A2:** PPR colocada en el molde virtual. **A3:** Vista oclusal de la PPR sobre el molde, **A4:** PPR desactivada para revelar el diente subyacente y el reborde residual. **B: Vistas de la PPR con el molde virtual desactivado, B1:** Vista oclusal que muestra la estructura de pulido y base de resina, **B2:** Vista del tallado que muestra la base de resina procesada pero no pulida y el acabado de la estructura que conserva su ajuste. **B3:** Acercamiento de la línea final externa y la unión de metal a resina con su transición suave. **B4:** Acercamiento del acabado interno que ha creado un metal liso a resina. **Fuente:** Elaborado a partir de Goodacre (51), 2018.

RESULTADOS

Tabla 2. Información extraída de los estudios incluidos, autores, año, título del artículo, objetivo y resultados del estudio.

Se describen a continuación los principales aspectos relacionados a la aplicación de la realidad virtual y realidad aumentada en el campo odontológico.

Autores	Año	Título del artículo	Objetivo	Resultados del estudio
Lieberman A. et al	2020	Virtual education: Dental morphologies in a virtual teaching environment	Examinar la aceptación de los estudiantes preclínicos para el aprendizaje de las morfologías dentales en la realidad virtual (VR)	De 63 estudiantes el 34,9% afirmó que comprenden mucho mejor las morfologías dentales, el 57,1% mejor y el 7,9% igualmente bien en comparación con el uso del libro de texto tradicional.
Jiang W. et al.	2018	Evaluation of the 3D Augmented Reality–Guided Intraoperative Positioning of Dental Implants in Edentulous Mandibular Models.	Proponer un método de navegación de realidad aumentada tridimensional (3D) fusionando imágenes virtuales en el entorno real y evaluar su viabilidad.	El tiempo de la cirugía con el método de navegación guiada por realidad aumentada fue significativamente más corto que con el método de navegación guiado por imágenes bidimensionales (2D)
Pulijala Y. et al	2018	An innovative virtual reality training tool for orthognathic surgery	Probar la validez y utilidad de la cirugía de RV para el entrenamiento quirúrgico.	La aplicabilidad clínica de la RV para impartir formación en cirugía ortognática, mejora la experiencia del usuario y las interacciones con los instrumentos quirúrgicos
Dwisaptarini A. et al	2018	Effectiveness of the Multilayered Caries Model and Visuo-tactile Virtual Reality Simulator for Minimally Invasive Caries Removal: A Randomized Controlled Trial	Determinar la efectividad del simulador en el entrenamiento para la remoción de caries mínimamente invasiva	El entrenamiento en modelo de caries multicapa con simulador de realidad virtual visuo-táctil y el diente extraído convencional tuvo efectos equivalentes en la mejora del rendimiento de la eliminación de caries mínimamente invasiva.

Mladenovic R. et al	2019	Effectiveness of Augmented Reality Mobile Simulator in Teaching Local Anesthesia of Inferior Alveolar Nerve Block	Evaluar la efectividad de un simulador de realidad aumentada móvil para el entrenamiento en anestesia local	Un grupo de control con 19 estudiantes y un grupo experimental con 22 estudiantes, el grupo que utilizó el simulador de realidad aumentada tuvo una tasa de éxito de la anestesia del 90,9% en comparación con el 73,7% del grupo de control.
Pulijala Y. et al	2018	Effectiveness of Immersive Virtual Reality in Surgical Training - A Randomized Control Trial	Evaluar el impacto de la Cirugía de RV en el la autoconfianza y el conocimiento de los residentes quirúrgicos.	De 91 estudiantes, los participantes del grupo de estudio mostraron una percepción de autoconfianza significativamente mayor comparado con los del grupo de control
Llena C. et al	2018	Implementation of augmented reality in operative dentistry learning	Evaluar la eficacia de la realidad aumentada (RA) en la adquisición de conocimientos y habilidades entre los estudiantes de odontología en el diseño de preparaciones de cavidades.	De 41 estudiantes la experiencia fue calificada como favorable o muy favorable por el 100% de los participantes.
Farronato M. et al	2019	Current state of the art in the use of augmented reality in dentistry: a systematic review of the literature	Analizar la literatura y describir las aplicaciones actuales de la realidad aumentada.	Las aplicaciones propuestas para la realidad aumentada son: Cirugía oral y maxilofacial en 21 estudios, odontología restauradora en 5 estudios, fines educativos en 4 estudios y ortodoncia en 1 estudio. La mayoría de los estudios se realizaron en fantasmas (51%) y los de pacientes fueron 11 (33%).
Lin Y-K et. al	2015	A Novel Dental Implant Guided Surgery Based on Integration of Surgical Template and Augmented Reality	Desarrollar un sistema de colocación de implantes dentales basado en realidad aumentada y evaluar la precisión del sitio del implante	La desviación de la colocación del implante con respecto a la posición planificada se redujo significativamente mediante la integración de la plantilla quirúrgica y la tecnología de realidad aumentada.

prácticamente
planificado

Ribeiro A.et al	2020	Using Augmented Reality to Motivate Oral Hygiene Practice in Children: Protocol for the Development of a Serious Game	Este estudio tiene como objetivo presentar un protocolo sobre el desarrollo de un juego serio para motivar la práctica de la higiene bucal en los niños.	El resultado esperado es proporcionar un instrumento digital para mejorar la práctica de la higiene bucal en los niños y también motivar la prevención de enfermedades bucales al compartir la investigación científica en el entorno escolar y la comunidad.
-----------------	------	---	--	---

Nota. Fuente: Elaboración propia, 2021

Los hallazgos encontrados en la presente investigación, analizando el uso de la realidad virtual y realidad aumentada revelan: en cirugía maxilofacial e implantología ayuda a mejorar la experiencia e interacción con la instrumentación, se mejora el tiempo de cirugía y la precisión para la colocación de implantes y en prácticas de anestesia tiene un 90.9% de efectividad de aprendizaje; en odontopediatría motiva a los pacientes pediátricos a prevenir enfermedades bucales; en operatoria dental se usa para mejorar las habilidades para la preparación de cavidades, remoción de caries y restauración de las piezas dentales mediante el uso de modelos simulados; en rehabilitación oral nos ayuda a crear una digitalización de modelos tridimensionales para posteriormente ofrecer un plan de tratamiento. Por lo que, a través de este análisis se identifica que la realidad virtual y la realidad aumentada en odontología mantiene un progreso positivo para la adquisición de conocimientos y habilidades preclínicas en las áreas odontológicas mencionadas.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se realizó una visión general de la literatura sobre la aplicación de la realidad virtual y realidad aumentada en odontología a fin de distinguir sus futuras tendencias mediante el reconocimiento de sus avances, su participación en la educación dental y sus aplicaciones clínicas en cirugía maxilofacial e implantología, odontopediatría, operatoria dental y rehabilitación oral.

La investigación demuestra que las nuevas tecnologías de simulación apoyadas en RV y RA han creado nuevas formas de interacción y aprendizaje, lo que en la actualidad, es fundamental para la generación de conocimientos y competencias clínicas en el campo de la educación dental, hallazgos coincidentes con los resultados obtenidos por Shah & Chong (24) y Zhu et al. (42), donde determinan que se pueden mejorar los procedimientos y tener una mejor referencia anatómica mediante la fabricación de guías quirúrgicas, manteniéndose una familiaridad entre el operador y el paciente al enfrentar desafíos como osteotomía, curvaturas anatómicas inusuales de la raíz o la proximidad con estructuras anatómicas delicadas.

Asimismo, autores como Huang et al. (17) y Van Krevelen & Poelman (14) destacan que los modelos virtuales aplicados en la educación para la salud aún es un tema poco explorado y no tiene gran precisión al momento de aplicarlo en pacientes, por lo que, manifiestan que es necesario una visualización en tiempo real de la zona anatómica para disminuir el riesgo durante la cirugía, a la vez, que reconocen el potencial muy significativo y relevante al contribuir en la mejora de la salud bucal. Por el contrario, autores como Ribeiro Amantini et al. (49), Ewers et al. (52) y Wang et al. (53) establecen que fortalecer el uso de tecnologías aplicadas hacia la educación y la salud incrementa el uso de las tecnologías digitales existiendo una mejor retroalimentación, mejorando las habilidades manuales.

Se ha demostrado que la RA y RV, en lo referente a la educación dental, contribuyen en los procesos de formación de los estudiantes de las carreras de odontología al cimentar sus conocimientos y mejorar las competencias clínicas a partir de las prácticas realizadas en escenarios virtuales con pacientes generados, lo cual es ratificado por Wang et al. (53), quién, establece que un entrenamiento de la habilidad manual para preparación de los dientes es fundamental para complementar la formación preclínica usando un software y pacientes virtuales, por lo tanto, dicha característica, es considerada como un elemento clave a ser integrado en los planes de estudio, un ejemplo de aquello, es el Simodont que proporciona un entorno de aprendizaje seguro con el que se pueden cometer un mínimo de errores y sin consecuencias para el estudiante y el paciente.

Es así, que en el estudio de Jasinevicius, Landers, Nelson, & Urbankova (54) demostraron que estudiantes que se preparaban con un entrenamiento preclínico usando simuladores, solo necesitaban un 20% de instrucción presencial, y que las habilidades motoras mejoraban con una retroalimentación compartida por los docentes facilitando la comprensión de diferentes aspectos clínicos.

En el futuro, la RA y la RV evolucionaran para implementar simulaciones más realistas, inmersivas e interactivas, Kwon et al. y Quinn et al. describieron que la navegación intraoperatoria reduce la posibilidad de complicaciones mayores y aumenta la posibilidad de obtener los mejores resultados quirúrgicos, también reduce la transición de habilidades preclínicas a clínicas (4,55–57).

Asimismo, Lin et al. (45) evaluaron la precisión de la colocación de implantes dentales basados en RA y la compararon con la planificación y ubicaciones en sitios in vitro, descubriendo que la integración de un plan quirúrgico con el sistema de la RA reduce significativamente la desviación de colocación de implantes. De igual manera, Badiali et al. (58) en sus conclusiones determinó que la cirugía de reposicionamiento maxilar asistida por la RA indicó pequeños errores que estaban dentro de límites aceptables, apoyando también Wang et al. (59) que la precisión de integración de imágenes generadas por computadora es más confiable que la visión de la vida real.

En lo que respecta a cirugía reconstructiva cráneo-maxilofacial, Olsson et al. (60) en sus investigaciones utilizan un dispositivo háptico para manipular modelos tridimensionales, para lo cual, se usa una mesa de trabajo inmersiva y gafas 3D, acciones concordantes con el estudio de Schendel et al. (61), Badiali et al. (58) y Wang et al. (59), donde, el banco usado en la cirugía reconstructiva cráneo-maxilofacial consta de un espejo semitransparente, un monitor de pantalla y un dispositivo háptico para mejorar la inmersión del cirujano durante la planificación quirúrgica. El sistema desarrollado fue diseñado siguiendo procedimientos quirúrgicos reales, lo que permite al cirujano simular diferentes procesos quirúrgicos utilizando modelos de pacientes en 3D (60). Por otra parte, Schendel et al. (61) desarrollaron una cirugía simulada en la reparación de labio fisurado mediante planificación quirúrgica, utilizando un dispositivo háptico para hacer incisiones y cerrar la hendidura en modelos de piel de pacientes en 3D. En este sentido, Ayoub & Pulijala (5) concuerdan que la cirugía de RV es fácil de usar, mediante la adición de retroalimentación de fuerza háptica y la interacción realista, con el uso de modelos 3D como instrumentos que mejoran la experiencia táctil.

Así también, Lin et al. (45) desarrollaron un sistema basado en RA para la osteotomía del ángulo mandibular mediante la planificación de una guía quirúrgica virtual, observándose una vista quirúrgica real, dicho sistema ayudó a los cirujanos a utilizar esta guía quirúrgica en la posición

planificada y a realizar cortes con precisión. Además, Wang et al. (62) propusieron una tecnología basada en RA sin marcadores para apoyar ampliamente la cirugía oral y maxilofacial, el cual constaba con un modelo de dientes de un paciente en 3D y los dientes de un paciente real en una imagen de video en tiempo real para rastrear la posición del paciente, también superpuso otros modelos anatómicos en 3D pudiendo observarse el hueso, los nervios y los vasos.

De las evidencias anteriores se desprende que la aplicación de la RV y la RA tiene un extenso campo de acción en los diferentes ámbitos de la práctica odontológica, como por ejemplo: En la formación de destrezas de estudiantes y profesionales del área odontológica, la cirugía maxilofacial e implantología, odontopediatría, operatoria dental, rehabilitación oral, se han convertido en un aliado eficaz en la generación de competencias a través de prácticas clínicas en pacientes virtuales (14,17,61,62,21,27,29,30,43,45,53,60).

CONCLUSIONES

Los hallazgos sugieren que en la actualidad y a futuro, la realidad virtual y la realidad aumentada son herramientas de entrenamiento invaluable que pueden ser aplicadas en las diferentes áreas odontológicas, orientadas a mejorar habilidades y competencias clínicas de los estudiantes y profesionales del área.

Muestra de aquello, son las aplicaciones de la RV y la RA en cirugía maxilofacial e implantología, enfocadas en reducir posibles riesgos quirúrgicos, a la vez, que renueva la confianza del profesional odontológico gracias a las competencias y habilidades obtenidas a través de simuladores, ayudándoles a mantener una observación más profunda de las estructuras anatómicas al momento de realizar diferentes acciones como osteotomías y suturas, consiguiendo un mejor manejo de los tejidos duros y blandos usando instrumentos quirúrgicos con los cuales ya se encuentran familiarizados.

Así también, en odontopediatría son una excelente opción para la enseñanza didáctica de los niños, permitiendo que los mismos sientan mayor seguridad al asistir a un odontólogo, este acercamiento se puede lograr usando técnicas interactivas a través de juegos sobre una pantalla, motivándolos a adquirir mejores cuidados en su salud bucal.

En operatoria dental la RV permite desarrollar diferentes respuestas a sensaciones táctiles que promueven la adquisición de habilidades y competencias, todo esto a través de la percepción de imágenes tridimensionales y entrenamiento interactivo. Mientras en rehabilitación oral, la RV provee de modelos 3D que representan diferentes escenarios y situaciones clínicas que exigen al profesional a considerar y adoptar diferentes tipos de tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bughin J, Woetzel J. Navigating a world of disruption. McKinsey Global Institute. 2019
2. Farronato M, Maspero C, Lanteri V, Fama A, Ferrati F, Pettenuzzo A, et al. Current state of the art in the use of augmented reality in dentistry: A systematic review of the literature. *BMC Oral Health*. 2019;19(1):135.
3. Harichane Y, Ayestas I. Virtual reality in the dental office. *Dental Tribune* [Internet]. Enero de 2020;1–2. Disponible en: <https://la.dental-tribune.com/news/los-dentistas-necesitan-las-redes-sociales-2-2/>
4. Kwon HB, Park YS, Han JS. Augmented reality in dentistry: a current perspective. *Acta Odontol Scand*. 2018;76(7):497–503.
5. Ayoub A, Pulijala Y. The application of virtual reality and augmented reality in Oral & Maxillofacial Surgery. *BMC Oral Health*. 2019;19(1):238.
6. Pulijala Y, Ma M, Pears M, Peebles D, Ayoub A. Effectiveness of immersive virtual reality in surgical training—A randomized control trial. *J Oral Maxillofac Surg*. 2018;76(5):1065–72.
7. Freina L, Ott M. A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. Bucharest, Romania; 2015.
8. Bartella AK, Kamal M, Scholl I, Schiffer S, Steegmann J, Ketelsen D, et al. Virtual reality in preoperative imaging in maxillofacial surgery: implementation of “the next level”? *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2019;57(7):644–8.
9. Zimmerman TG, Lanier J, Blanchard C, Bryson S, Harvill Y. A hand gesture interface device. *ACM SIGCHI Bull*. 1987;18(4):189–92.
10. Kim Y, Kim H, Kim YO. Virtual reality and augmented reality in plastic surgery: A review. *Arch Plast Surg*. 2017;44(3):179–87.
11. Castellanos-Quiroga DP, Melo-Castro MX. Aproximación a la realidad aumentada y virtual como herramienta didáctica pedagógica: Tecnología con un enfoque a las etnociencias. *Rev An*. 2019;1(376):155–62.
12. Bajaña-Mendieta I, Zúñiga-Paredes A, Can-Sing C, Meza-Cruz F, Puris-Cáceres A. La realidad aumentada en la publicidad, prospectiva para el mercado ecuatoriano. *Rev Cienc Unemi*. 2017;10(23):148-57
13. Carmigniani J, Furht B. Augmented reality: An overview. En: *Handbook of augmented reality*. New York: Springer New York; 2011. p. 3–46.
14. Van Krevelen DWF, Poelman R. A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *Int J Virtual Reality*. 2010;9(2):1–20.
15. Chinnock C. Virtual reality in surgery and medicine. *Hosp Technol Ser*. 1994;13(18):1–48.
16. Pensieri C, Pennacchini M. Overview: Virtual reality in medicine. *J Virtual Worlds Res*.

- 2014;7(1):1–34.
17. Huang T-K, Yang C-H, Hsieh Y-H, Wang J-C, Hung C-C. Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry. *Kaohsiung J Med Sci.*2018;34(4):243–8.
 18. Azuma RT. A survey of augmented reality. *Presence Teleoperators Virtual Environ.* 1997;6(4):355–85.
 19. Mladenovic R, Pereira LAP, Mladenovic K, Videnovic N, Bukumiric Z, Mladenovic J. Effectiveness of augmented reality mobile simulator in teaching local anesthesia of inferior alveolar nerve block. *J Dent Educ.* 2019;83(4):423–8.
 20. Divaris K, Barlow PJ, Chendea SA, Cheong WS, Dounis A, Dragan IF, et al. The academic environment: the students' perspective. *Eur J Dent Educ.* 2008;12(SUPPL. 1):120–30.
 21. Llena C, Folguera S, Forner L, Rodríguez-Lozano FJ. Implementation of augmented reality in operative dentistry learning. *Eur J Dent Educ.* 2018;22(1):e122–30.
 22. Liebermann A, Erdelt K. Virtual education: Dental morphologies in a virtual teaching environment. *J Dent Educ.* 2020;84(10):1143–50.
 23. Durham M, Engel B, Ferrill T, Halford J, Singh TP, Gladwell M. Digitally augmented learning in implant dentistry. *Oral and Maxillofac Surg Clin North Am.* 2019;31(3): 387–98.
 24. Shah P, Chong BS. 3D imaging, 3D printing and 3D virtual planning in endodontics. *Clin Oral Investig.* 2018;22(2):641–54.
 25. Jiang W, Ma L, Zhang B, Fan Y, Qu X, Zhang X, et al. Evaluation of the 3D augmented reality-guided intraoperative positioning of dental implants in edentulous mandibular models. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018;33(6):1219–28.
 26. Perry S, Bridges SM, Burrow MF. A review of the use of simulation in dental education. *Simul Healthc.* 2015;10(1):31–7.
 27. Gottlieb R, Vervoorn JM, Buchanan J. Simulation in dentistry and oral health. En: *The comprehensive textbook of healthcare simulation.* New York: Springer New York; 2013. p. 329–40.
 28. Christiani J. La simulación en la enseñanza en odontología. Una herramienta de aprendizaje para la seguridad del paciente y la calidad de atención. *Rev Fac Odontol UNNE.* 2016;IX(1):69–72.
 29. Coro Montanet G, Gómez Sánchez M, Suárez García A. Haptic simulators with virtual reality environments in dental education: A preliminary teaching diagnosis. *@tic Rev d'innovació Educ.* 2017;0(18):21.
 30. Escobar-Castillejos D, Noguez J, Neri L, Magana A, Benes B. A review of simulators with haptic devices for medical training. *J Med Syst.* 2016;40(4):1–22.
 31. Plessas A. Computerized virtual reality simulation in preclinical dentistry: Can a computerized simulator replace the conventional phantom heads and human instruction?

- Simul Healthc. 2017;12(5):332–8.
32. Fernández-Sagredo M, Barrios-Penna C, Torres-Martínez P, Sáez-Espinoza R, Fonseca-Molina J. Percepción de la utilidad de los simuladores virtuales hápticos en educación odontológica por estudiantes, profesionales y académicos: estudio descriptivo observacional. *Educ Médica*. 2020;23(2):89–94.
 33. Roy E, Bakr MM, George R. The need for virtual reality simulators in dental education: A review. *Saudi Dent J*. 2017;29(2):41–7.
 34. Al-Saud LM, Mushtaq F, Allsop MJ, Culmer PC, Mirghani I, Yates E, et al. Feedback and motor skill acquisition using a haptic dental simulator. *Eur J Dent Educ*. 2017;21(4):240–7.
 35. Chu T-MG, Makhoul NM, Silva DR, Gonzales TS, Letra A, Mays KA. Should Live Patient Licensing Examinations in Dentistry Be Discontinued? Two Viewpoints. *J Dent Educ*. 2018;82(3):246–51.
 36. Formicola AJ, Shub JL, Murphy FJ. Banning live patients as test subjects on licensing examinations. *J Dent Educ*. 2002;66(5):605-9.
 37. Ziv A, Root Wolpe P, Small SD, Glick S. Simulation-based medical education: an ethical imperative. *Acad Med*. 2003;78(8):783–8.
 38. Mirghani I, Mushtaq F, Allsop MJ, Al-Saud LM, Tickhill N, Potter C, et al. Capturing differences in dental training using a virtual reality simulator. *Eur J Dent Educ*. 2018;22(1):67–71.
 39. de Boer IR, Wesselink PR, Vervoorn JM. The creation of virtual teeth with and without tooth pathology for a virtual learning environment in dental education. *Eur J Dent Educ*. 2013;17(4):191–7.
 40. Serrano CM, Wesselink PR, Vervoorn JM. First experiences with patient-centered training in virtual reality. *J Dent Educ* 2020;84(5):607–14.
 41. Buchanan JA. Use of simulation technology in dental education. *J Dent Educ*. 2001;65(11):1225–31.
 42. Zhu M, Liu F, Chai G, Pan JJ, Jiang T, Lin L, et al. A novel augmented reality system for displaying inferior alveolar nerve bundles in maxillofacial surgery. *Sci Rep*. 2017;7(1):1–11.
 43. Pulijala Y, Ma M, Pears M, Peebles D, Ayoub A. An innovative virtual reality training tool for orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2018;47(9):1199–205.
 44. Kim-Berman H, Karl E, Sherbel J, Sytek L, Ramaswamy V. Validity and user experience in an augmented reality virtual tooth identification test. *J Dent Educ*. 2019;83(11):1345–52.
 45. Lin Y-K, Yau H-T, Wang I-C, Zheng C, Chung K-H. A novel dental implant guided surgery based on integration of surgical template and augmented reality. *Clin Implant Dent Relat*

- Res 2015;17(3):543–53. 19
46. Zitzmann NU, Matthisson L, Ohla H, Joda T. Digital undergraduate education in dentistry: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(9):3269
 47. Franco A, Vitor L, Jorge P, Valarelli F, Oliveira T. Evaluation of a new method of oral health education in children with cleft lip and palate. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2018;19(4):267–71
 48. Kilmon CA, Brown L, Ghosh S, Mikitiuk A. Immersive virtual reality simulations in nursing education. *Nurs Educ Perspect*. 2010;31(5):314–7.
 49. Ribeiro Amantini SNS, Montilha AAP, Antonelli BC, Leite KTM, Rios D, Cruvinel T, et al. Using augmented reality to motivate oral hygiene practice in children: Protocol for the development of a serious game. *JMIR Res Protoc*. 2020;9(1):e10987.
 50. Dwisaptarini AP, Suebnukarn S, Rhiemora P, Haddawy P, Koontongkaew S. Effectiveness of the multilayered caries model and visuo-tactile virtual reality simulator for minimally invasive caries removal: A randomized controlled trial. *Oper Dent*. 2018;43(3):E110–8.
 51. Goodacre CJ. Digital learning resources for prosthodontic education: The perspectives of a long-term dental educator regarding 4 key factors. *J Prosthodont*. 2018;27(9):791–7..
 52. Ewers R, Schicho K, Wagner A, Undt G, Seemann R, Figl M, et al. Seven years of clinical experience with teleconsultation in craniomaxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. 2005;63(10):1447–54t
 53. Wang F, Liu Y, Tian M, Zhang Y, Zhang S, Chen J. Application of a 3D haptic virtual reality simulation system for dental crown preparation training. *Proc - 2016 8th Int Conf Inf Technol Med Educ ITME 2016*. 2017;424–7.
 54. Jasinevicius TR, Landers M, Nelson S, Urbankova A. An evaluation of two dental simulation systems: virtual reality versus contemporary non-computer-assisted. *J Dent Educ*. 2004;68(11):1151–62
 55. Quinn F, Keogh P, McDonald A, Hussey D. A study comparing the effectiveness of conventional training and virtual reality simulation in the skills acquisition of junior dental students. *Eur J Dent Educ*. 2003;7(4):164–9.
 56. Buchanan JA. Experience with virtual reality-based technology in teaching restorative dental procedures. *J Dent Educ*. 2004;68(12):1258–65.
 57. Nassar HM, Tekian A. Computer simulation and virtual reality in undergraduate operative and restorative dental education: A critical review. *J Dent Educ*. 2020;84(7):812–29.
 58. Badiali G, Ferrari V, Cutolo F, Freschi C, Caramella D, Bianchi A, et al. Augmented reality as an aid in maxillofacial surgery: Validation of a wearable system allowing maxillary repositioning. *J Cranio-Maxillofacial Surg*. 2014;42(8):1970–6.
 59. Wang J, Suenaga H, Liao H, Hoshi K, Yang L, Kobayashi E, et al. Real-time computer-

- generated integral imaging and 3D image calibration for augmented reality surgical navigation. *Comput Med Imaging Graph*. 2015;40:147–59.
60. Olsson P, Nysjö F, Rodríguez-Lorenzo A, Thor A, Hirsch J-M, Carlbom IB. Haptics-assisted virtual planning of bone, soft tissue, and vessels in fibula osteocutaneous free flaps. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2015;3(8):e479.
 61. Schendel S, Montgomery K, Sorokin A, Lionetti G. A surgical simulator for planning and performing repair of cleft lips. *J Cranio-Maxillofacial Surg*. 2005;33(4):223–8.
 62. Wang J, Suenaga H, Yang L, Kobayashi E, Sakuma I. Video see-through augmented reality for oral and maxillofacial surgery. *Int J Med Robot*. 2017;13(2):e1754.

ANEXOS**CERTIFICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN**

Od. Esp. PhD Priscilla Medina Sotomayor

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN ODONTOLOGÍA

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación denominado **“REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA EN ODONTOLOGÍA: REVISIÓN DE LA LITERATURA”**, realizado por **LEÓN ARAUJO CINTHIA JHANINA**, ha sido inscrito y es pertinente con las líneas de investigación de la Carrera de Odontología, de la Unidad Académica de Salud y Bienestar y de la Universidad, por lo que está expedito para su presentación.

Fecha: 27 de octubre de 2021

Firma



Od. Esp. PhD Priscilla Medina Sotomayor

Abstract

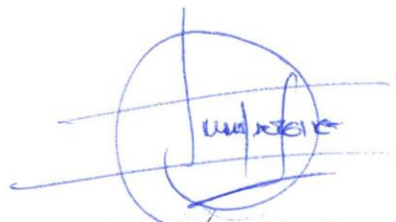
CINTHIA JANINA LEON ARAUJO

Objective: To provide an overview of the literature on the application of Virtual Reality and Augmented Reality in dentistry, to distinguish its future trends by recognizing its advances, its participation in dental education, and its clinical applications in maxillofacial surgery and implantology, pediatric dentistry, dental surgery, and oral rehabilitation. **Methodology:** A literature search was conducted in different scientific databases to develop a reflexive critical analysis of the content of original and review articles in the last five years in the SCOPUS, Web of Science, and PubMed databases, obtaining 48 selected documents relevant to the study. The DeCs and MeSH descriptor guide was used for the selection of information. **Results:** It was determined that in maxillofacial surgery and implantology it helps us to recognize dental instruments effectively and efficiently, as well as the anatomical identification where the implant will be placed; in pediatric dentistry, it motivates pediatric patients to acquire more knowledge about brushing techniques and thus prevent oral diseases; in dental surgery, it improves skills in the preparation, removal, and restoration of teeth; in oral rehabilitation, it helps us to digitalize three-dimensional models for further rehabilitation. **Conclusions:** Currently and in the future, Virtual Reality and Augmented Reality are necessary tools for preclinical training, due to their application in different dental areas, aimed at improving the clinical skills and competencies of professionals.


Keywords: application, dentistry, perspective, augmented reality, virtual reality

Azogues, 19 de noviembre de 2021

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.



Abg. Liliana Urgilés Amoroso, Mgs.
COORDINADORA CENTRO DE IDIOMAS AZOGUES

 <p>Universidad Católica de Cuenca</p>	<p>UNIDAD DE TITULACIÓN ODONTOLOGÍA AZOGUES</p>	
---	--	--

Dra. Cristina Mercedes Crespo Crespo responsable de la Unidad de Titulación de la carrera de Odontología de la Universidad Católica de Cuenca sede Azogues, certifica que el trabajo titulado **“REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA EN ODONTOLOGÍA: REVISIÓN DE LA LITERATURA.”** De la estudiante: **CINTHIA JHANINA LEÓN ARAUJO**, portador de la cédula de ciudadanía 0302654736 ha sido controlado por el sistema Turnitin reflejando una coincidencia del 4% con las fuentes bibliográficas cuya evidencia se adjunta.



Firma:

Dra. Cristina Mercedes Crespo Crespo Mgs.

control similitud CINTHIA JHANINA LEÓN ARAUJO

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.jmir.org

Fuente de Internet

4%


Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Apagado

 <p>Universidad Católica de Cuenca</p>	<p>CERTIFICADO DE NO ADEUDAR LIBROS EN BIBLIOTECA</p>	<p>CÓDIGO: F – DB – 31 VERSION: 01 FECHA: 2021-04-15 Página 40 de 41</p>
--	--	--

El Bibliotecario de la Sede Azogues

CERTIFICA:

Que, **Cinthia Jhanina León Araujo** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0302654736** de la Carrera de **Odontología**, Sede Azogues, Modalidad de estudios presencial no adeuda libros, a esta fecha.

Azogues, **16 de noviembre del 2021**


Byron Alonso Torres Romo
Bibliotecario


Universidad
Católica
de Cuenca
SEDE AZOGUES
BIBLIOTECA

 <p>Universidad Católica de Cuenca</p>	<p>AUTORIZACION DE PUBLICACIONES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</p>	<p>CÓDIGO: F – DB – 30 VERSION: 01 FECHA: 2021-04-15 Página 1 de 1</p>
---	---	--

León Araujo Cinthia Jhanina portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0302654736**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**Realidad virtual y realidad aumentada en odontología: Revisión de la literatura**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, **27 de octubre de 2021**



F:

Cinthia Jhanina León Araujo

C.I. 0302654736



Byron Alonso Torres Romo
Bibliotecario



Universidad
Católica
de Cuenca
SEDE AZOGUES
BIBLIOTECA