



**Implementación de un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) como Prototipo a través de
Realidad Aumentada para la Manipulación de una Autoclave en Clínica Odontológica**

Maritza Quinayas Bermeo

20561726128

Juan José Bolaños Castillo

20561728531

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Programa de Ingeniería Biomédica

Popayán - Cauca, Colombia

2023

**Implementación de un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) como Prototipo a través de
Realidad Aumentada para la Manipulación de una Autoclave en Clínica Odontológica**

Maritza Quinayas Bermeo

Juan José Bolaños Castillo

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Biomédico

Director:

MSc. Jesús David Ramírez Medina

Asesor:

PhD. José Fernando Barrera Campo

Línea de Investigación:

Ingeniería Clínica

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación en Bioinstrumentación y Control - GBIO

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Biomédica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Popayán - Cauca, Colombia

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado _____, Cumple con
los requisitos para optar
Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Popayán, Día Mes 2023

Contenido

Preliminares	XV
Resumen.....	18
Abstract.....	19
Introducción	21
1. Generalidades del Proyecto	24
1.1 Planteamiento del problema	24
1.2 Justificación	26
1.3 Objetivos.....	28
1.3.1 Objetivo General	28
1.3.2 Objetivos Específicos.....	28
1.4 Alcances.....	29
2. Estado del arte.....	31
2.1 Artículos científicos.....	31
2.2 Patentes.....	34
3. Marco Teórico	37
3.1 ¿Qué es una autoclave?.....	37
3.2 Tipos de autoclaves.....	37
3.2.1 Por gravedad:	37
3.2.2 Por prevació:	38

3.3	Partes de una autoclave.....	40
3.4	Funcionamiento de una autoclave a vapor.....	45
3.5	Tipos de esterilización	46
3.5.1	Físicos:	46
3.5.2	Químicos:	47
3.5.3	Radiación:	47
3.6	Tipos de cargas esterilizables	47
3.6.1	Sólida:	48
3.6.2	Porosa:.....	48
3.6.3	Hueca:	48
3.7	Librerías o herramientas complementarias	49
3.7.1	Funcionamiento Unity.....	49
3.7.2	Funcionamiento Vuforia	50
3.7.3	Funcionamiento Blender	50
3.8	Realidad aumentada.....	51
3.8.1	Niveles de realidad aumentada	52
3.8.2	Funcionamiento de marcadores	52
4.	Diseño del entorno virtual de aprendizaje con RA	54
4.1	Diseño del contenido programático	56
4.1.1	Justificación del curso.....	57
4.1.2	Objetivos Académicos del EVA	57
4.1.3	Contenido del EVA.....	59
4.1.4	Competencias del entorno virtual de aprendizaje (EVA)	61

4.1.5	Metodología del entorno virtual de aprendizaje (EVA).....	61
4.1.6	Resultados de aprendizaje del entorno virtual (EVA)	63
4.1.7	Criterios de evaluación en el entorno virtual de aprendizaje (EVA).....	64
4.2	Diseño del entorno virtual de aprendizaje (EVA)	65
4.3	Desarrollo del prototipo funcional del sistema de realidad aumentada.....	70
4.4	Evaluación del EVA con realidad aumentada -	79
4.4.1	Pruebas pedagógicas:.....	79
4.4.2	Pruebas de Usabilidad:.....	80
5.	Resultados.....	82
5.1	Implementación del prototipo funcional “TUTOCLAVE”	82
5.2	Validación del aplicativo con docentes	90
5.3	Resultados de pruebas pedagógica y usabilidad.....	90
5.3.1	Resultados del test de conocimiento (prueba pedagógica)	92
5.3.2	Resultados de la Usabilidad de la App “Tutoclave”	99
6.	Conclusiones.....	105
7.	Trabajos futuros	107
8.	Apendices	108
9.	Anexos	119
	Referencias Bibliográficas.....	123

Lista de Figuras

Figura 1. Número de reportes de eventos adversos en la ESECENTRO desde el 2015 hasta junio del 2019.....	25
Figura 2. Tipo de autoclave por gravedad.	37
Figura 3. Tipo de Autoclave por Prevació.....	38
Figura 4. Autoclave de Clase N.....	38
Figura 5. Autoclave de Clase B.	39
Figura 6. Autoclave de Clase S.....	40
Figura 7. Partes de una autoclave.	41
Figura 8. Partes de una autoclave – Panel de control.	41
Figura 9. Partes de una autoclave – Cámara.....	42
Figura 10. Partes de una autoclave – Modelo 3D Chaqueta.....	42
Figura 11. Partes de una autoclave – Puertas de sellado.	43
Figura 12. Partes de una autoclave – Depósito de agua destilada.	43
Figura 13. Partes de una autoclave – Alimentación y panel eléctrico.	44
Figura 14. Funcionamiento de una autoclave a vapor.	45
Figura 15. Logo de Unity.....	50
Figura 16. Logo de Vuforia	50

Figura 17. Logo de Blender	51
Figura 18. Realidad Aumentada.	51
Figura 19. Funcionamiento de marcadores.....	53
Figura 20. Etapas de la metodología CDIO implementada en el diseño de la aplicación.....	54
Figura 21. Diagrama de navegación para la estructura de la App.	66
Figura 22. (a) Diagrama de casos de uso del menú inicial. (b) Diagrama de casos de uso de la sección información de autores.....	67
Figura 23. Diagrama de casos de uso del selector de niveles.....	67
Figura 24. (a) Diagrama de casos de uso para la unidad uno. (b) Diagrama de casos de uso para la unidad dos.	69
Figura 25. (a) Diagrama de casos de uso del menú de selección para la unidad tres. (b) Diagrama de casos de uso para la unidad tres.	70
Figura 26. Espacio de trabajo de Trello empleada para el desarrollo de la app, dividida en una sección de lista de tareas y de actividades que han sido desarrolladas (completadas).	70
Figura 27. Medidas encontradas en el manual de la autoclave Automat 8000 y Fotografías en ángulos diferentes tomadas de la Automat 8000 – 80L que se encuentra en la Clínica Odontológica Universidad Antonio Nariño – Sede Alto Cauca, Popayán.	71
Figura 28. Modelo 3D de la autoclave Automat 8000 – 80L y la lista de sus partes principales separadas por grupos.....	72

Figura 29. Página generadora de códigos QR (QRCodeMonkey) y los QR generados en la página que se utilizarán en la app como marcadores.....	73
Figura 30. Captura de pantalla de la sección de marcadores subidos y configurados en estándar Multi-Target (Multiobjetivo) bajo el nombre “Ultimate”, opción de descargar el paquete configurado para la importación a Unity (Unity-Package), y el paquete descargado con el nombre de “Ultimate_Edition”.....	74
Figura 31. Capturas de pantalla del proyecto nuevo abierto en Unity, página de la Asset Store con Vuforia y la importación del paquete de Vuforia a Unity	75
Figura 32. Capturas de pantalla de la licencia generada en la plataforma de Vuforia y su implementación en el proyecto de Unity.....	75
Figura 33. Captura de pantalla del programa gratuito de vectorización Inkscape con uno de los diseños realizados para la app junto a las capturas de pantalla de los iconos e imágenes multimedia diseñados e implementados para la app.....	76
Figura 34. Captura de pantalla de los materiales creados en Unity para utilizar con los objetos 3D	77
Figura 35. Página principal de Pixabay para la descarga de efectos de sonido y los efectos de sonido importados al proyecto en Unity.....	77
Figura 36. Captura de pantalla del cuestionario desplegado en Google forms realizado a como prueba pedagógica.....	79
Figura 37. Captura de pantalla del cuestionario desplegado en Google forms realizado a como prueba de usabilidad.....	81

Figura 38. Fotografía de la clase de bioseguridad realizada al primer grupo de 20 estudiantes por Doc. Emilse Sánchez Rojas.	91
Figura 39. Fotografías tomadas a distintos grupos de estudiantes que hicieron parte del segundo grupo de 20 usuarios.	91
Figura 40. Fotografías tomadas al grupo uno y parte del grupo dos que hicieron parte de las pruebas.	92
Figura 41. Gráfico de resultados para estudiantes de Odontología que NO han tenido contacto con la aplicación “Tutoclave”.....	93
Figura 42. Gráfico de resultados para estudiantes de Odontología que tuvieron contacto con la aplicación “Tutoclave”.....	95
Figura 43. Gráfico comparativo para los dos grupos de estudiantes (A y B).	96
Figura 44. Gráfico de barras de los resultados obtenidos para la pregunta ¿Cómo califica su experiencia con la app?.....	99
Figura 45. Gráfico de barras de los resultados obtenidos para la pregunta ¿Cómo califica la claridad de la información vista en la app?.....	100
Figura 46. Gráfico de barras de los resultados obtenidos para la pregunta ¿Qué probabilidad hay de que recomiendes la app a otro estudiante o colega?	101
Figura 47. Gráfico de barras de los resultados obtenidos para la pregunta ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la app cómo producto?.....	102

Figura 48. Gráfico circular de los resultados obtenidos para la pregunta ¿Usaría la app nuevamente?	102
Figura 49. Gráfico circular de los resultados obtenidos para la pregunta: Si tuviera la opción de escoger el método bajo el cual recibir la capacitación ¿Cuál escogería?	103
Figura 50. Collage de diapositivas empleadas para introducir la app a los usuarios del segundo grupo de pruebas	113
Figura 51. Captura de pantalla de la constancia sobre la validación del contenido planteado en la app, otorgada por la Doc. Emilse Sánchez	119
Figura 52. Captura de pantalla de la constancia sobre la validación del contenido planteado en la app, otorgada por la Ing. Ingrid Castaño.....	120
Figura 53. Captura de pantalla de la constancia sobre la validación del contenido planteado en la app, otorgada por el Ing. Guido Gómez.....	121
Figura 54. Captura de pantalla de la portada del Manual de Usuario de la app.	122

Lista de tablas

Tabla 2-1: Artículos científicos	31
Tabla 2-2: Patentes.....	34
Tabla 4-1: Descripción de Metodología CDIO en el proyecto	54
Tabla 4-2: Objetivos Específicos del EVA.....	58
Tabla 4-3: Competencias de Aprendizaje con el EVA	61
Tabla 4-4: Resultados de Aprendizaje con el EVA	63
Tabla 4-5: Criterios de Evaluación con el EVA	64
Tabla 5-1: Capturas de pantalla del prototipo desplegado y funcionando en un dispositivo Smartphone Android tras implementar los diseños propuestos en el título 4.2 y desarrollados en el título 4.3.	82
Tabla 5-2: Tabla con enlace a vídeo donde se evidencia el despliegue de la app en dispositivos Android.	89
Tabla 5-3: Preguntas del cuestionario aplicado como “Test de conocimientos” (prueba pedagógica).....	97

Lista de apéndices y anexos

8. Apéndices.....	108
8.1 Apéndice 1 – Formato en físico del cuestionario empleado como prueba pedagógica	108
8.2 Apéndice 2 – Formato en físico del cuestionario empleado como prueba de usabilidad	111
8.3 Apéndice 3 – Presentación utilizada para introducir la app a los usuarios del segundo grupo de pruebas	113
8.4 Apéndice 4 – Contenido programático	114
9. Anexos.....	119
9.1 Anexo 1 – Constancia respecto a la validación de los objetivos y contenidos planteados para la app por parte de la docente y coordinadora del programa de Odontología, Doc. Emilse Sánchez (área de odontología)	119
9.2 Anexo 2 – Constancia respecto a la validación de los objetivos y contenidos planteados para la app por parte de la docente Ingrid Castaño (área ingeniería clínica)	120
9.3 Anexo 3 – Constancia respecto a la validación de los objetivos y contenidos planteados para la app por parte del docente Guido Gómez (área ingeniería biomédica)	121
9.4 Anexo 4 – Manual de usuario	122
Referencias Bibliográficas.....	123

Lista de Símbolos y Abreviaturas

Abreviatura	Término
RA	Realidad Aumentada
OV	Objeto Virtual
OVA	Objetos Virtuales de Aprendizaje
EVA	Entorno Virtual de Aprendizaje
UAN	Universidad Antonio Nariño
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UML	Lenguaje Modelado Unificado
SCRUM	Metodología de Trabajo
3D	Tridimensional
2D	Bidimensional
PEI	Proyecto Educativo Institucional
PEP	Proyecto Educativo del Programa
IPS	Institución Prestadora de Salud

Preliminares

“Reconozco que cualquier empresa que valga la pena implica un riesgo.”

Mel Medarda – Arcane

“Los científicos buscan descubrimientos. Formas de hacer del mundo un lugar mejor.”

Víctor – Arcane

Dedicatoria

Recuerda mirar hacia las estrellas y no abajo hacia tus pies. Trata de darle sentido a lo que ves y pregúntate qué haces en el universo. Sé curioso. Por más dura que la vida pueda parecer, siempre hay algo que puedes hacer para llegar al éxito. lo importante es que nunca te des por vencido.

Stephen Hawking

Agradecimientos

La sección de agradecimientos suele ser una parte para mencionar personas y seres queridos, siendo así, un apartado para la expresión de una parte de la naturaleza humana capaz de ser agradecida con aquellos que tienen un significado en nuestra vida, además de su aporte y estancia en nuestro camino. Es por eso que, con mucho cariño agradecemos la bendición de Dios para nosotros, el cariño e inversión de nuestros padres, las expresiones con nuestros hermanos, las charlas con nuestros primos, los momentos con nuestros amigos, el apoyo de nuestros familiares, el amor de nuestros seres queridos, la visión y guía de nuestros docentes de las distintas facultades, además del apoyo e impulso de las auxiliares en la clínica de odontología; a todos... el más sincero y cálido GRACIAS que podríamos dar por creer y por apoyarnos en todo este largo camino que hoy, gracias a Dios, está materializado.

Resumen

El presente proyecto aborda la implementación de un Entorno Virtual de Aprendizaje con realidad aumentada, como herramienta de apoyo a procesos formativos sobre las partes y manipulación de una autoclave clase B durante un ciclo de esterilización. Inicialmente, se elabora un contenido programático que servirá de guía para estructurar el proceso educativo, posteriormente será transformado en una herramienta educativa utilizando Vuforia y Unity como plataformas de desarrollo para Realidad Aumentada (RA), haciendo uso del lenguaje de modelado unificado UML para su descripción, además se empleará el paradigma de desarrollo SCRUM para controlar el ciclo de desarrollo de la aplicación software. La finalidad del proyecto es obtener una herramienta computacional de apoyo educativo, útil para cualquier usuario interesado en adquirir conocimientos relacionados con la manipulación de una autoclave clase B, Automat 8000 – 80L de manera didáctica e interactiva, sin el riesgo de operación o desarme del dispositivo en tiempo real.

La aplicación desarrollada presenta como resultado un material didáctico que hace uso de las TIC en los procesos de formación académica con Realidad Aumentada dentro de un aula de clase; al respecto conviene decir que, la app se encuentra organizada en tres secciones. En la *primera sección*, se expone una breve información respecto a las autoclaves y la esterilización, de igual manera, se accede a esta únicamente a través de la app en formato de lecturas cortas sin hacer uso de la RA; posteriormente, en la *segunda sección*, se despliega una guía interactiva que explica las partes principales que componen a una autoclave clase B (Automat 8000 – 80L), además, de conocer el proceso y manipulación que realiza este dispositivo biomédico en un ciclo de esterilización; y por último, en una *tercera sección*, se desarrolla un test de conocimiento donde

se evalúa el aprendizaje obtenido por el usuario al identificar conceptos relacionados con lo aprendido en las secciones anteriores, además, de realizar una encuesta de opinión personal con respecto a la app.

Palabras clave: Realidad aumentada, aprendizaje, entorno virtual de aprendizaje, autoclave, proceso de enseñanza, didáctica universitaria, ingeniería clínica.

Abstract

This project addresses the implementation of a Virtual Learning Environment with augmented reality, as a support tool to training processes on the parts and handling of a class B autoclave. Initially, a programmatic content is elaborated that will serve as a guide to structure the educational process, later it will be transformed into an educational tool using Vuforia and Unity as development platforms for Augmented Reality (AR), in addition to making use of the unified modeling language UML for its description, the SCRUM development paradigm will also be used to control the development cycle of the software application. The purpose of the project is to obtain a computational tool for educational support, useful for any user interested in acquiring knowledge related to the manipulation of a class B autoclave, Automat 8000 - 80L in a didactic and interactive way, without the risk of operation or disarmament of the device in real time.

The developed application presents as a result a didactic material that makes use of TIC in the processes of academic training with Augmented Reality in a classroom; in this regard, it should be noted that the app is organized in three sections. In the first section, a brief information about

autoclaves and sterilization is presented, likewise, this information is accessed only through the app in short reading format without using AR; then, in the second section, an interactive guide that explains the main parts that make up a class B autoclave (Automat 8000 - 80L) is displayed, in addition to knowing the process and manipulation performed by this biomedical device in a sterilization cycle; and finally, in a third section, a knowledge test is developed to evaluate the learning obtained by the user by identifying concepts related to what was learned in the previous sections, in addition to a personal opinion survey regarding the app.

Keywords

Augmented reality, learning, virtual learning environment, autoclave, teaching process, university didactics, clinical engineering.

Introducción

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han permitido desarrollar nuevas herramientas que buscan facilitar procesos de enseñanza y aprendizaje en el ámbito de la educación, cualquiera que sea su disciplina o modalidad de formación (Cacho-López, 2018). Es así, como la incorporación de las TIC posibilita la creación de nuevos contextos de aprendizaje que permiten desarrollar competencias necesarias en términos de información y comunicación, para enfrentarse de manera efectiva a las necesidades del siglo XXI y la denominada sociedad del conocimiento o información (Sánchez-Portuondo y Rodríguez-Álvarez, 2018).

Se resalta que, al otorgar un aprovechamiento a la implementación y usabilidad de las TIC en cualquier escenario formativo resulta de gran utilidad, especialmente cuando se trata de la educación de pregrado, cuyo objetivo es preparar al estudiante como un profesional capaz de encarar al mundo laboral y que este pueda disponer de los conocimientos teórico/prácticos adquiridos durante el proceso de formación.

Por otra parte, los programas de ingeniería biomédica deben contar con un componente práctico que contribuya a espacios formativos (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2012), que faciliten la transformación de conocimiento teórico en práctico, los cuales puedan incorporar herramientas de apoyo EVA (entornos virtuales de aprendizaje) (Cortés-Castaño et al., 2020), en las acciones de manipulación y operación de un equipo biomédico, que son necesarias en el desempeño clínico profesional.

Según la OMS (2012), los procesos de capacitación y educación en equipos biomédicos, no son actividades que se realizan una sola vez, sino que se deben realizar de manera periódica a fin de prevenir incidentes que se puedan presentar como consecuencia del uso inadecuado de la tecnología médica. Es por esto que la realidad aumentada, se concibe como un concepto

tecnológico-perceptivo que incluye elementos visuales, sonoros y virtuales a la realidad percibida, creando así una nueva forma de realidad, enriquecida con más información en comparación con el entorno primario original (Cortés-Castaño, 2020). Estas herramientas de aprendizaje son consideradas de gran valor por su referencia en la construcción de conocimiento, desarrollo de pensamiento crítico y fomentar otros valores educativos que le aportan al estudiante y al profesional (López et al., 2019).

Hoy en día, la educación se concibe como un proceso de formación que requiere emplear herramientas tecnológicas de tipo software, las cuales hacen posible trabajar en distintos espacios sólo a partir del uso de un Smartphone, Tablet o Computadora. De acuerdo a lo expresado por López et al (2019) quienes plantean que los elementos de un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) deben estar centrados en los usuarios, que son los actores del proceso y la enseñanza.

A partir de este principio es posible afirmar que, la Realidad Aumentada (RA) es uno de los enfoques que apunta a una transición en el campo educativo, ya que maneja diferentes aplicaciones y modelos de servicio que favorecen tanto la enseñanza como el aprendizaje en estudiantes y docentes (Bernal-Zamora y Ballesteros-Ricaurte, 2017), debido a la interacción entre la realidad que capta el usuario y la superpuesta a través de un dispositivo móvil, estableciendo así, campos de aplicación que mejoran el proceso de aprendizaje, al renovar contenidos y temáticas educativas en conceptos más atractivos para el usuario (Laurens-Arredondo, 2020).

Al incorporar la RA como un instrumento de innovación dentro de un entorno de aprendizaje (EVA) se establece una experiencia de gran beneficio para el desarrollo de habilidades en los procesos de enseñanza; de lo anterior, Moreno-Fuentes y Pérez-García (2017) manifiestan que la RA es una herramienta que apoya el proceso de enseñanza/aprendizaje en la educación universitaria, puesto que, en las primeras experiencias de RA estas han sido implementadas en

estrategias como: juegos educativos con RA, modelado de objetos con RA, libros con RA, materiales didácticos con RA, todos destinados principalmente al desarrollo de habilidades profesionales de los alumnos.

Teniendo en cuenta lo anterior, la finalidad de este proyecto, es generar una herramienta de apoyo práctico que incentive y fortalezca la capacidad de propiciar en los estudiantes el entendimiento de los conceptos más importantes relacionados con la manipulación de un dispositivo biomédico, es por esto, que se diseñó un EVA con realidad aumentada como herramienta de apoyo para la manipulación de una autoclave clase B (Automat 8000 – 80L) en clínica odontológica, que logre un aprendizaje significativo en la operación de este tipo de equipos biomédicos.

1. Generalidades del Proyecto

1.1 Planteamiento del problema

La enseñanza práctica y la falta de visión espacial sobre la correcta manipulación de equipos biomédicos, es un problema que dificulta el aprendizaje a estudiantes de odontología, personal asistencial y otros, que entren en contacto con ellos (Restrepo-Hernández, 2016); pues el conocimiento teórico aprendido, no resulta ideal en un campo de acción como lo es el área clínica, donde se debe contar con una habilidad práctica para dar solución a una determinada situación (Suaza-Caballero, 2020).

Es por esto, que el emplear tecnologías de la información (TIC) y ambientes de realidad aumentada contribuye a expresar de manera representativa, la forma de resolver tareas claves dentro del ambiente clínico; dando como resultado la implementación de nuevas tecnologías con la finalidad de mantener la seguridad y bienestar de los usuarios (Pazmiño-Guerrero y Llanos-Rodríguez, 2019). El uso de aquellas tecnologías, debe garantizar la seguridad de los usuarios, cumpliendo con los protocolos de bioseguridad requeridos. Esto con el fin de reducir la probabilidad de incidentes y eventos adversos que se puedan presentar en la manipulación de un equipo biomédico como lo es una autoclave clase B (Automat 8000 – 80L) (Restrepo-Hernández, 2016).

Actualmente, los manuales e instructivos de los equipos biomédicos son utilizados para aprender sobre su funcionamiento, lo cual, con el tiempo se torna complicado para un egresado; pues demanda una cantidad de tiempo a nivel de horas que dada su carga laboral, pueden llegar a ser tediosas de cumplir (Arias et al., 2016); es por esto que la capacitación continua hace parte de las estrategias para mitigar los riesgos asociados al uso de la tecnología biomédica ya que permiten

garantizar la seguridad tanto del paciente como del personal involucrado con la misma (Suaza-Caballero, 2020).

Por lo cual es de vital importancia la capacitación adecuada al respectivo personal que hace parte de las instituciones de salud, esto con la finalidad de utilizar los equipos biomédicos de una forma adecuada y en caso de presentarse una situación inesperada, sean capaces de operar, actuar y reaccionar de forma correcta (Restrepo-Hernández, 2016); ya que estos efectos negativos generan problemas que terminan por afectar de forma directa la seguridad del paciente, pero también, puede afectar al personal que manipula dicha tecnología; estos problemas se pueden observar a diario dentro de una Institución Prestadora de Salud, (IPS) los cuales se ven reflejados en los reportes de tecnovigilancia (Suaza-Caballero, 2020).

Figura 1.

Número de reportes de eventos adversos en la ESECENTRO desde el 2015 hasta junio del 2019



Nota: Suaza-Caballero, 2020.

Estos efectos negativos se pueden presentar a raíz de un manejo inadecuado de los equipos biomédicos, los cuales suelen ser muy complejos de manipular y entender. En varios equipos biomédicos se pueden presentar distintos inconvenientes, estos provocados por diferentes causas, tales como: la falta de conocimiento por parte del operador para el manejo correcto del equipo

biomédico que se esté utilizando, no tener en cuenta las recomendaciones que vienen descritas por parte del fabricante (manual de uso), entre otros; es por eso que las instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS) en su búsqueda de cumplir y garantizar la seguridad del paciente, relacionan un conjunto de elementos estructurales, de procesos, instrumentos y metodologías basadas en evidencias que permiten minimizar el riesgo de sufrir un evento adverso en el proceso de atención en salud (Pazmiño-Guerrero y Llanos-Rodríguez, 2019).

Según lo expuesto, en este trabajo se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué beneficios puede tener la implementación de un entorno virtual de aprendizaje con realidad aumentada, en un ambiente educativo y colaborativo, para la manipulación de equipos biomédicos como una autoclave clase B (Automat 8000 – 80L) en clínica odontológica?

1.2 Justificación

Teniendo en cuenta que el rol del Ingeniero Biomédico comprende en parte el cuidado, seguridad y el uso adecuado de los equipos biomédicos; algo similar ocurre con el rol de los odontólogos y auxiliares de odontología en la operación y cuidado de los procedimientos de esterilización; por esta razón se plantea implementar un prototipo funcional con realidad aumentada para el desarrollo de una herramienta que permita el apoyo al proceso de enseñanza práctico en la manipulación de dispositivos médicos, la cual pretende mejorar el aprendizaje funcional en todas las labores que se puedan llegar a realizar, en el manejo de una autoclave clase B (Automat 8000 – 80L) en clínica odontológica (Ortiz-Loboa, 2016).

Actualmente, en la formación académica se emplea una guía de múltiples ámbitos teórico/prácticos que buscan plasmar en los estudiantes conocimientos y experiencias, que son difíciles de asimilar por el contexto teórico en la cual son dictadas, por lo tanto, un ambiente

práctico aporta al conocimiento de los estudiantes, auxiliares, odontólogos e ingenieros biomédicos que están sumergidos en un entorno clínico, donde pueden realizar y aprender distintas acciones de una manera lúdica y entretenida.

Es por ello que disponer de herramientas pedagógicas, las cuales aportan al estudiante una experiencia de instrucción en un medio clínico, se convierte en un ideal, sobre todo cuando se dispone de estas como un medio para ampliar las experiencias en posibles casos reales, como lo es la manipulación de un equipo biomédico (autoclave).

Por otro lado, también está la necesidad de capacitar al personal asistencial dentro de una institución prestadora de salud con respecto al uso de tecnología biomédica, puesto que el personal asistencial es quién tiene el primer contacto con dicha tecnología y quien continuamente la está operando (Ortiz-Loboa, 2016); por lo tanto introducir la tecnología de Realidad Aumentada en algunas de sus actividades permite un campo de entrada al conocimiento y aplicabilidad de esta tecnología en el aprendizaje de manuales técnicos, protocolos y normas que son definidos por el fabricante del equipo biomédico y por el Ministerio de Salud.

Es así como, la herramienta apoya la capacitación de estudiantes y personal asistencial, con el fin de brindar una flexibilidad en el tiempo de aprendizaje de estos manuales, protocolos y normas, ya que puede ser usado en horas de trabajo libre, y así instaurar nuevos espacios de interacción con el equipo biomédico (autoclave). Con el objetivo de establecer nuevas estrategias, que le permitan al personal generar y fortalecer el correcto funcionamiento de las políticas de calidad y seguridad del equipo.

Finalmente, al aplicar el entorno de realidad aumentada a estudiantes de odontología; pueden aprender sobre un equipo biomédico como una Autoclave clase B (Automat 8000 – 80L) y así disminuir la probabilidad de accidentes; desarrollando un aprendizaje más autónomo y

práctico, al momento de adaptarse a una situación real; logrando que el aprendizaje sea de forma más efectiva y significativa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Implementar un prototipo funcional de un entorno virtual de aprendizaje (EVA) con realidad aumentada como herramienta para la enseñanza práctica del correcto uso de una autoclave clase B en clínica odontológica.

1.3.2 Objetivos Específicos

Diseñar un contenido programático y su entorno virtual de aprendizaje con realidad aumentada, a partir de manuales y normas de una autoclave clase B, para orientar el proceso de enseñanza.

Desarrollar un prototipo computacional del sistema propuesto, basado en tecnologías de realidad aumentada, programación de entornos virtuales y el diseño de un EVA, para la enseñanza del correcto uso de una autoclave en clínica odontológica.

Evaluar el desempeño del prototipo desarrollado como herramienta educativa en la enseñanza del Autoclave (Automat 8000 – 80L), a través de pruebas de conocimiento a los usuarios.

1.4 Alcances

En este proyecto se desarrolló una aplicación a través de realidad aumentada como herramienta de apoyo, que permite la capacitación de estudiantes, docentes y personal asistencial que lo requieran, para el manejo de una autoclave clase B en clínica odontológica. La aplicación se limita a apoyar procesos de capacitación académica, que permitan generar estrategias para disminuir eventos e incidentes adversos, tales como, retiro inadecuado de material del autoclave, temperaturas (presión en las cámaras, empaquetado) y tiempo mal administrado, entre otros (Ortiz-Loboa, 2016), que se pueden presentar en la manipulación de un equipo biomédico (autoclave); así mismo se destaca que la capacitación continua es una fuente de conocimiento que se brinda al personal asistencial, a modo de solución ante los problemas que se puedan presentar por el mal uso de estos equipos (Gutiérrez-García y Pastrana-Mavesoy, 2018). Cabe resaltar que no se pretende distribuir el prototipo a gran escala.

Por otra parte, esta aplicación cuenta con un contenido programático que será guiado bajo conceptos teóricos (uso del manual) y la manipulación de un dispositivo móvil compatible, que le mostrará al alumno (y personal asistencial) en su pantalla el escenario creado a través de Vuforia y Unity en un formato mixto de elementos (2D y 3D), en adición imágenes, texto y audio que indicarán los pasos a seguir durante la formación que se proyecta a través de la realidad aumentada. Adicionalmente se resalta que, la aplicación cuenta con su propio módulo de evaluación automatizada para afianzar y cuantificar los conocimientos adquiridos por el usuario durante la capacitación. Por último, cabe aclarar que esta aplicación es un prototipo, donde se presenta un modelo 3D interactivo de una autoclave, la cual a través de una interfaz de botones, instrucciones e información presenta una guía programada para la enseñanza de las partes y operación de una autoclave clase B durante un ciclo de esterilización. Al finalizar la capacitación se encuentra un

módulo de evaluación automatizado, donde el usuario podrá medir los conocimientos aprendidos; sino obtiene la aprobación o puntuación requerida para avalar, el usuario deberá regresar a la sección requerida para aclarar sus dudas y así responder de forma correcta el test.

2. Estado del arte

2.1 Artículos científicos

Para llevar a cabo el estado del arte de la presente investigación, se realizó un estudio previo con artículos que describen el uso de la realidad aumentada en la educación, la medicina y la ingeniería biomédica hallados en registros bibliográficos a nivel internacional, nacional y local. Al respecto conviene decir que, actualmente las experiencias de enseñanza se relacionan con entornos virtuales de aprendizaje (EVA) que han sido adaptados a modelos pedagógicos desarrollados a través de software y hardware adecuados en dispositivos móviles, que son apoyados con Realidad Aumentada en aplicaciones de multimedia para entornos virtuales de aprendizaje (Quintero-Reyes, 2012).

Tabla 2-1:

Artículos científicos

1	Año: 2011
	Título: Realidad aumentada en medicina.
	Características: El tema que desarrolla el artículo se relaciona con las soluciones que existen dentro de la realidad aumentada, en aplicación a la medicina; cuyo enfoque está centrado en la visualización de imágenes biomédicas, las cuales son simuladas a partir de sistemas fisiológicos que han tenido un entreno previo en anatomía y procedimientos quirúrgicos. Al respecto conviene decir que el artículo relaciona la Medicina y en especial la Cardiología en la creación de formatos para la visualización de procedimientos quirúrgicos, de esta forma a través de una computadora con acceso a internet y bajo un marcador sugerido, de forma instantánea mostrará en pantalla un video de presentación y posteriormente un objeto en tres dimensiones que representa el modelo de un corazón de forma virtual, el cual ha sido elaborado por el grupo de investigación que se encuentra a cargo del Ing. Jorge Reynolds Pombo (Ortiz-Rangel, 2011).
	Diferencias: A diferencia del artículo, el aplicativo propuesto es un prototipo que no busca una demostración técnica de la realidad aumentada (RA), sino una herramienta de apoyo práctico, que incentive el aprendizaje y entendimiento de los conceptos más importantes sobre la manipulación de una autoclave en clínica odontológica.

2	Año: 2015
	Título: Realidad Aumentada Implementada en Dispositivos Móviles Android al Estudio de la Anatomía Básica del Corazón.
	Características: El proyecto aborda la investigación y el aprendizaje en diferentes tecnologías que abarcan un entorno virtual focalizado en aplicar la tecnología de realidad aumentada en dispositivos móviles Android; permitiendo interactuar y observar objetos del mundo real en la aplicación del estudio de la anatomía básica del corazón. Con la finalidad de complementar los métodos tradicionales de formación académica (Castillo-Herrera, 2015).
	Diferencias: La investigación que aborda el artículo, a diferencia del prototipo desarrollado difiere en la temática de los proyectos; ya que en la app no se comprenden temas relacionados con anatomía, en cambio se plantean contenidos a cerca de la esterilización de una autoclave; además de establecer una ruta de enseñanza, la cual está enfocada en la manipulación de un equipo biomédico; al contrario del artículo de investigación que únicamente relaciona la estructura cardíaca y sus partes.
3	Año: 2017
	Título: Metodología para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje, apoyada en realidad aumentada.
	Características: La temática que aborda el artículo está guiada por la construcción de una propuesta metodológica para la creación de objetos virtuales de aprendizaje (OVA) para la Universidad de Boyacá, donde se propone un elemento mediador que soporta el modelo pedagógico virtual de la Universidad de Boyacá, el cual es aplicado a la creación de un OVA. Además de la conceptualización, diseño, producción y distribución; es decir que son adaptados a una estructura de innovación tecnológica, aplicada en una de fase que organiza los procesos de calidad que soporta la plataforma y valida la información a publicar; con el fin de cumplir con las exigencias pedagógicas y técnicas para los nuevos estándares de aprendizaje (Bernal-Zamora y Ballesteros-Ricaute, 2017).
	Diferencias: En discrepancia con el anterior artículo, la aplicación representa un prototipo que utiliza la realidad aumentada (RA), en un entorno virtual de aprendizaje (EVA). El cual no pretende exponer diferencias metodológicas sobre un modelo pedagógico, aplicado en una institución de educación superior (UAN). Sino aprovechar la tecnología de realidad aumentada, para incentivar la enseñanza y aprendizaje en los usuarios de una forma interactiva con respecto a las autoclaves.
4	Año: 2018
	Título: Diseño e implementación de un prototipo de objeto de aprendizaje en realidad aumentada para ambientes educativos y colaborativos.
	Características: La propuesta de investigación busca diseñar un Objeto de Aprendizaje (OA) con Realidad Aumentada (RA) para una asignatura en específico como la Geometría, con la finalidad de alcanzar en la población de estudio un aprendizaje sobre los conceptos básicos de esta materia. Cabe aclarar que el proyecto está dentro de la primera fase de investigación, donde se resalta la importancia de este tipo de proyectos que utilizan la RA con OA para ambientes de aprendizaje que fortalezcan la enseñanza digital a través del uso de las TIC (Cacho-López, 2018).

	Diferencias:	A diferencia de la temática que abarca el artículo mencionado al proyecto elaborado, esta radica principalmente en que el aplicativo busca plantear un enfoque educativo en la enseñanza y manipulación de una autoclave en clínica odontológica. Adicionalmente, en la app se establecen una serie de actividades que le permiten al usuario adquirir conceptos importantes que son descritos a través de una serie de unidades que establece una ruta de aprendizaje.
5	Año:	2019
	Título:	Experiencia pedagógica para la enseñanza de la biomecánica mediada por software en escuelas de ingeniería biomédica
	Características:	El proyecto describe la experiencia de un aula de aprendizaje, la cual fue desarrollada en una escuela de ingeniería biomédica de Bogotá. La estrategia empleada fue a través de un software de análisis de movimiento que parte de una mediación pedagógica, con la finalidad de articular el aprendizaje del estudiante, frente a la reprobación académica en el área de la Biomecánica; logrando un incremento en la parte práctica por parte del estudiante, el cual alcanza a comprender los conceptos básicos de la biomecánica en la adaptación del cuerpo humano; para el desarrollo de habilidades espaciales con lo observado en la tecnología y así estar en la capacidad de caracterizar el cuerpo humano en aplicaciones de clínica, deporte e investigación (Perico-Martín y Suan Garibello, 2019).
	Diferencias:	En relación con el antecedente del artículo, el proyecto implementado no se enfoca en el estudio grupal de una asignatura en específico, menos aún en la ubicación anatómica de las partes del cuerpo humano. Por el contrario, la app establece una ruta de aprendizaje acerca de la manipulación de un equipo biomédico, utilizando la tecnología de realidad aumentada (RA) para la formación del usuario.
6	Año:	2022
	Título:	Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada y visión artificial para el mantenimiento de ventiladores mecánicos.
	Características:	La temática que describe el artículo relaciona la tecnología de la información y los sistemas de control, para el desarrollo de un sistema de mantenimiento para un ventilador de cuidados intensivos Savina 300, el cual utiliza realidad aumentada como guía para el usuario. El algoritmo emplea una red neuronal entrenada con un modelo 3D del respirador; además de configurar varios detalles relevantes para el proceso de entrenamiento del equipo médico (Ocaña-Poveda, 2022).
	Diferencias:	A diferencia del artículo, la tecnología empleada en el aplicativo no utiliza redes neuronales lo cual implica un cambio en el medio, flujo y planteamiento de trabajo para acceder a una ruta de enseñanza que utiliza RA. Además, en el proyecto se trabajó con el equipo biomédico autoclave a vapor clase B.

Nota: Elaboración propia, a partir de la revisión de literatura científica realizada.

2.2 Patentes

Para llevar a cabo el estado del arte de la presente investigación, se realizó un estudio previo con patentes que describen el uso de la realidad aumentada en aplicativos móviles orientados a la educación, rehabilitación y la anatomía del cuerpo humano, encontradas en registros bibliográficos a nivel internacional, nacional y local. Al respecto conviene mencionar que, la tecnología apoyada en realidad aumentada ha empezado a exponer sus grandes beneficios en el ámbito educativo, al mismo tiempo ha implementado diferentes niveles y disciplinas que hacen posible una gran variedad de aplicaciones y programas; los cuales se han diseñado con un propósito didáctico y pedagógico para que el contenido de aprendizaje se visualice de forma virtual, mejorando así los procesos de enseñanza (Martínez-Moreno, et al., 2016).

Tabla 2-2:

Patentes

1	Año: 2013
	Título: AR-Books: Principios Básicos en Anatomía de la Pierna y el Pie.
	Características: La invención propone el estudio de la anatomía del pie, el cual siempre ha tenido un particular esfuerzo y dedicación por parte de cualquier profesional sanitario dedicado al diagnóstico y tratamiento de enfermedades relacionadas con el pie. Este libro involucra la tecnología de RA, además, permite el aprendizaje autónomo por parte de los lectores sobre la anatomía de la pierna y el pie. Donde se podrá explorar el hueso, músculo y tendón, desde todas las perspectivas posibles, al igual que aprender de su función y movimiento. Esta invención es catalogada como el primer libro de Anatomía con Realidad Aumentada del mundo (Ferrer-Torregrosa, 2013).
	Diferencias: La diferencia entre la patente y el proyecto radica principalmente en la forma de emplear la realidad aumentada y en la enseñanza de los contenidos, por ejemplo, la patente emplea una descripción breve y un modelo 3D proyectado la parte anatómica de una extremidad del cuerpo humano (pierna y pie). A diferencia del aplicativo, que emplea el uso de marcadores en un punto central, para desplegar una interfaz en 3D sobre el modelo empleado.
2	Año: 2014
	Título: Elements 4D: Realidad Aumentada en Química.

	<p>Características: Esta aplicación es conocida como “el mundo de la química en la realidad aumentada”. Es una herramienta con RA que requiere de marcadores impresos para acceder a la visualización de los diferentes elementos químicos superpuestos en el entorno. La aplicación dispone de ejercicios clasificados en niveles que pueden realizarse en cualquier momento y lugar (Moreno-Martínez et al., 2018).</p>
	<p>Diferencias: El proyecto se diferencia con la patente en la implementación de los marcadores, ya que el aplicativo diseñado solo emplea un marcador para proyectar la interfaz construida, sobre un ambiente determinado. A discrepancia de la patente que utiliza varios marcadores en su interfaz, los cuales están superpuestos en un laboratorio de química, logrando una interacción con varios entornos.</p>
3	<p>Año: 2015</p>
	<p>Título: The brain app: Estudio de la Cabeza.</p>
	<p>Características: Es una app que permite acceder a su contenido, a través de capas de información sobre la cabeza humana, músculos, piel, cráneo y zonas interiores del cerebro. Todo a través del uso de Realidad Aumentada, donde el usuario accede al tema a través de los marcadores que se encuentran codificados en THE BRAIN IN 3D para presentar los elementos interactivos y modelos en 3D; permitiendo demostraciones educativas fáciles de comprender para el usuario (Harmony Internet Limited, Daqri, García, 2015).</p>
	<p>Diferencias: La diferencia entre la patente y el proyecto radica en la forma de presentar la ruta de aprendizaje, por ejemplo, en la aplicación se emplea una ruta de enseñanza propia más allá de la presentación estructural de la app; la cual contiene videos informativos para extender el aprendizaje del usuario.</p>
4	<p>Año: 2016</p>
	<p>Título: Anatomy 4D</p>
	<p>Características: Es una aplicación cuya tecnología aporta a los usuarios una herramienta de realidad aumentada que permite visualizar los sistemas y órganos que conforman el cuerpo humano. Para utilizar la aplicación se debe contar con la impresión de los marcadores, que son un tipo de láminas ilustrativas del cuerpo humano y los órganos; encargadas de generar el escenario de aprendizaje con realidad aumentada (Moreno-Martínez et al., 2016).</p>
	<p>Diferencias: La diferencia entre la patente y la aplicación diseñada, se deriva en que la app no emplea láminas ilustrativas como base de información para la RA. Por el contrario, utiliza un solo marcador que representa un punto central, el cual permite proyectar la mayoría del contenido y no un solo modelo referencial como se expresa en la patente.</p>
5	<p>Año: 2018</p>
	<p>Título: Metodología para Realizar Terapia de Lenguaje Utilizando Plataforma Tecnológica con Realidad Aumentada, Aplicación Móvil y Web.</p>
	<p>Características: La invención describe un aplicativo que hace uso de las tecnologías de la información, orientada al diagnóstico y terapia de los trastornos relacionados con el lenguaje. La app utiliza una plataforma interactiva con el uso de realidad aumentada, la cual contribuye a los procesos de rehabilitación integral en pacientes con problemas de lenguaje. El funcionamiento de la invención está relacionado con un componente físico programable, que utiliza elementos del</p>

	<p>dispositivo móvil o Tablet para la interacción del usuario con los ejercicios diseñados y programados, de tal forma que le permitan fortalecer al paciente los músculos fono auriculares. Puede agregarse que, cada una de las actividades o tareas que realiza el usuario han sido definidas por un terapeuta, quien realiza con anterioridad el diagnóstico físico del paciente y así determinar las actividades a trabajar. Además, la plataforma utiliza un registro médico para hacer el seguimiento y evaluación del paciente cada vez que se utilice la app (Flórez-González et al., 2022).</p>
	<p>Diferencias: A discrepancia de la patente, el proyecto implementa un prototipo que utiliza realidad aumentada (RA) para la enseñanza de un equipo biomédico (autoclave), a través de un marcador que proyecta la visualización de una ruta de aprendizaje sobre una autoclave en clínica odontológica.</p>
6	<p>Año: 2022</p>
	<p>Título: VisAR: Primer sistema de navegación quirúrgica de realidad aumentada en 3D completamente inmersivo para cirugía de columna de precisión.</p>
	<p>Características: Esta invención llamada VisAR, es un sistema de navegación quirúrgica que utiliza la realidad aumentada de Novarad Corporation (Provo, UT, EUA), la cual se encarga de transformar los datos de imágenes de un paciente en un holograma tridimensional, es decir que se hace visible a través de un visor óptico y este se superpone al paciente con una precisión submilimétrica. Permitiendo al cirujano enfocarse directamente en el área a operar, sin apartar su visión del monitor. Esta tecnología ha permitido reducir el tiempo de preparación del quirófano, el cual es inferior a dos minutos (Editorial Hospimédica, 2022).</p>
	<p>Diferencias: A discrepancia de la patente, la aplicación contiene un enfoque más hacia el área educativa. Esta requiere de un marcador para la visualización del equipo biomédico (Autoclave) además que la app no requiere del área de aplicación, ni de un visor óptico en comparación con la tecnología descrita en la patente.</p>

Nota: Elaboración propia, a partir de la revisión de literatura científica realizada.

3. Marco Teórico

3.1 ¿Qué es una autoclave?

La autoclave se define como un dispositivo encargado de esterilizar material médico y de laboratorio por medio de vapor sometido a alta presión (Instituto Nacional del Cáncer, 2020).

3.2 Tipos de autoclaves

Los tipos de autoclaves se pueden clasificar por funcionamiento y categoría de clase (Ciencia Analítica Tecnológica CROMTEK, 2021). Por funcionamiento, las autoclaves se dividen en 2 tipos:

3.2.1 Por gravedad:

Estos equipos funcionan removiendo el aire completamente de la cámara haciendo uso de la gravedad justo al momento de que el vapor de agua a alta temperatura se introduce (Figura 2).

Figura 2.

Tipo de autoclave por gravedad.



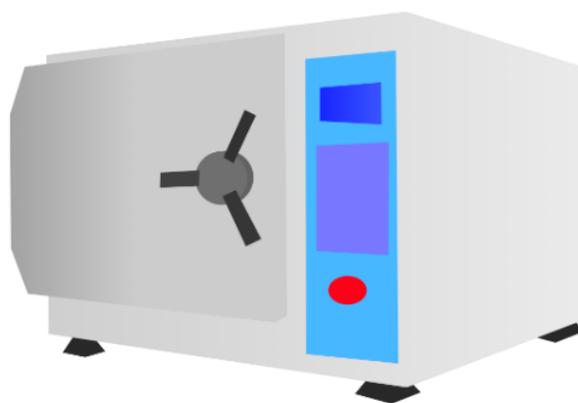
Nota: Diseño propio.

3.2.2 Por prevacío:

Estos equipos hacen uso de una bomba de vacío, la cual remueve el aire de la cámara en su totalidad al ingresar el vapor de agua. Al respecto conviene decir que el sistema de prevacío es mejor en cuanto a eficiencia que el sistema de gravedad (Figura 3).

Figura 3.

Tipo de Autoclave por Prevacío.



Nota: Diseño propio.

Por categoría de clase, las autoclaves se dividen en 3 clases:

Clase N: Las autoclaves de clase (N) no son capaces de alcanzar las altas temperaturas que puedan asegurar una penetración profunda del vapor de agua al material, es decir, estas se emplean únicamente en procesos de esterilización para cargas sólidas, de uso inmediato, que en su posterior aplicación solo sea para impedir la contaminación cruzada o aplicación no estéril; debido a estas características las autoclaves clase N no son tan costosas en comparación a las otras clases (Ciencia Analítica Tecnológica CROMTEK, 2021) (Figura 4).

Figura 4.

Autoclave de Clase N.



Nota: Diseño propio.

Clase B: Las autoclaves de clase (B) son capaces de esterilizar un gran volumen de carga cumpliendo con los más altos estándares de calidad y seguridad; contando con un ciclo que asegura la penetración del vapor de agua. Estas son capaces de esterilizar una considerable variedad de materiales (sólidos, embolsados, porosos, huecos o textiles) (Ciencia Analítica Tecnológica CROMTEK, 2021) (Figura 5).

Figura 5.

Autoclave de Clase B.

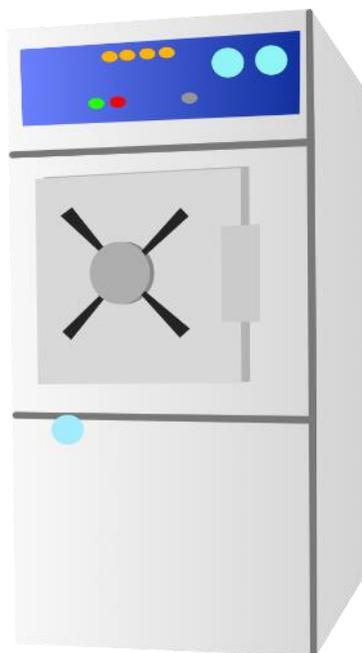


Nota: Diseño propio.

Clase S: Las autoclaves de clase (S) cuentan con los más altos estándares de calidad y seguridad, trabajando a altas temperaturas con bomba de vacío. Estas autoclaves cuentan con ciclos predefinidos de fábrica y programas especiales para cada tipo de carga, sean empaquetados, sólidos, porosos o dispositivos con lúmenes y tamaños específicos (Ciencia Analítica Tecnológica CROMTEK, 2021) (Figura 6).

Figura 6.

Autoclave de Clase S.



Nota: Diseño propio.

3.3 Partes de una autoclave

Al realizar una descripción sobre las partes de una autoclave, suele ser exhaustivo ya que son muchas, si estas se detallan a profundidad. Sin embargo, se destacan ciertas partes en común que son puntos de referencia para los tipos de autoclaves que existen en el mercado. Entre ellos se distinguen (Antón Suministros Dentales, 2020):

Figura 7.

Partes de una autoclave.



Nota: Imagen tomada de la App Tutoclave – modelo 3D de la autoclave. Diseño propio.

Panel de Control: Se encuentra a la vista del operador. Como su nombre lo indica, es un panel con las opciones de control disponibles para ajustar y desempeñar las distintas funciones que debe realizar una autoclave (Euronda Identityd, 2022).

Figura 8.

Partes de una autoclave – Panel de control.



Nota: Imagen tomado de Automatt 8000 - 80L de Clínica Odontológica Universidad Antonio Nariño – Sede Alto Cauca, Popayán.

Cámara: Es un espacio en el cual se ubican los elementos a esterilizar dentro de la autoclave. El interior suele ser de acero inoxidable (Euronda Identityd, 2022).

Figura 9.

Partes de una autoclave – Cámara

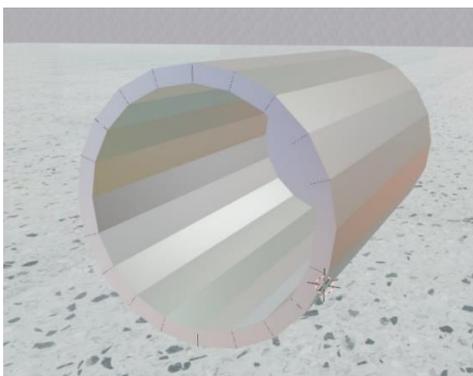


Nota: Imagen tomada de Automat 8000 – 80L de Clínica Odontológica Universidad Antonio Nariño – Sede Alto Cauca, Popayán.

Chaqueta: Es un espacio adicional que recubre a la cámara de la autoclave, cuya función es soportar y controlar la presión y el vapor de agua que ingresa a la cámara (Euronda Identityd, 2022).

Figura 10.

Partes de una autoclave – Modelo 3D Chaqueta.



Nota: Imagen tomada de la App Tutoclave – modelo 3D de la autoclave. Diseño propio.

Puertas de sellado: Son las encargadas de servir como barrera de sellado para la cámara. Al respecto conviene decir que según el modelo pueden ser de cierre manual y/o automatizado (Euronda Identityd, 2022).

Figura 11.

Partes de una autoclave – Puertas de sellado.

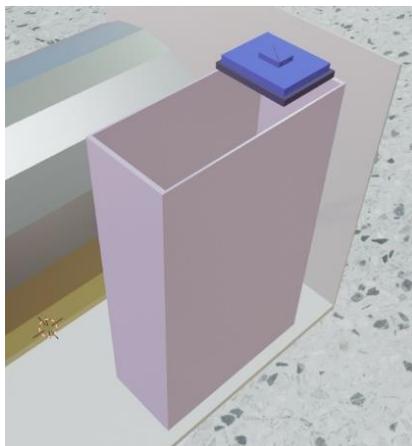


Nota: Imagen tomada de Automat 8000 – 80L de Clínica Odontológica Universidad Antonio Nariño – Sede Alto Cauca, Popayán.

Depósito de agua destilada: Es el depósito de agua destilada en la autoclave, para almacenar el suministro de agua que será requerido en el proceso de esterilización. Algunos suelen contar con filtros previos para destilar el agua directamente de la conexión de agua potable (Euronda Identityd, 2022).

Figura 12.

Partes de una autoclave – Depósito de agua destilada.



Nota: Imagen tomado de App Tutoclave – modelo 3D de la autoclave. Diseño propio.

Alimentación y panel eléctrico: Las autoclaves cuentan con un sistema eléctrico, el cual debe tener una alimentación adecuada a la red eléctrica, de tal forma que este pueda suplir las necesidades de funcionamiento requeridas. Es decir que junto al panel son los encargados de proteger la autoclave, además de cuidar los procesos de control que se realicen. (Euronda Identyd, 2022).

Figura 13.

Partes de una autoclave – Alimentación y panel eléctrico.



Nota: Imagen tomada de Automat 8000 – 80L de Clínica Odontológica Universidad Antonio Nariño – Sede Alto Cauca, Popayán.

3.4 Funcionamiento de una autoclave a vapor

Una autoclave a vapor es un instrumento empleado para la esterilización de materiales biopeligrosos, en la cual se hace uso de vapor de agua a presión a muy alta temperatura. Estos materiales son ingresados a una cámara sellada, donde se mantiene una presión específica y constante que se encarga de realizar el proceso de esterilización; con la finalidad de que el vapor penetre en los materiales y este pueda alcanzar temperaturas elevadas, que permitan aumentar la capacidad de eliminar agentes de riesgo para la vida humana.

Sin embargo, el empleo de vapor de agua tiene por efecto que, al contacto con superficies frías, éste se condensa en la superficie del material sin maltratar el mismo, generando una presión negativa que atrae más vapor dentro de la cámara; es decir que la presión negativa se refleja hacia las superficies frías, de esta manera, se establece un contacto que penetra en el material, logrando que el efecto físico sea más eficiente y rápido. Al respecto conviene decir que las autoclaves a vapor de agua cumplen su propósito de esterilización, con agua destilada. Según el tipo y clase de autoclave, estas mantienen un flujo de ingreso, que, al retirar el vapor de agua de la cámara, mantienen la presión constante y una temperatura elevada (Mattosaurus CertoClav, 2009).

Figura 14.

Funcionamiento de una autoclave a vapor.



Nota: Diseño propio.

3.5 Tipos de esterilización

Los tipos o métodos de esterilización son múltiples y estos se dividen en 3 categorías: físicos, químicos y por radiación; además se subdividen en métodos específicos:

3.5.1 Físicos:

En este procedimiento, el calor, es el método físico empleado para la esterilización, gracias a la eficiencia y aplicabilidad que posee en una gran variedad de materiales. Adicionalmente, cuenta con la dependencia de dos factores como, el tiempo de exposición y la temperatura (Equipos y laboratorios de Colombia, 2020).

Los métodos específicos utilizados para el procedimiento físico son los siguientes:

3.5.1.1 Calor húmedo

Método también conocido como “vapor saturado a presión”. Este procedimiento es el más empleado en las autoclaves, para esterilizar la mayoría de objetos médicos; hace uso del vapor de agua a presión con altas temperaturas que elimina microorganismos coagulando sus proteínas celulares por calentamiento lento. Este método es muy eficiente y económico, aunque requiere de la preparación previa de los objetos con limpieza y empaquetado antes de ingresar al proceso de esterilización (Equipos y laboratorios de Colombia, 2020).

3.5.1.2 Calor seco:

Método también conocido como “de aire caliente o Poupinel”. Este procedimiento es empleado en los hornos de Poupinel, para la esterilización por inducción de aire caliente; es empleado comúnmente para la esterilización de polvos de talco, vaselina o vidrios y materiales

que otros métodos no son capaces de penetrar. Al igual que el método de calor húmedo, este elimina microorganismos coagulando sus proteínas por calentamiento lento. Este procedimiento requiere de largos períodos de exposición. Además, sus parámetros de temperatura y duración dependen de las sustancias que se desea esterilizar (Equipos y laboratorios de Colombia, 2020).

3.5.2 *Químicos:*

Los métodos químicos requieren de sustancias que provocan en los microorganismos una pérdida de viabilidad en su composición; gracias a la acción nociva que se ejerce sobre las células, similar a un veneno. Algunos de estos métodos emplean sustancias determinadas para agentes bacterianos en específico (Equipos y laboratorios de Colombia, 2020).

3.5.3 *Radiación:*

Los métodos por radiación abarcan diferentes tipos como la ionizante, la ultravioleta y los rayos gamma. Estos métodos afectan a los microorganismos a nivel de sus estructuras, con el propósito de que sus ácidos nucleicos y componentes esenciales sean permeados, para conseguir una inviabilidad del microorganismo, además, del medio de propagación (Equipos y laboratorios de Colombia, 2020).

3.6 Tipos de cargas esterilizables

Los tipos de cargas esterilizables se dividen en 3 categorías:

3.6.1 Sólida:

Son elementos que se caracterizan por ser no son porosos, los cuales no cuentan con ranuras, ni con fisuras; al igual que ninguna otra característica que pueda ser obstáculo para la penetración del vapor de agua, en el material. Por ejemplo: espejo, porta agujas, pinzas, limpiadores de sarro, entre otros (FISAUDE, 2020).

3.6.2 Porosa:

Son elementos que poseen la capacidad de absorber fluidos, en el material. Por ejemplo: gasas, ropa utilizada en cirugías, entre otros.

3.6.3 Hueca:

Son elementos que se distinguen por no ser una pieza sólida como tal. Estos se pueden clasificar según su tamaño y se subdividen en:

3.6.3.1 Hueca tipo A:

Se identifican por ser elementos huecos con una longitud / diámetro $> 5\text{mm}$. Por ejemplo: turbina, entre otras.

3.6.3.2 Hueca tipo B:

Se reconocen por ser elementos huecos con una longitud / diámetro $< 5\text{mm}$. Por ejemplo: cánula de cirugía, entre otras.

3.7 Librerías o herramientas complementarias

Las librerías son conjuntos de archivos con código, los cuales proporcionan funciones comunes que han sido resueltas por otros programadores con la finalidad de facilitar la programación; además de evitar la duplicidad de código, minimizar los errores que se puedan presentar y reducir tiempos de desarrollo al emplearlas (Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. Gobierno de España, 2022).

3.7.1 *Funcionamiento Unity*

Unity es un entorno de desarrollo (IDE) y motor de juegos en 2D y 3D para múltiples plataformas (Windows, Linux, Mac, Android, IOS, Óculos rift, Xbox, entre otras); el cual integra diversas características y funcionalidades comúnmente incorporadas en juegos, sin la necesidad de construir desde cero todas estas partes, por ejemplo, físicas y representación de cuerpos en un ambiente 3D, cajas de colisión, integración de animaciones, materiales en objetos, sonido espacial, simulación de fuentes de luz, entre muchas otras.

Este software está diseñado para implementar programación a través del lenguaje C# o con su propio sistema de programación visual. Adicionalmente, cuenta con una plataforma web cuyo estilo es el de un mercado online llamado “Asset store” en el cual su comunidad distribuye elementos prefabricados compatibles con Unity, gratuitos y de paga, para combinar los proyectos que se desarrollen sin la necesidad de crearlos desde cero, por ejemplo, animaciones, objetos 3D, efectos, funcionalidades, entre otros. Así mismo, se encarga de activar complementos que añaden robustez y funcionalidad al motor gráfico para la realización de todo tipo de aplicaciones; con respecto a la realidad aumentada hace complemento con Vuforia (SINICKI, 2021).

Figura 15.

Logo de Unity



Nota: SINICKI, 2021.

3.7.2 *Funcionamiento Vuforia*

Vuforia es un kit de desarrollo software multiplataforma, que está enfocado al desarrollo de aplicaciones con Realidad Aumentada (AR) y Realidad Mixta (MR) que pueden ser desplegadas en distintos hardware, que posean la capacidad de extender y operar con aplicaciones de AR y MR, por ejemplo, dispositivos móviles, gafas AR / MR, Gear VR, Hololens, Motion Leaps, computadores con cámaras, entre otras. Esta plataforma cuenta con un paquete oficial para combinar con Unity y facilitar el desarrollo de aplicativos AR en el motor gráfico (Vuforia, 2019).

Figura 16.

Logo de Vuforia



Nota: Vuforia, 2019.

3.7.3 *Funcionamiento Blender*

Blender es un software gratuito y de código abierto (bajo licencia GNU GPL) conformado por múltiples programas unidos en uno solo para la creación de modelos en 3D. Principalmente

funciona en múltiples plataformas como computadoras con Windows, Linux y Mac; empleando en su interfaz OpenGL para una experiencia con consistencia. También admite un flujo de trabajo que es utilizado en el ámbito de creación 3D, por ejemplo: el modelado, montaje, animación, simulación, renderizado, composición y trazado de movimiento; incluso permite la edición de video y creación de videojuegos. Se puede mencionar que, el programa realiza personalizaciones con el lenguaje de Python, con la finalidad de aplicar y crear herramientas especializadas a través de la API que posee el mismo Blender. Es decir, estas se vuelven parte del programa en versiones futuras (Blender, 2022).

Figura 17.

Logo de Blender



Nota: Blender, 2022.

3.8 Realidad aumentada

La Realidad Aumentada (AR) es la integración de contenido virtual al mundo real a través de dispositivos que proyectan y superponen estos contenidos en la imagen recibida del mundo real. Los dispositivos que comúnmente son compatibles para este tipo de aplicativos son los dispositivos móviles acordes a esta tecnología y las gafas de realidad aumentada (Innovae, 2022).

Figura 18.

Realidad Aumentada.



Nota: Diseño propio.

3.8.1 Niveles de realidad aumentada

Los niveles de Realidad Aumentada que se conocen actualmente son 4 y se dividen en:

- **Nivel 0:** Este nivel se relaciona con los códigos QR, los cuales generan hiperenlaces a sitios web.
- **Nivel 1:** Este nivel es guiado por marcadores; los cuales son un conjunto de patrones que a través de un software o aplicativo presenta la realidad aumentada.
- **Nivel 2:** Este nivel expone la realidad aumentada que no requiere de marcadores.
- **Nivel 3:** En este nivel se encuentra la realidad aumentada por geolocalización. La cual solo requiere de una modificación en el dispositivo móvil, para indicar la posición actual.
- **Nivel 4:** En este nivel se hallan los dispositivos Head Mounted Display (HMD) mejor conocidos como “casco de realidad aumentada”.

Puede agregarse que, el nivel de realidad aumentada diseñado para la aplicación es nivel 1 (Alfabetización Digital [AD], 2018).

3.8.2 Funcionamiento de marcadores

Los marcadores empleados en realidad aumentada tienen la función de servir como referentes para el dispositivo que utiliza RA, con la finalidad de realizar un seguimiento y proyección del contenido virtual, que se desea superponer al mundo real a través de una imagen.

Además, utilizan objetivos 2D y 3D según el aplicativo. Con respecto al dispositivo, este se encarga de registrar el objetivo manualmente en el software de realidad aumentada y reproducir el contenido de una forma virtual, el cual ha sido programado con anterioridad.

Puede agregarse que, se facilita la detección de marcadores 2D que posean imágenes de alto contraste y figuras con contornos reconocibles que no sean circunferencias (Vuforia, 2019).

Figura 19.

Funcionamiento de marcadores.



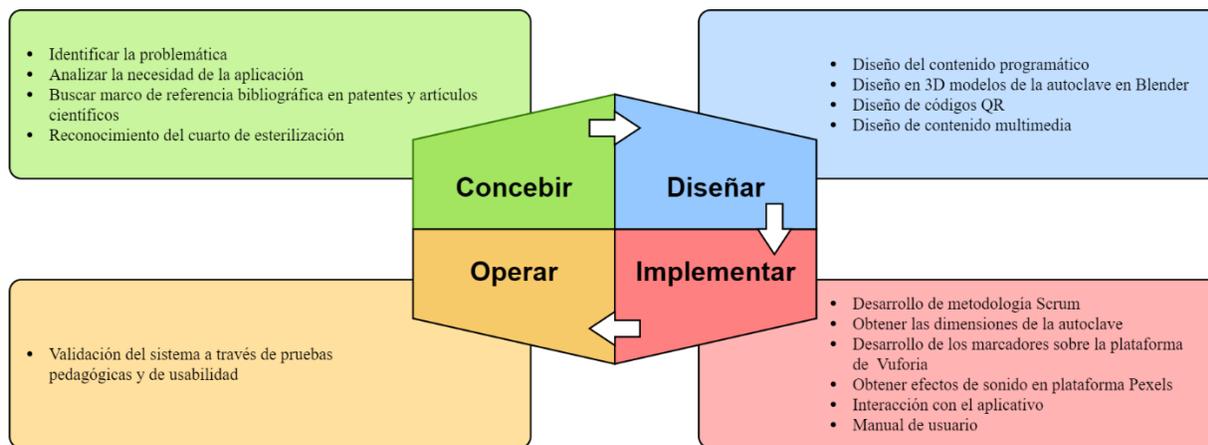
Nota: Diseño propio.

4. Diseño del entorno virtual de aprendizaje con RA

La aplicación es guiada por una propuesta metodológica de aprendizaje centrada en el estudiante, bajo el convencimiento de que los usuarios aprenden “haciendo e interactuando” logrando así el desarrollo de habilidades centradas en actividades que debe realizar el usuario. (Quiroz-Serrano et al., 2015). De acuerdo a lo expuesto el diseño aplicado en el proyecto, se adapta a los lineamientos del marco metodológico de referencia empleado en la Universidad Antonio Nariño como lo son: Concebir – Diseñar – Implementar – Operar (CDIO) para la implementación de un entorno virtual de aprendizaje EVA con realidad aumentada, para la manipulación de una autoclave clase B, en clínica odontológica; como se observa en la figura 20.

Figura 20.

Etapas de la metodología CDIO implementada en el diseño de la aplicación



Nota: Diseño propio.

Tabla 4-1:

Descripción de Metodología CDIO en el proyecto

Concebir

Inicialmente, se analiza la problemática y se identifica una necesidad dentro del campo académico, el exponer de forma didáctica la información respecto a las autoclaves y el proceso de esterilización. Para ello se realiza un reconocimiento del cuarto de esterilización y manual de usuario del equipo, con la finalidad de concebir las características más importantes que componen la estructura del funcionamiento básico de una autoclave Automat 8000, durante un ciclo de esterilización como (métodos de esterilización – clasificación de autoclaves –

	partes de la autoclave y pasos para operar una autoclave). De acuerdo a esta información se realiza una ubicación espacial del dispositivo biomédico para el ambiente de RA, con el cual el usuario podrá experimentar e interactuar.
Diseñar	En cuanto, al diseño del contenido programático, este se despliega a través de una guía interactiva que explica los modelos en 3D del autoclave realizados en Blender, además del diseño de códigos QR y del contenido multimedia que permite conocer el proceso de esterilización que realiza la autoclave Automat 8000, durante un ciclo de esterilización; con el propósito de definir las características de interacción que se consolidan en esta fase, a partir de la creación de los modelos bajo el manual de usuario del equipo y la norma de seguridad operacional establecida en el manual de buenas prácticas de esterilización para prestadores de servicios en salud. (Resolución 2183 de 2004)
Implementar	Acerca, del desarrollo e interacción con el aplicativo, este se elabora a partir del diseño del ambiente virtual de aprendizaje, el cual es guiado por la metodología scrum, permitiendo la organización de las actividades durante el desarrollo del prototipo funcional. Así mismo la implementación de diversos recursos multimedia para el desarrollo de la app con Unity, partiendo de la toma de dimensiones de la autoclave, a partir del manual del equipo y fotografías tomadas como referencia, además del desarrollo de marcadores sobre la plataforma de Vuforia, para ser descargados ya debidamente configurados con el paquete de Unity; de igual forma los diseños creados en el entorno de Unity, son exportados al formato APK para su posterior instalación en dispositivos Android.
Operar	Por último, para la validación del sistema este cuenta con dos ejes de acción, el primero validar el sistema como herramienta pedagógica, a través de un test de conocimiento donde se evalúa el aprendizaje obtenido por el usuario al identificar los conceptos aprendidos y el segundo validar la usabilidad del aplicativo a través de una encuesta de opinión personal con respecto a la app (contenido y diseño), con la finalidad de cuantificar el nivel satisfacción del usuario frente al aplicativo.

Nota: Elaboración propia.

Partiendo de la referencia metodológica CDIO, para el desarrollo del prototipo con realidad aumentada se divide en tres fases, cada una de ellas asociadas a un objetivo específico, de manera que en una primera fase se desarrolla el diseño curricular de la herramienta, empleando un contenido programático que obedece a los lineamientos determinados por el método educativo de la Universidad Antonio Nariño; en una segunda fase se implementa el contenido del EVA, cuyo enfoque curricular utiliza un modelo de “Conocimiento Aplicado” en el cual los usuarios aplican conceptos, habilidades y actitudes adquiridas en la interacción con la app (Quiroz-Serrano et al., 2015). Esta fase se explica con diagramas de UML; en una tercera fase se evalúa la herramienta pedagógica a través de un test de conocimiento y la valoración de la aplicación; haciendo uso de formularios en línea, como, por ejemplo: Google forms donde se evalúan los conceptos aprendidos

en la app. Además de recopilar los datos de opinión por parte del usuario a través de una encuesta, en un formulario en línea (Google forms, 2023) de forma que permitan cuantificar el nivel de aprendizaje por parte del usuario y su experiencia con la aplicación.

Como se dijo al principio, de aquí en adelante se describen cada una de las fases de desarrollo que se implementaron en la aplicación.

4.1 Diseño del contenido programático

En cuanto al desarrollo de esta primera unidad se presenta el diseño del contenido programático curricular de la aplicación, donde se describen las competencias a desarrollar y los resultados que serán obtenidos con el uso de la aplicación. De manera que el contenido elaborado para el entorno virtual de aprendizaje, pueda ser ligado con la aptitud del usuario para comprender los contenidos temáticos diseñados. (Bernal-Zamora y Ballesteros-Ricaute, 2017)

Con respecto al desarrollo del diseño curricular de la herramienta con realidad aumentada, se describe un contenido programático enfocado a la enseñanza y el uso práctico de una autoclave clase B, en clínica odontológica. De esta forma al finalizar la unidad se obtendrá una herramienta de aprendizaje didáctico sobre el proceso de operación de una autoclave, que permite fortalecer procesos de formación en ingeniería biomédica, odontología y personal asistencial. (Suarez, 2014) Adicionalmente esta herramienta puede ser utilizada como apoyo o complemento de una clase presencial para desarrollar una experiencia formativa de modo virtual. (Quiroz-Serrano et al., 2015)

En relación a la descripción del contenido programático, se da conocer una información que le permite al usuario comprender, identificar, clasificar y desarrollar estrategias de aprendizaje

que se abordan en cada una de las unidades; acerca de la manipulación de una autoclave clase B (Automat 8000 – 80L), en clínica odontológica.

4.1.1 Justificación del curso

Para abordar la justificación del curso, se lleva a cabo la integración de los objetivos de formación planteados en el Proyecto Educativo Institucional (PEI) de la UAN, entre los que se encuentran “Fomentar medios y procesos de formación integral de ciudadanos con pensamiento autónomo y crítico, que permitan el desarrollo de la creatividad y procuren establecer compromisos al servicio de la construcción del futuro de la sociedad”, y en consonancia a los objetivos planteados y consignados en el Proyecto Educativo del Programa (PEP). De modo que, el estudiante logre comprender el proceso de un ciclo de esterilización para una autoclave clase B, en el área de desinfección mediante la aplicación de normas de bioseguridad que garantizan el proceso; además de asegurar, coordinar y gestionar los procedimientos durante el funcionamiento del equipo biomédico (autoclave). Adicionalmente, con este aplicativo se brinda apoyo a asignaturas como Gestión de equipos biomédicos, Profundización I (temática de Bioseguridad) y aquellas que incluyen dispositivos médicos en su plan de enseñanza; incluso en campos externos al universitario en los cuales se requiera aprender acerca de una autoclave, su operación y funcionamiento.

4.1.2 Objetivos Académicos del EVA

En relación a los objetivos académicos del entorno virtual de aprendizaje, están orientados a las necesidades de aprendizaje que van dirigidas a conocer los procesos y procedimientos relacionados durante un ciclo de esterilización para una autoclave clase B (Automat 8000 – 80L),

con la finalidad de hacer más efectivo el proceso de aprendizaje. De acuerdo a lo mencionado se describe un objetivo general y unos objetivos específicos que trazan la ruta de actividades, que debe seguir para la construcción y funcionalidad de la app.

4.1.2.1 Objetivo General

Comprender las partes básicas para la operación segura durante un ciclo de esterilización de una autoclave clase B; según las normas de seguridad operacional establecidas en el Manual de Buenas Prácticas de Esterilización para Prestadores de Servicios de Salud (Resolución 2183 de 2004) con la finalidad de brindar al estudiante el conocimiento y habilidad necesaria para su adecuado uso. (Ministerio de Salud de Colombia, 2004)

4.1.2.2 Objetivos Específicos

Tabla 4-2:

Objetivos Específicos del EVA

Unidad Temática	Objetivo Conceptual	Objetivo Procedimental	Objetivo Actitudinal
Introducción a los métodos de esterilización, las autoclaves y su clasificación.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comprender la definición e importancia de la esterilización con una autoclave. ▪ Identificar los tipos de carga, clases de autoclave y los parámetros de esterilización que la componen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distinguir los elementos que componen a una autoclave y los tipos que existen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fomentar el pensamiento crítico que asumirá el estudiante y personal asistencial ante la importancia y uso de una autoclave, logrando identificar los tipos de carga, clases de autoclave y parámetros de esterilización.
Partes principales de una Autoclave (Automat 8000 – 80L) con realidad aumentada y multimedia.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar las principales partes que componen una autoclave clase B. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distinguir las estructuras necesarias, para la operación de una autoclave durante un ciclo de esterilización 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconocer los requerimientos básicos del entorno de una autoclave para su operación.

<p>Guía de operación de una autoclave (Automat 8000 – 80 L) con realidad aumentada y multimedia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconocer los parámetros de funcionamiento de una autoclave, durante un ciclo de esterilización. ▪ Comprender los pasos requeridos para interactuar con una autoclave (Automat 8000 – 80 L) durante un ciclo de esterilización. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar el proceso de esterilización adecuado según cada tipo de material. ▪ Verificar la guía de operación establecida para el proceso de esterilización adecuado, según las indicaciones aprendidas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconocer la importancia del funcionamiento y correcta aplicación de los protocolos de seguridad durante un ciclo de esterilización.
--	--	---	--

Nota: Elaboración propia, a partir del planteamiento temático propuesto para los aprendizajes esperados.

A continuación, se presentan los contenidos que serán abordados dentro de la aplicación y se hará una descripción de las unidades implementadas dentro de la App.

4.1.3 *Contenido del EVA*

Los conceptos referenciados en el contenido programático estarán interrelacionados con los entornos virtuales de aprendizaje, manual de operación (Autoclave – Automat 8000) y realidad aumentada (Dental x-Ray S.A.S, 2013); permitiendo desarrollar competencias teóricas y prácticas en los usuarios del sistema, con el propósito de acceder al desarrollo de actividades que forman al estudiante en procesos de aprendizaje autónomos. De igual forma en este apartado se describen las unidades que están dentro de la aplicación.

1. UNIDAD 1: INTRODUCCIÓN A LA ESTERILIZACIÓN Y LAS AUTOCLAVES

1.1. MÉTODOS DE ESTERILIZACIÓN.

1.1.1. Introducción a métodos de esterilización.

1.1.2. Método por calor húmedo.

1.1.3. Tipos de cargas para esterilización en una autoclave.

1.2. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA AUTOCLAVE.

1.2.1. Definición.

1.2.2. Clasificación por funcionalidad.

1.2.3. Clasificación por clase.

2. UNIDAD 2: PARTES PRINCIPALES DE UNA AUTOCLAVE (Automat 8000 – 80L)

2.1. PARTES DE LA AUTOCLAVE.

2.1.1. Partes Exteriores.

2.1.2. Partes Interiores.

2.1.3. Conexiones Traseras.

2.1.4. Panel de Control.

3. UNIDAD 3: GUÍA DE OPERACIÓN DE UNA AUTOCLAVE (Automat 8000 – 80L).

3.1. PASOS PARA OPERAR UNA AUTOCLAVE.

3.1.1. Encendido.

3.1.2. Preparación de cámara.

3.1.3. Preparación de depósito de agua destilada.

3.1.4. Ingreso de bandejas.

3.1.5. Monitoreo del proceso de calentamiento, esterilización y secado.

3.1.6. Apertura de la cámara al finalizar.

3.1.7. Retiro de bandejas.

3.1.8. Recomendaciones.

4.1.4 Competencias del entorno virtual de aprendizaje (EVA)

Ahora bien, para describir las competencias que aborda el entorno virtual de aprendizaje estas se han planificado y adaptado de acuerdo al Proyecto Educativo Institucional (PEI) de la UAN, donde se define el desarrollo de las competencias investigativas, de pensamiento crítico y competencia en el manejo de las TIC, con el objetivo de involucrar una estrategia de aprendizaje que apoye al docente y al alumno con estas herramientas que relacionan la aplicación del EVA con la realidad aumentada.

Tabla 4-3:

Competencias de Aprendizaje con el EVA

Competencia Institucional	Descripción
Competencias investigativas	Buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas relacionadas con los tipos de autoclaves y procesos de esterilización.
Pensamiento crítico	Interpretar los fundamentos de operación y parámetros necesarios para la manipulación de una autoclave.
Competencia en Ciencia, tecnología y manejo de la información	Utiliza un software de realidad aumentada como guía audiovisual para conocer los procesos de operación y manipulación de una autoclave.

Nota: Elaboración propia, a partir del planteamiento respecto a las competencias a desarrollar en la ejecución del EVA.

4.1.5 Metodología del entorno virtual de aprendizaje (EVA)

Acerca de la metodología que reseña el entorno virtual de aprendizaje, está orientada a un modelo pedagógico que responde a la enseñanza de un curso virtual, el cual constituye un complemento didáctico al usuario a través de herramientas de comunicación, que le permiten al estudiante acceder a un material didáctico e interactivo, que amplía la enseñanza de forma

presencial. Además, se describen las estrategias pedagógicas que se le proyecta enseñar al estudiante, a través del aplicativo. (Santoveña, 2016)

4.1.5.1 Modelo pedagógico:

La herramienta está diseñada para contribuir a un aprendizaje autónomo, es decir un modelo pedagógico que apoya una clase presencial, donde el estudiante recurre a entornos de aprendizaje que se ofrecen dentro de un aula virtual, partiendo de una interacción que amplía la enseñanza presencial. Este modelo pedagógico está asociado a una metodología de aprendizaje donde el alumno se conecta a un dispositivo electrónico de forma asíncrona y realiza el curso suministrado por la aplicación. De igual forma el curso cuenta con un material de apoyo que se encarga de explicar las actividades de evaluación tipo test que se realizan a través de cuestionarios, a cada estudiante que haga uso del aplicativo.

- **Modalidad:** Virtual - Asíncrona

4.1.5.2 Estrategias pedagógicas:

Se proyecta enseñar al estudiante, un aprendizaje que está orientado al desarrollo de actividades asíncronas que favorezcan una enseñanza autónoma y didáctica a quien use la aplicación. Es decir que el estudiante construye su propio conocimiento a partir de una interacción didáctica, cuya estrategia de aprendizaje será liderada por el aplicativo y el docente. Cabe señalar que este tipo de entornos virtuales de aprendizaje, permiten diseñar espacios de formación bajo enfoques metodológicos que son útiles para el conocimiento del estudiante, ya que son espacios de apoyo complementarios de una clase presencial.

4.1.6 Resultados de aprendizaje del entorno virtual (EVA)

Con respecto a los resultados de aprendizaje del EVA, estos serán evaluados a través de una competencia específica y un resultado de aprendizaje, con el objetivo de integrar recursos didácticos para la enseñanza de las TICs en campo de la ingeniería biomédica y la odontología aplicado a las necesidades de los sistemas prestadores de salud y la gestión de tecnología biomédica.

Tabla 4-4:

Resultados de Aprendizaje con el EVA

Competencia específica	Resultado de aprendizaje
Adquirir las responsabilidades éticas y profesionales del odontólogo, ingeniero biomédico y personal asistencial en el contexto social, económico y ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer las necesidades de los sistemas prestadores de salud en su conformación, gestión y normativa.
Identificar, formular y resolver problemas complejos de la ingeniería biomédica, mediante la aplicación de los principios de la ingeniería, la ciencia y las matemáticas.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer las necesidades de los sistemas prestadores de salud en su conformación, gestión y normativa. • Identificar la tecnología biomédica apropiada para proponer soluciones en el sector salud.
Aplicar el diseño para producir soluciones tecnológicas que resuelvan problemas propios de la ingeniería biomédica y la odontología que se consideren del contexto social, económico y ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar los factores relevantes de un sistema biomédico. • Identificar las competencias mínimas que debe desarrollar el estudiante de odontología, ingeniería biomédica y personal asistencial, en la aplicación de los protocolos de bioseguridad requeridos dentro del cuarto de esterilización.
Adquirir las responsabilidades éticas y profesionales del odontólogo, ingeniero biomédico y personal asistencial en el contexto social, económico y ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar los factores relevantes de un sistema biomédico, aplicado en clínica odontológica. • Comportarse de manera profesional y ética en ambientes propios de la ingeniería biomédica y la odontología. • Identificar el papel de la Ingeniería Biomédica y la Odontología en el mundo actual, sus campos de aplicación e impacto social.
Colaborar efectivamente en equipos biomédicos (autoclave) que establezcan metas, planeen tareas y	<ul style="list-style-type: none"> • Comportarse de manera profesional y ética en ambientes propios de la ingeniería biomédica y la odontología.

cumplan plazos y objetivos, establecidos como protocolos de bioseguridad.

Reconocer las oportunidades de emprendimiento disponibles mediante el ejercicio de la ingeniería biomédica y la Odontología.

- Identificar el papel de la Ingeniería Biomédica y de la Odontología en el mundo actual, sus campos de aplicación e impacto social.

Adquirir y aplicar nuevo conocimiento dentro del campo de la Odontología y la Ingeniería Biomédica.

- Identificar el papel de la Ingeniería Biomédica y la Odontología en el mundo actual, sus campos de aplicación e impacto social.
- Identificar la tecnología biomédica apropiada para proponer soluciones en el sector salud.

Nota: elaboración propia, a partir de la postulación de competencias y resultados de aprendizaje esperados para el aplicativo.

4.1.7 Criterios de evaluación en el entorno virtual de aprendizaje (EVA)

En relación a los criterios de evaluación del EVA, estos se realizan de una forma cuantitativa a través de recursos en línea como Google forms mediante cuestionarios tipo test, que evalúan cada una de las unidades relacionadas con los temas presentados.

Tabla 4-5:

Criterios de Evaluación con el EVA

Momentos de evaluación (¿Cuándo se evalúa?)	Estrategia de evaluación (¿Cómo evaluar?)	Conocimientos y objetivos a evaluar (¿Qué se evalúa?)	¿A través de qué se evalúa?
Unidad Uno – Dos – Tres	Heteroevaluación (100%)	Se evalúan las unidades a través de preguntas relacionadas con los temas abordados en la app.	Se evalúa a través de un test tipo cuestionario de Google forms.

Nota: Elaboración propia, a partir de los criterios y mecanismos de evaluación postulados para el aplicativo.

4.2 Diseño del entorno virtual de aprendizaje (EVA)

En cuanto a la elaboración estructural del proceso educativo del usuario, esta se realiza a través de un contenido programático, que sirve como guía en los conceptos relacionados a la operación segura de una autoclave clase B durante un ciclo de esterilización para, el ingreso de instrumental odontológico, las normativas y protocolos de bioseguridad que son empleados en la manipulación del equipo biomédico. (Lucidchart, 2021)

Respecto al funcionamiento del EVA, este dispone de una dinámica de diseño bajo el uso del lenguaje de modelado unificado UML; del cual se desprende la estructura de la aplicación, el uso de la interfaz gráfica, material multimedia, hardware involucrado y la utilidad entre cada una de ellas. (Salazar et al., 2018)

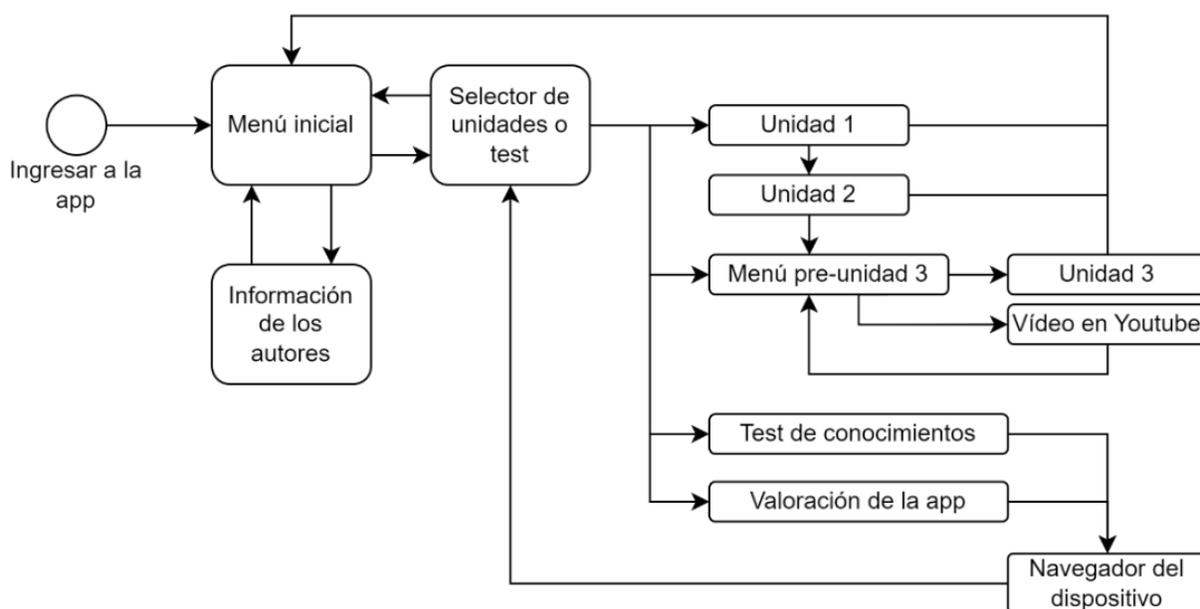
Ahora sí, en relación a la propuesta de diseño del EVA, se plantea un prototipo en formato de aplicación móvil desplegable para dispositivos con sistema operativo Android 9.0 o superior, capaz de soportar librerías empleadas para la realidad aumentada (Vuforia) tales como Smartphones o Tabletas; almacenamiento de 200 MB libres para la instalación de la aplicación y acceso a la cámara trasera del dispositivo.

Además, la aplicación se elaboró bajo una estructura de secciones navegables para la exploración de la misma y sus contenidos; estas secciones se separan por títulos: Menú inicial, visualizador de la información de los autores de la app e información de contacto, selector de niveles (unidades o test), unidades temáticas (unidad 1, 2 y 3), selector de formato para acceder al contenido temático en la unidad 3 (en vídeo o directamente en la app), evaluación para el conocimiento adquirido por parte del usuario (test de conocimiento) y una evaluación para la usabilidad de la app (valoración de la app); adicionalmente, se utiliza la conectividad a servicios en línea de los dispositivos móviles Android, para el acceso a vídeos complementarios subidos en

la plataforma de YouTube, incluyendo la realización del cuestionario online para el test de conocimiento, a través del acceso al navegador del dispositivo móvil, cómo se observa en la (figura 21).

Figura 21.

Diagrama de navegación para la estructura de la App.

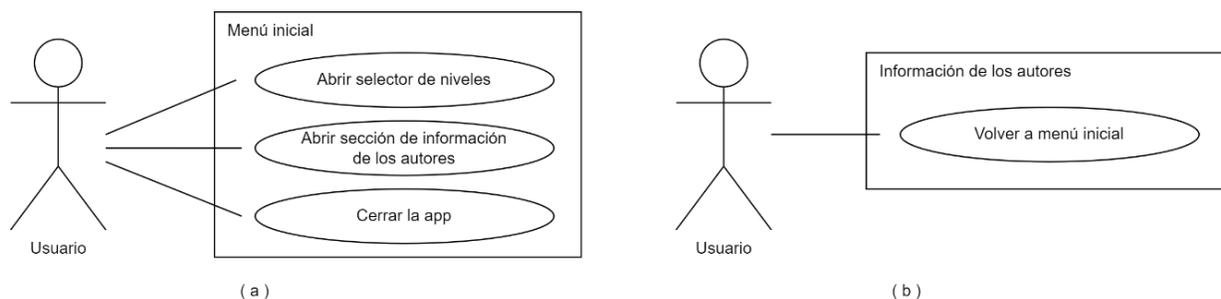


Nota: Diseño propio.

A través, del lenguaje UML se emplean los diagramas de caso de uso, con el fin de postular la estructura de cada sección; esto se realiza a partir de las interacciones que el usuario puede llevar a cabo en cada una. Siguiendo con este razonamiento, para el menú inicial se postulan tres casos, el primero es la sección del selector de niveles, el segundo se realiza con una sección que brinda la información de los autores y el tercero es el cierre de la app, como se observa en la (figura 22a). Por otro lado, para la sección de información de los autores únicamente se plantea la interacción de volver al menú inicial como se indica en la (figura 22b).

Figura 22.

(a) Diagrama de casos de uso del menú inicial. (b) Diagrama de casos de uso de la sección información de autores.

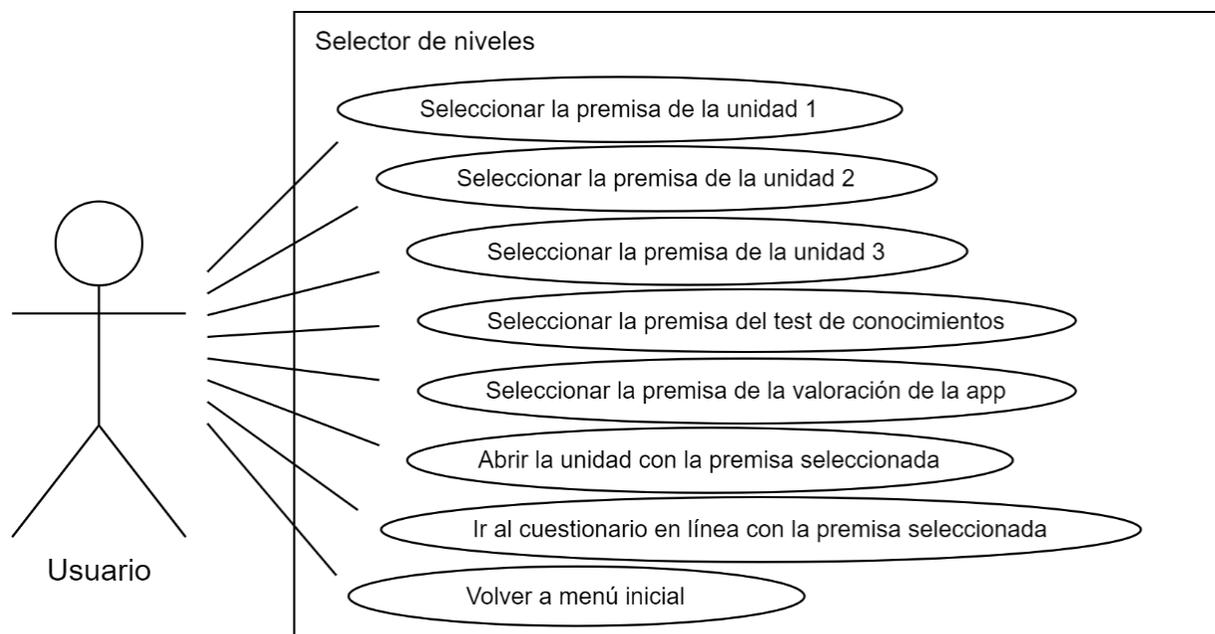


Nota: Diseño propio.

En el caso del selector de niveles se postulan ocho acciones, por ejemplo, al seleccionar la premisa de la unidad uno, la premisa de la unidad dos, la premisa de la unidad tres, la premisa del test de conocimiento, la premisa de la valoración de la app, permite la apertura e ingreso a cada unidad con la premisa previamente seleccionada. De igual forma se ejecuta para la apertura del cuestionario en línea (en el navegador del dispositivo) con la premisa previamente seleccionada y el retorno al menú inicial, como se muestra en la (figura 23).

Figura 23.

Diagrama de casos de uso del selector de niveles.



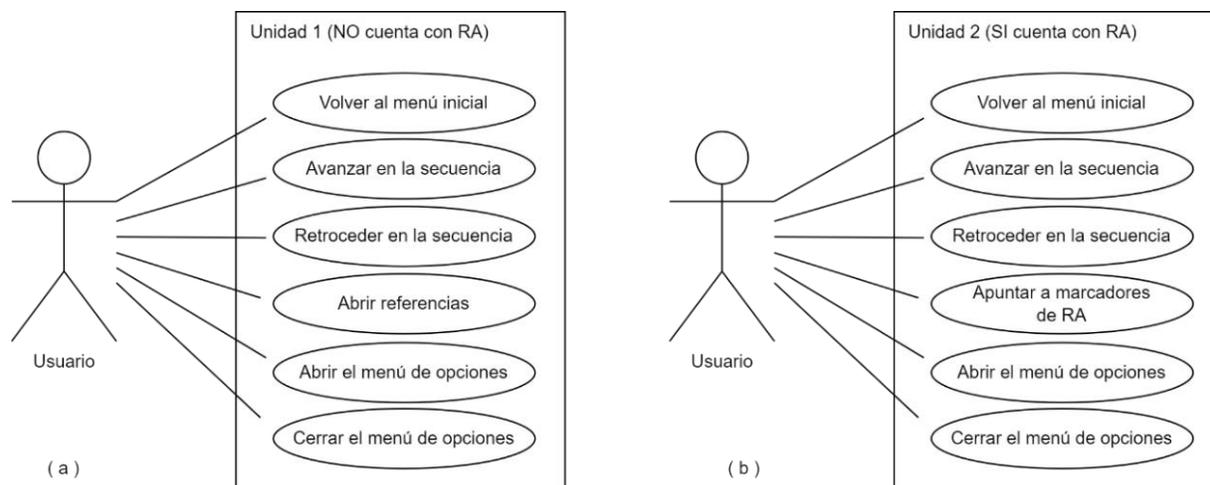
Nota: Diseño propio.

Para la unidad uno, se establece que esta no contará con Realidad Aumentada (RA), ya que la unidad es implementada como unidad temática, específicamente de teoría; a diferencia de la unidad dos, la cual sí cuenta en su diseño con la implementación de RA. Sin embargo, esto no implica que las unidades sean incompatibles ya que, comparten ciertas interacciones en común sobre su diseño. Como se observa en la (figura 24).

En cuanto a, las unidades uno y dos estas comparten cinco interacciones: Volver al menú inicial, el avance y retroceso en la secuencia de la ruta de aprendizaje respectiva de cada unidad, la apertura de un menú de opciones y el cierre de este mismo. No obstante, se diferencian por una interacción en específico bajo la cual, en la unidad uno, es posible abrir el enlace a la referencia web con más información, con la finalidad que el usuario pueda visualizar en ese momento, contenido adicional al suministrado. En la unidad dos, es posible apuntar a los marcadores para desplegar los elementos de RA en la unidad junto con sus otros elementos de interfaz. El diseño para la unidad uno y dos se observa esquematizado en la (figura 24).

Figura 24.

(a) Diagrama de casos de uso para la unidad uno. (b) Diagrama de casos de uso para la unidad dos.

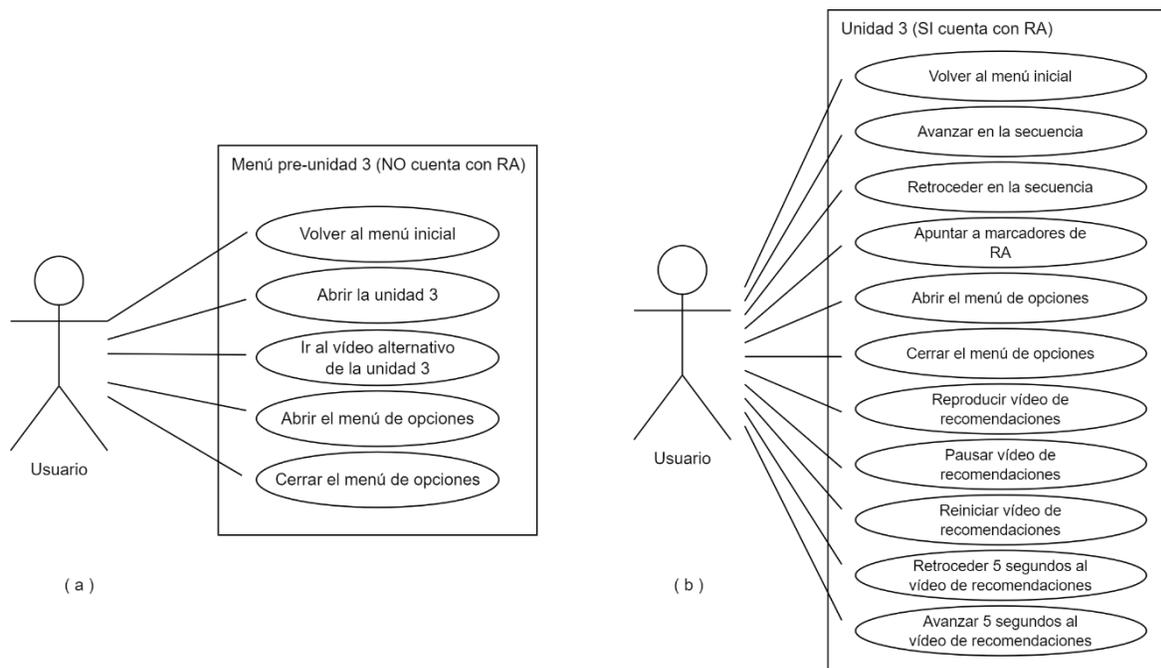


Nota: Diseño propio.

Por otro lado, para la unidad tres se plantea que el acceso al contenido temático sea a través de dos formatos; el primero, en formato de vídeo. Producido por los autores de la app, el cual abarca todo el contenido de la unidad y es subido a YouTube; el segundo, es una secuencia a partir de RA con interacciones similares a las postuladas para la unidad dos y otras adicionales. Además, plantea un menú de selección pre - unidad tres, con interacciones como: Ir al vídeo de YouTube por el navegador del dispositivo o YouTube App; la apertura de la secuencia con RA para la unidad tres, volver al menú inicial, abrir un menú de opciones y el cierre de ese mismo menú de opciones, tal y como se observa en la (figura 25a). En cuanto a la unidad tres con implementación de RA, esta se postula con seis interacciones compartidas con la unidad dos, cómo se observa en la (figura 25b), en adición de otras cinco interacciones solo para esta sección como lo son: Reproducir, pausar, reiniciar, retroceder 5 segundos y avanzar 5 segundo el vídeo.

Figura 25.

(a) Diagrama de casos de uso del menú de selección para la unidad tres. (b) Diagrama de casos de uso de uso para la unidad tres.



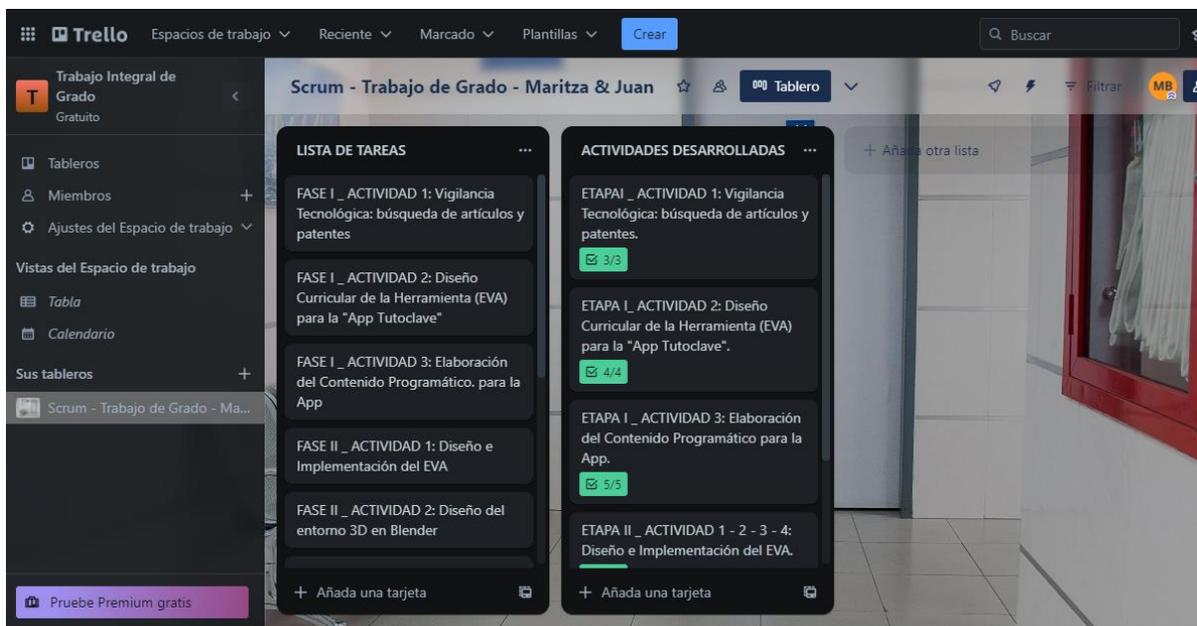
Nota: Diseño propio.

4.3 Desarrollo del prototipo funcional del sistema de realidad aumentada

En cuanto al desarrollo del prototipo funcional del sistema, este se aborda a partir de la metodología SCRUM para la organización y registro de actividades durante el desarrollo; esta se implementa por medio de la plataforma en línea de Trello (Atlassian, 2022) en la cual, se consignan por medio de dos listas el planteamiento las actividades a desarrollar en todas las fases del proyecto y las actividades que se encuentran en desarrollo o han sido completadas, como se observa en la (figura 26).

Figura 26.

Espacio de trabajo de Trello empleada para el desarrollo de la app, dividida en una sección de lista de tareas y de actividades que han sido desarrolladas (completadas).



Nota: Diseño propio.

A parte del registro de actividades, se producen e implementan diversos recursos multimedia para el desarrollo de la app con Unity; asimismo, la recolección de material de referencia para la producción de los mismos. Es así que, se toman las dimensiones de la autoclave a partir de los datos que se encuentran en el manual del equipo (Dental x-Ray S.A.S, 2013) y fotos de referencia tomadas del equipo que se encuentra en la clínica odontológica. (Ver figura 27)

Figura 27.

Medidas encontradas en el manual de la autoclave Automat 8000 y Fotografías en ángulos diferentes tomadas de la Automat 8000 – 80L que se encuentra en la Clínica Odontológica Universidad Antonio Nariño – Sede Alto Cauca, Popayán.

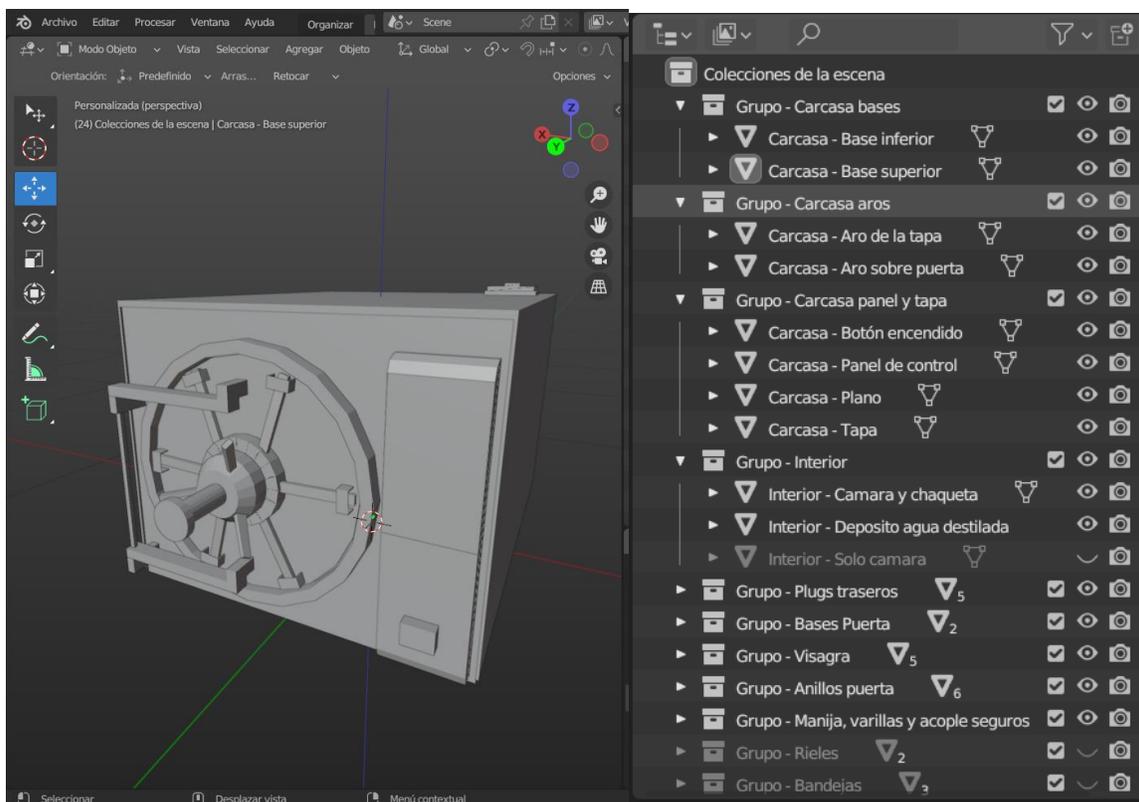


Nota: Diseño propio.

A continuación, utilizando las dimensiones de referencia y fotografías, se realiza un modelado 3D de la autoclave. Este modelado se realiza en el programa para modelado, diseño y esculpido 3D, Blender (Blender, 2022), como se observa en la (figura 28).

Figura 28.

Modelo 3D de la autoclave Automat 8000 – 80L y la lista de sus partes principales separadas por grupos.

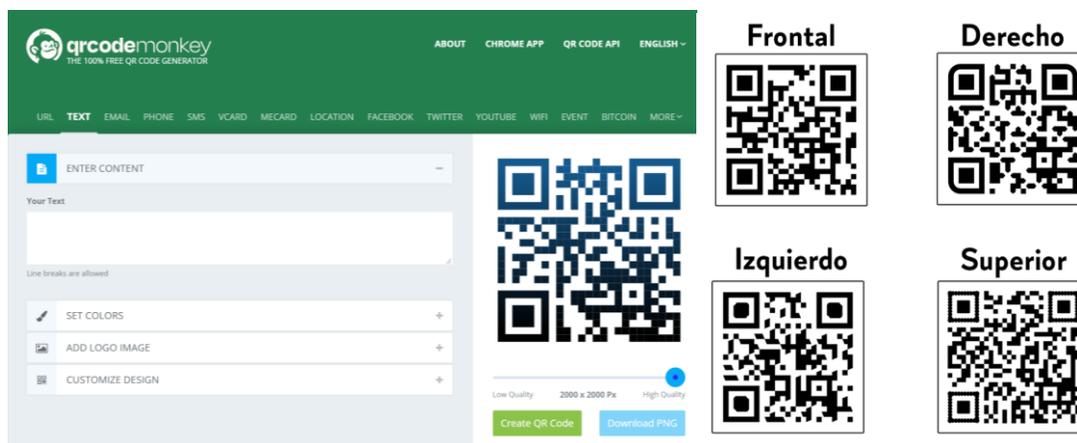


Nota: Diseño propio.

Posteriormente, se generan cuatro códigos QR desde un servicio en línea, gratuito y de licencia libre sobre el contenido que genera llamado QRCodeMonkey (QRCodeMonkey,2023) (Ver figura 29). Estos códigos QR se generan con la finalidad de emplearse como marcadores, los cuales, permitirán al aplicativo desplegar la realidad aumentada en una orientación en específico según que marcador se detecte.

Figura 29.

Página generadora de códigos QR (QRCodeMonkey) y los QR generados en la página que se utilizarán en la app como marcadores.

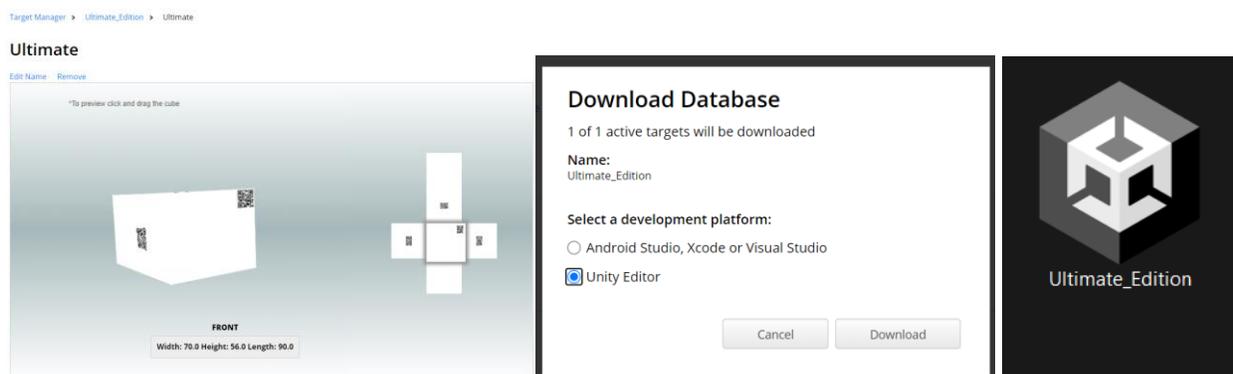


Nota: Diseño propio.

Después, se configuran los marcadores a través de la plataforma en línea de Vuforia (Vuforia, 2019) donde se suben en orden a la plataforma bajo la opción Multi-Target (multiobjetivo); posteriormente, se descarga el paquete con los marcadores configurados en formato de Unity-Package que el mismo Vuforia ofrece, esto con el fin de ser reconocidos por el programa de Unity para su importación. (Ver figura 30)

Figura 30.

Captura de pantalla de la sección de marcadores subidos y configurados en estándar Multi-Target (Multiobjetivo) bajo el nombre “Ultimate”, opción de descargar el paquete configurado para la importación a Unity (Unity-Package), y el paquete descargado con el nombre de “Ultimate_Edition”.

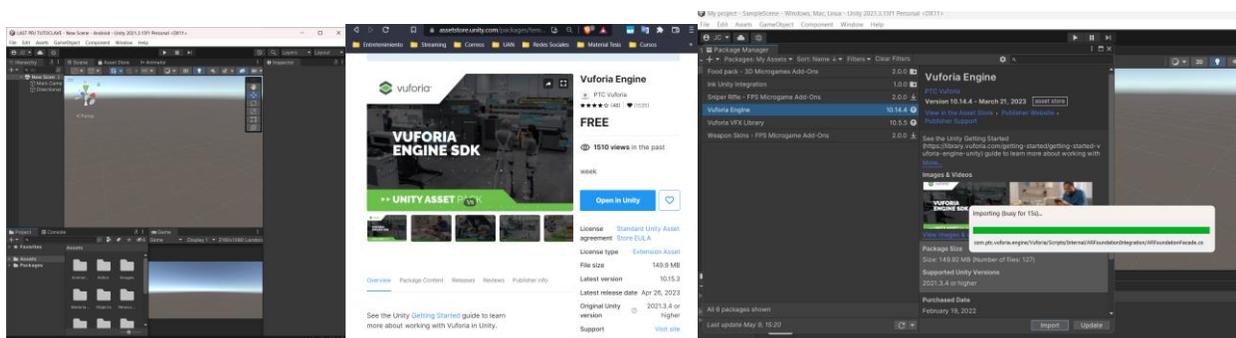


Nota: Diseño propio.

Ahora sí, dentro de un proyecto nuevo en Unity se configura la implementación de Vuforia desde la Asset Store de Unity en línea, donde se descargan e importan los paquetes de Vuforia a Unity. (Ver figura 31)

Figura 31.

Capturas de pantalla del proyecto nuevo abierto en Unity, página de la Asset Store con Vuforia y la importación del paquete de Vuforia a Unity



Nota: Diseño propio.

Para poder continuar, se debe finalizar la configuración de Vuforia en Unity, para ello se genera una contraseña que sirve como licencia de uso para Vuforia en Unity, la cual se solicita desde la misma plataforma en línea de Vuforia. Es así que, una vez generada la licencia, se copia y pega dentro de Unity bajo la sección que Vuforia determina en la interfaz de Unity para finalizar la activación e integración de la licencia en el aplicativo. (Ver figura 32)

Figura 32.

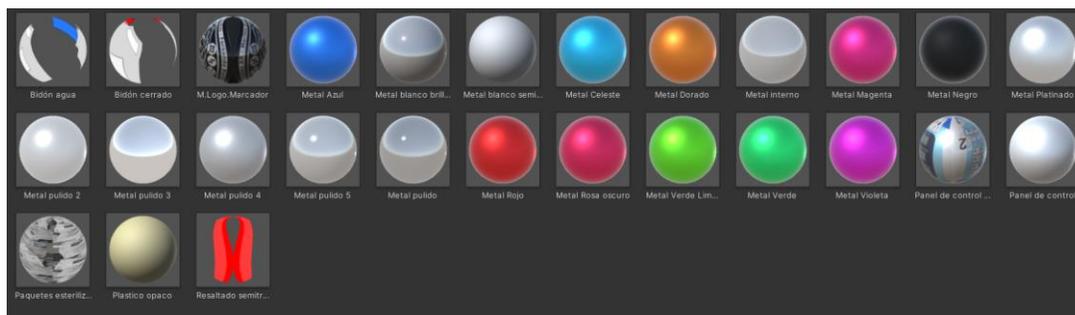
Capturas de pantalla de la licencia generada en la plataforma de Vuforia y su implementación en el proyecto de Unity.

A continuación, se importan todos los elementos diseñados anteriormente (modelos 3D, iconos e imágenes) a las carpetas del proyecto.

Con las herramientas que trae Unity por defecto, se crean materiales para los objetos 3D, los cuales se implementaran en algunas secuencias de la app. (Ver figura 34)

Figura 34.

Captura de pantalla de los materiales creados en Unity para utilizar con los objetos 3D.



Nota: Diseño propio.

Por otra parte, se descargan efectos de sonido libres de derechos de autor desde la plataforma de Pixabay (Pixabay,2023), para ser importados e implementados dentro del funcionamiento de la app. (Ver figura 35)

Figura 35.

Página principal de Pixabay para la descarga de efectos de sonido y los efectos de sonido importados al proyecto en Unity.



Nota: Diseño propio.

Utilizando los elementos y herramientas dentro del entorno de desarrollo de Unity (materiales para objetos 3D, botones, espacios de creación 2D y 3D, personalización de elementos 2D y 3D) se implementan los diseños propuestos anteriormente en la sección del título 4.2, en adición, del uso del material multimedia importado (íconos, imágenes, sonidos, modelos 3D, fotografías), herramienta importada (Vuforia) y herramientas complementarias que enlaza Unity por defecto como el entorno de desarrollo por código de Visual Studio 2019 (Visual Studio,2023) para realización de código personalizado en la creación del aplicativo.

Por otro lado, en paralelo se realizó la grabación de material audiovisual para la elaboración de un vídeo, como se mencionó anteriormente en la sección del título 4.2, con el cual emplear la alternativa para el contenido temático de la unidad tres en formato de vídeo, además de utilizar un fragmento dentro de la unidad tres con RA. Cabe mencionar que, el vídeo fue producido en el programa gratuito de edición de vídeo Kdenlive (Kdenlive,2023) y subido a la plataforma de YouTube.

Cabe aclarar que, para aumentar el atractivo de la app y hacerla identificable ante los usuarios, se nombró al aplicativo desarrollado como “TUTOCLAVE”.

Finalmente, se puede evidenciar la implementación de los diseños desarrollados en el entorno de Unity, exportados en formato .APK para la instalación en dispositivos Android y en funcionamiento ejecutado por un dispositivo Smartphone bajo este sistema operativo, en el capítulo cinco de Resultados.

4.4 Evaluación del EVA con realidad aumentada -

Con respecto a la validación del sistema este se enfocó en dos ejes de acción. El primero, validar el sistema como herramienta pedagógica, y el segundo, validar la usabilidad del aplicativo respecto al usuario.

Inicialmente, el prototipo desarrollado es distribuido entre estudiantes del programa de odontología, junto con una capacitación acerca del manejo de la herramienta y su potencial uso en procesos formativos.

Como se mencionó anteriormente la fase de evaluación incluye dos tipos de pruebas: pedagógicas y de usabilidad.

4.4.1 Pruebas pedagógicas:

El objetivo de esta subetapa es verificar el desempeño de la aplicación en términos de aprendizaje, y cuantificar las ventajas de ser incluida en ambientes educativos. Se utilizaron instrumentos para medir el aprendizaje en cada usuario, los cuales se pueden clasificar en respuesta cerrada. De esta forma se pretende aplicar, un test que estará conformado principalmente por 10 ítems de selección múltiple, empleando formularios en línea, como, por ejemplo: Google forms (Ver figura 36). Aunque, este cuestionario también fue adaptado a formato físico bajo las mismas preguntas como se evidencia en el apéndice 1.

Figura 36.

Captura de pantalla del cuestionario desplegado en Google forms realizado a como prueba pedagógica.

Test de conocimientos

Bienvenid@s al cuestionario de conocimientos.

Agradecemos, que se responda el cuestionario de la forma más honesta posible. Para nosotros es muy importante la veracidad de los datos en esta prueba.

Tus datos personales no se compartirán con ninguna entidad, se respetará la privacidad de los mismos, acorde al almacenamiento de datos responsable establecido en la ley Colombiana de protección de datos.

* Indica que la pregunta es obligatoria

Nombre completo: *

Tu respuesta

Ocupación: *

Tu respuesta

CUESTIONARIO

Responda con honestidad todas las preguntas. Cada pregunta es de carácter obligatorio.

1 - Las principales partes de una Autoclave (Automat 8000 – 80L) Clase B son: *

a. Cámara y Chaqueta

b. Panel de control y Puertas de sellado

c. Depósito de agua destilada y Panel eléctrico

d. Solo las opciones a, b y c son correctas

e. Solo la opción a y b son correctas

2 - Los parámetros de control físico que se presentan durante el funcionamiento * de la autoclave son:

a. Presión y Temperatura

b. Temperatura y Tiempo

Nota: Diseño propio.

La finalidad en la aplicación y utilidad de este tipo de test, radica en que permiten cuantificar el nivel de aprendizaje por parte del usuario, siendo aplicados una vez finalizada la capacitación para así, identificar si los estudiantes lograron los objetivos de aprendizaje propuesto. (Covacevich,2014)

4.4.2 Pruebas de Usabilidad:

El objetivo de esta otra subetapa es verificar el desempeño de la aplicación en términos de usabilidad, y cuantificar el impacto por parte del usuario respecto a su contenido y diseño. Se utilizaron instrumentos de tipo test con respuesta cerrada, con cuatro ítems que emplean una escala de satisfacción en distintos aspectos como: Claridad de la información, la experiencia con la app, la postura respecto a dar su recomendación y la satisfacción como producto con la app; además, de dos ítems con respuesta de selección múltiple cerrada con única respuesta de cara al uso continuo de la app como herramienta educativa y la postura en cuánto al método por medio del cual preferiría el usuario recibir la información de la capacitación propuesta (Ver figura 37).

Aunque, este cuestionario también fue adaptado a formato físico bajo las mismas preguntas como se evidencia en el apéndice 2.

Figura 37.

Captura de pantalla del cuestionario desplegado en Google forms realizado a como prueba de usabilidad.

The image shows two screenshots of a Google Forms questionnaire. The left screenshot is the title page, and the right screenshot shows the first two questions.

Valoración de la app "TUTOCLAVE"
Bienvenid@s a nuestra encuesta de valoración para la app "TUTOCLAVE".
Agradecemos que respondas el cuestionario de la manera más honesta posible, para nosotros es muy importante la veracidad de los datos en esta prueba.
Tus datos personales no se compartirán con ninguna entidad, se respetará la privacidad de los mismos, acorde al almacenamiento de datos responsable establecido en la ley Colombiana de protección de datos.

* Indica que la pregunta es obligatoria

Nombre completo: *
Tu respuesta

Ocupación: *
Tu respuesta

Sección sin título

1. Según tu experiencia con la aplicación, ¿Con que probabilidad recomendarías * la app "Tutoclave" a un conocido, amigo o colega?
Marca tu respuesta en una escala de 0 a 10, donde 0 significa que no la recomendarías y 10 significa que seguro sí la recomendarías.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

No la recomiendo en absoluto. Absolutamente la recomiendo.

2. Prefiere recibir la información por medio de: *

Forma tradicional.
 App "Tutoclave".
 Forma tradicional y app "Tutoclave".

Nota: Diseño propio.

La finalidad en la aplicación y utilidad de este tipo de test, radica en que permite cuantificar el nivel de satisfacción del usuario frente al aplicativo implementado, identificando los puntos fuertes y débiles del prototipo desarrollado.

5. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos con la aplicación y la experiencia de aprendizaje que recibieron los usuarios (estudiantes de odontología) con la finalidad de dar respuesta a la pregunta de investigación ¿Qué beneficios puede tener la implementación de un entorno virtual de aprendizaje con realidad aumentada, en un ambiente educativo y colaborativo, para la manipulación de equipos biomédicos como una autoclave clase B (Automat 8000 – 80L) en clínica odontológica?

5.1 Implementación del prototipo funcional “TUTOCLAVE”

Inicialmente, se implementó el diseño y desarrollo del EVA como se manifestó en el capítulo de metodología, dando como resultado el prototipo funcional nombrado “TUTOCLAVE”, el cual se evidencia en la (Tabla 5-1).

Tabla 5-1:

Capturas de pantalla del prototipo desplegado y funcionando en un dispositivo Smartphone Android tras implementar los diseños propuestos en el título 4.2 y desarrollados en el título 4.3.

Sección	Capturas de pantalla
---------	----------------------

Menú inicial



Información de autores



Selector de niveles



Selector de niveles con la premisa de la unidad 1 seleccionada

UNIDADES Y TEST Volver al menú

Unidad 1
Unidad 2
Unidad 3
Test de conocimientos
Valoración de la app

UNIDAD 1:
Esta sección introduce, la ruta de aprendizaje de conceptos relacionados a los métodos de esterilización, las autoclaves y su clasificación.

RA:
Este contenido NO cuenta con Realidad Aumentada [RA].

Presiona el botón 'Ir a la Unidad 1' para ingresar a la unidad.

Ir a la Unidad 1

Selector de niveles con la premisa de la unidad 2 seleccionada

UNIDADES Y TEST Volver al menú

Unidad 1
Unidad 2
Unidad 3
Test de conocimientos
Valoración de la app

UNIDAD 3:
Esta sección es la ruta, que ilustra con Realidad Aumentada [RA], el paso a paso de cómo operar la autoclave (Automat 8000) desde el ingreso de la carga, hasta su salida.

RA:
Este contenido SI CUENTA con Realidad Aumentada [RA].

Presiona el botón 'Ir a la Unidad 3' para ingresar a la unidad.

Ir a la Unidad 3

Selector de niveles con la premisa de la unidad 3 seleccionada

UNIDADES Y TEST Volver al menú

Unidad 1
Unidad 2
Unidad 3
Test de conocimientos
Valoración de la app

UNIDAD 2:
Esta sección es la ruta, que ilustra con Realidad Aumentada [RA] las partes de la autoclave (Automat 8000) y sus funciones en la misma.

RA:
Este contenido SI CUENTA con Realidad Aumentada [RA].

Presiona el botón 'Ir a la Unidad 2' para ingresar a la unidad.

Ir a la Unidad 2

Selector de niveles con la premisa del test de conocimientos seleccionada

UNIDADES Y TEST Volver al menú

Unidad 1
Unidad 2
Unidad 3
Test de conocimientos
Valoración de la app

Test de conocimientos:
Prueba de 10 puntos relacionada con el contenido visualizado en las 3 unidades anteriores.

Internet:
Se REQUIERE de conexión a internet para acceder al test.

RA:
Este contenido NO cuenta con Realidad Aumentada [RA].

Presiona el botón 'Ir a Test de conocimiento' para ingresar a la unidad.

Ir al Test de conocimiento

Selector de niveles con la premisa de la valoración de la app seleccionada

UNIDADES Y TEST Volver al menú

Unidad 1
Unidad 2
Unidad 3
Test de conocimientos
Valoración de la app

Valoración de la app:
Queremos conocer tu opinión sobre la experiencia con nuestra app ¡Agradecemos tu sinceridad!

Internet:
Se REQUIERE de conexión a internet para acceder al test.

RA:
Este contenido NO cuenta con Realidad Aumentada [RA].

Presiona el botón "Ir a la Valoración de la app" para ingresar a la unidad.

Ir a la Valoración de la app

Unidad 1: En la primera parte de su secuencia.

Unidad 1 Menú 1 / 19

Bienvenid@ a la primera unidad. En esta sección encontrarás una breve descripción teórica, relacionada con la **esterilización** y las **autoclaves**.

Temáticas:

Esterilización

- Definición de esterilización.
- Métodos de esterilización:
 - Tipos de carga.
- Esterilización:

Autoclaves

- Definición de una autoclave.
- Clasificación de una autoclave.
- Parámetros de esterilización.

--- Presiona el botón con el símbolo '>' para continuar. ---

Volver al menú principal ▶

Unidad 1: En la segunda parte de su secuencia.

Esterilización: Menú 2 / 19

 **MINSALUD**

MinSalud lo define, en resolución 2183 de 2004, cómo:

"Proceso químico o físico mediante el cual se eliminan todas las formas vivas de microorganismos incluyendo las **formas esporuladas**, hasta un nivel aceptable de garantía de esterilidad."

◀ Abrir referencia ▶

Unidad 1: En la última parte de su secuencia.

¡Has finalizado la unidad! Menú 19 / 19



Puedes pasar a la siguiente unidad (Unidad 2) presionando el botón "Ir a la siguiente unidad". En esta se ilustran, con Realidad Aumentada [RA], las partes de la autoclave (Automat 8000) y sus funciones.

Pasar a la siguiente unidad ▶

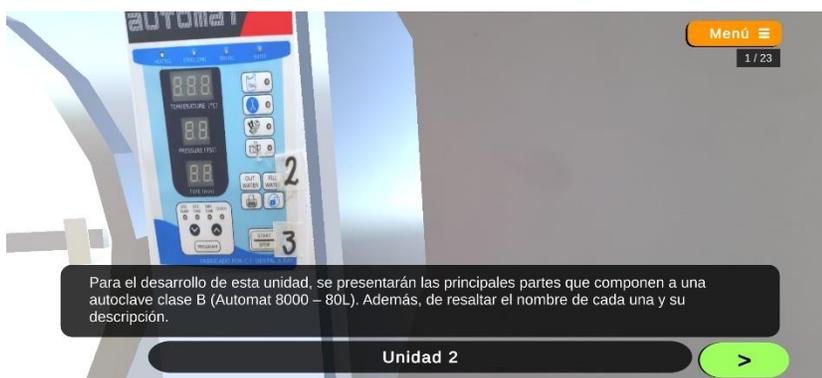
En caso de que desees volver al menú principal, presiona el botón "Volver al menú principal". Volver al menú principal

◀

Unidad 2: Sin apuntar hacia el marcador para activar la interfaz de la secuencia.



Unidad 2: En la primera parte de su secuencia.



Unidad 2: En la segunda parte de su secuencia.



Unidad 2: En la última parte de su secuencia.



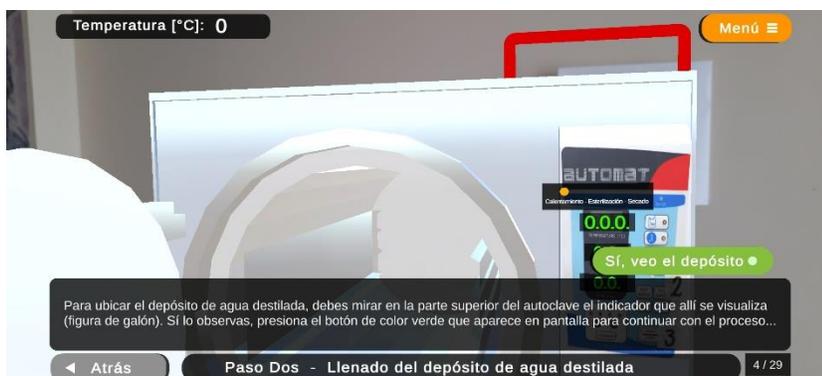
Unidad 3: Sin apuntar hacia el marcador para activar la interfaz de la secuencia.



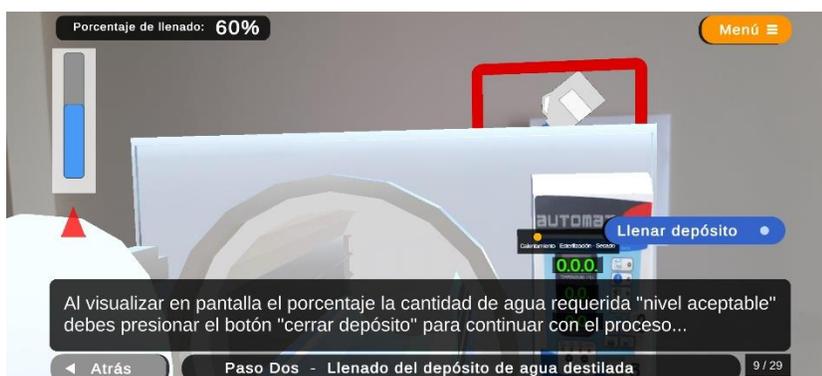
Unidad 3: En la primera parte de su secuencia.



Unidad 3: En la cuarta parte de su secuencia.



Unidad 3: En la novena parte de su secuencia.



Unidad 3: En la doceava parte de su secuencia.



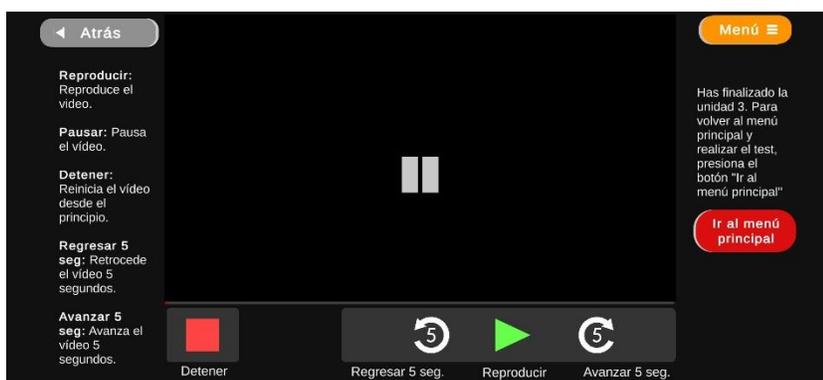
Unidad 3: En la vigésimo primera parte de su secuencia.



Unidad 3: En la vigésimo sexta parte de su secuencia.



Unidad 3: En la última parte de su secuencia sin reproducir el vídeo final.



Unidad 3: En la última parte de su secuencia reproduciendo el vídeo final.



Unidad 3: En la app de YouTube reproduciendo el vídeo alternativo de la unidad.



Nota: Elaboración propia, a partir de capturas de pantalla del aplicativo desplegado en un Smartphone Android relacionados con las secciones propuestas en el título 4.2.

Adicionalmente, se presenta en la (Tabla 5-2) un enlace que direcciona a un vídeo de la app funcionando sobre un dispositivo Smartphone Android, con la finalidad de adquirir mayor claridad respecto a la implementación y despliegue del prototipo.

Tabla 5-2:

Tabla con enlace a vídeo donde se evidencia el despliegue de la app en dispositivos Android.

Enlace a vídeo aclarativo respecto al despliegue de la app.

https://drive.google.com/drive/folders/1p2x_Mbp2ne-kQaK2QZE-aXUaGm6Tr8N8?usp=share_link

Nota: Elaboración propia.

5.2 Validación del aplicativo con docentes

Consecutivamente, se solicitó a docentes del campo de la ingeniería biomédica, ingeniería clínica y odontología, una revisión y aprobación sobre los contenidos planteados en el título 4.1 (contenido programático) y el aplicativo implementado que se muestra en la anterior sección (título 5.1). Estas revisiones se llevaron a cabo por docentes de la Universidad Antonio Nariño Sede Popayán – Cauca, PhD. Guido Gómez (área de Ingeniería Biomédica), Ing. Ingrid Castaño (área de Ingeniería Clínica) y coordinadora del programa de Odontología Doc. Emilse Sánchez (área de Odontología).

Al respecto conviene decir que las revisiones realizadas por los docentes, obtuvieron respuestas y comentarios favorables por parte de cada uno de los docentes involucrados en la validación, por ello, se cuenta con constancia de su participación, revisión y aprobación respecto al planteamiento e implementación de la app y sus contenidos, las cuales, se pueden evidenciar en Anexos (Ver Anexos 1, 2 y 3).

5.3 Resultados de pruebas pedagógica y usabilidad

Ahora sí, para la validación de aprendizaje de los usuarios (estudiantes de odontología) esta se realizó con dos grupos de igual número; el primer grupo consistió en evaluar a 20 estudiantes de odontología, los cuales recibieron una clase de bioseguridad y esterilización con autoclave (funcionalidad del equipo) por parte de la coordinadora del programa de odontología, Doc. Emilse Sánchez Rojas; cabe aclarar que este primer grupo no tuvo contacto con la app “Tutoclave”. (Ver figura 38)

Figura 38.

Fotografía de la clase de bioseguridad realizada al primer grupo de 20 estudiantes por Doc. Emilse Sánchez Rojas.



Nota: Fotografía tomada durante la clase de bioseguridad realizada en Universidad Antonio Nariño – Sede Alto Cauca, Popayán.

En cuanto al segundo grupo, se empleó a 20 estudiantes de odontología, a quienes se le brindó una pequeña charla introductoria con diapositivas (Ver Anexo 4) respecto al funcionamiento de la app y el uso de RA, con el objetivo de que los usuarios posteriormente interactúen con la App “Tutoclave”. (Ver figura 39)

Figura 39.

Fotografías tomadas a distintos grupos de estudiantes que hicieron parte del segundo grupo de 20 usuarios.



Nota: Fotografías tomadas durante la realización de las pruebas al segundo grupo de estudiantes en clínica odontológica, Universidad Antonio Nariño – Sede Alto Cauca, Popayán.

5.3.1 *Resultados del test de conocimiento (prueba pedagógica)*

Se solicitó a los dos grupos responder un formulario de evaluación a través de la plataforma Google forms o a través del mismo cuestionario impreso en papel, para ser diligenciado a mano (Ver figura 40). El cual fue elaborado con diez preguntas guiadas por el manual de usuario del Equipo Biomédico (Autoclave Automat 8000) y la Resolución 2183 de 2004.

Figura 40.

Fotografías tomadas al grupo uno y parte del grupo dos que hicieron parte de las pruebas.

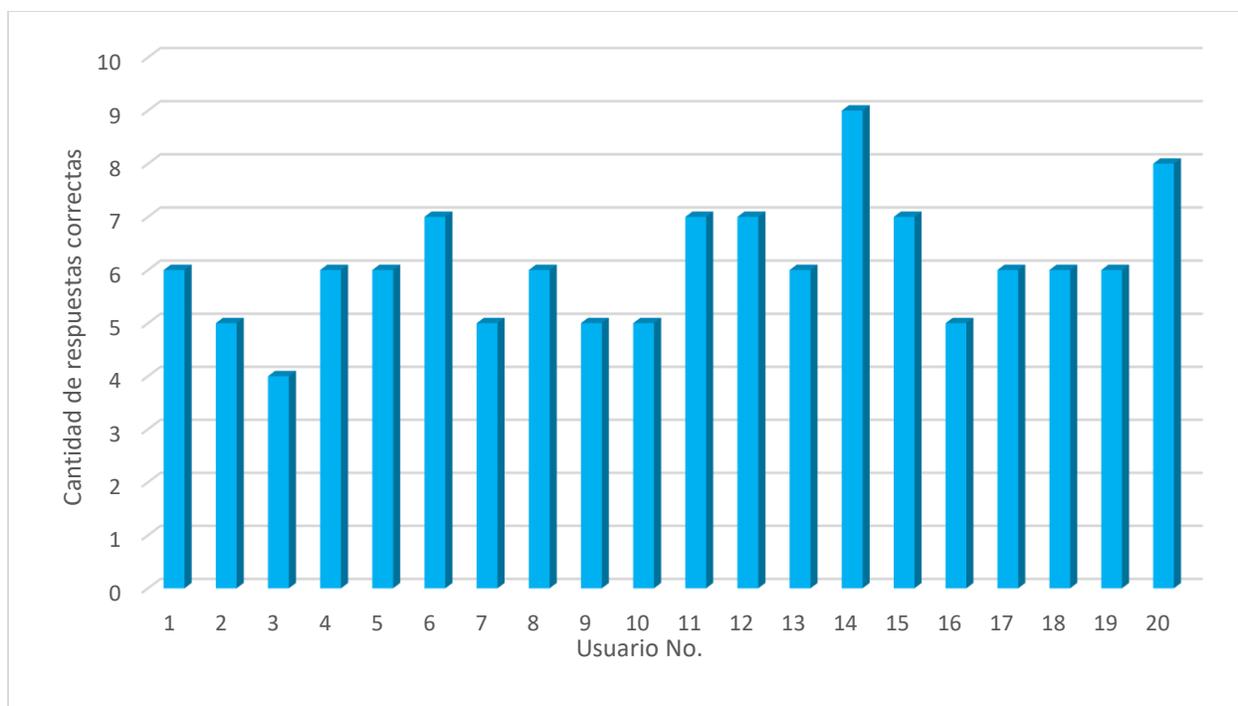


Nota: Fotografías tomadas al primer y segundo grupo durante la realización del cuestionario mencionado como prueba pedagógica en Universidad Antonio Nariño – Sede Alto Cauca, Popayán.

Al primer grupo de estudiantes de odontología se les evaluó los conocimientos adquiridos a través de la capacitación que recibieron por parte de la doc. Emilce Sánchez, donde se abordaron temas de esterilización, bioseguridad y funcionamiento de la autoclave (Automat 8000), orientada por el manual del equipo y las normas de seguridad operacional establecidas, en el Manual de Buenas Prácticas de Esterilización para Prestadores de Servicios de Salud. Por lo tanto, en la (figura 41) se evidencia los resultados adquiridos por parte de los usuarios que no han tenido contacto con la aplicación “Tutoclave”. Al respecto conviene aclarar que, en el enfoque de las pruebas no se incluyeron estudiantes de otras facultades (Ingeniería Biomédica, Veterinaria y Enfermería) porque el desarrollo del aplicativo se enfoca en capacitar a los estudiantes y profesionales de odontología.

Figura 41.

Gráfico de resultados para estudiantes de Odontología que NO han tenido contacto con la aplicación “Tutoclave”.



Nota: Diseño propio.

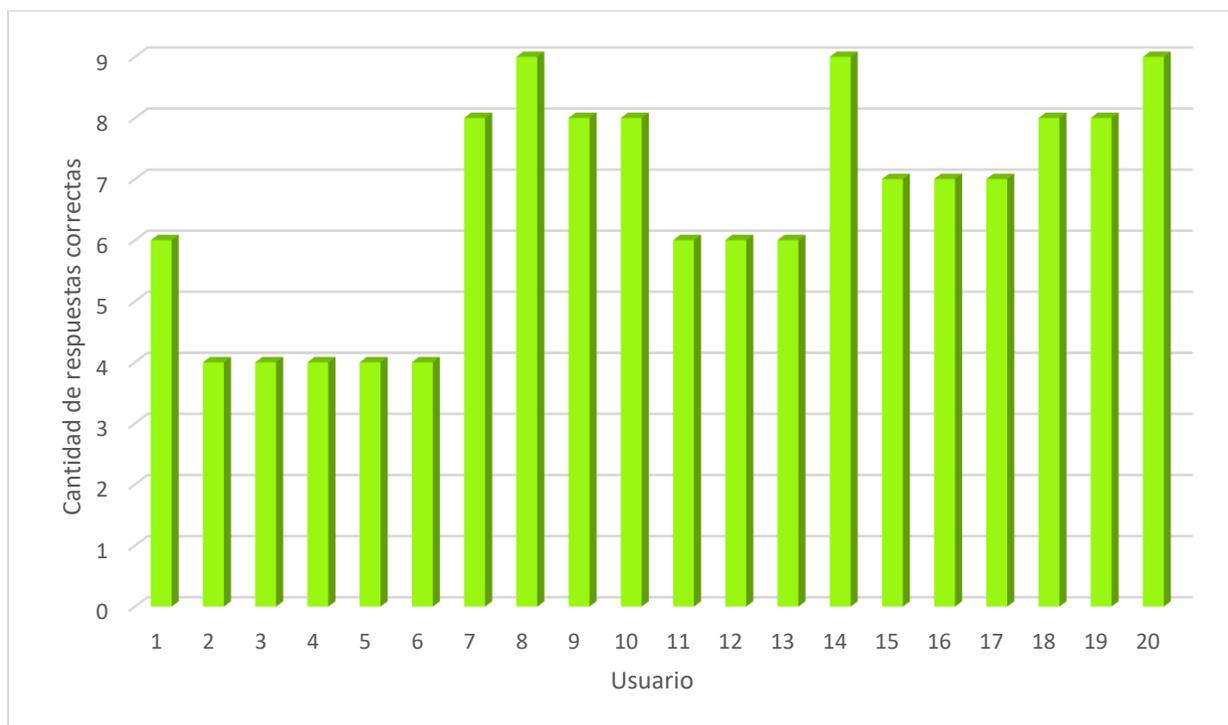
Se debe agregar que, en el gráfico anterior se muestra cómo los estudiantes de odontología que no han utilizado la aplicación Tutoclave, alcanzaron unos resultados parcialmente favorables en el test de conocimiento aplicado. Al respecto conviene decir que, este déficit parcial se presenta por la falta de enseñanza en su formación profesional, debido a que, los usuarios no reciben a grandes rasgos el aprendizaje sobre el funcionamiento de la autoclave; hay que mencionar que, entre los puntajes obtenidos, solo 6 de los 20 usuarios alcanzan las opciones de respuesta correcta igual o superior al 70% correcto (7 respuesta correctas).

Por el contrario, al segundo grupo de estudiantes de odontología, quienes conocieron e interactuaron con el aplicativo “Tutoclave” a través de una breve charla, se les explicó el funcionamiento de la app y el contenido de la misma. El cual hace alusión a los temas abordados en la clase que dictó doc. Emilce Sánchez. Este grupo experimentó e interactuó con la App creada,

demostrando que la capacitación de forma teórica/práctica logra conocimientos muy favorables, en cuanto a la enseñanza de la funcionalidad de una autoclave para un ciclo de esterilización, normas requeridas y bioseguridad aplicada. El índice de las respuestas adquiridas por parte de los 20 usuarios es muy acertado, ya que, al interactuar con este tipo de aplicativos directamente sobre el equipo, hacen que la información suministrada tenga una mayor recepción por parte del usuario. A través de la (figura 42) se muestran los resultados adquiridos por parte de los estudiantes de odontología que han tenido contacto con la aplicación “Tutoclave”.

Figura 42.

Gráfico de resultados para estudiantes de Odontología que tuvieron contacto con la aplicación “Tutoclave”.

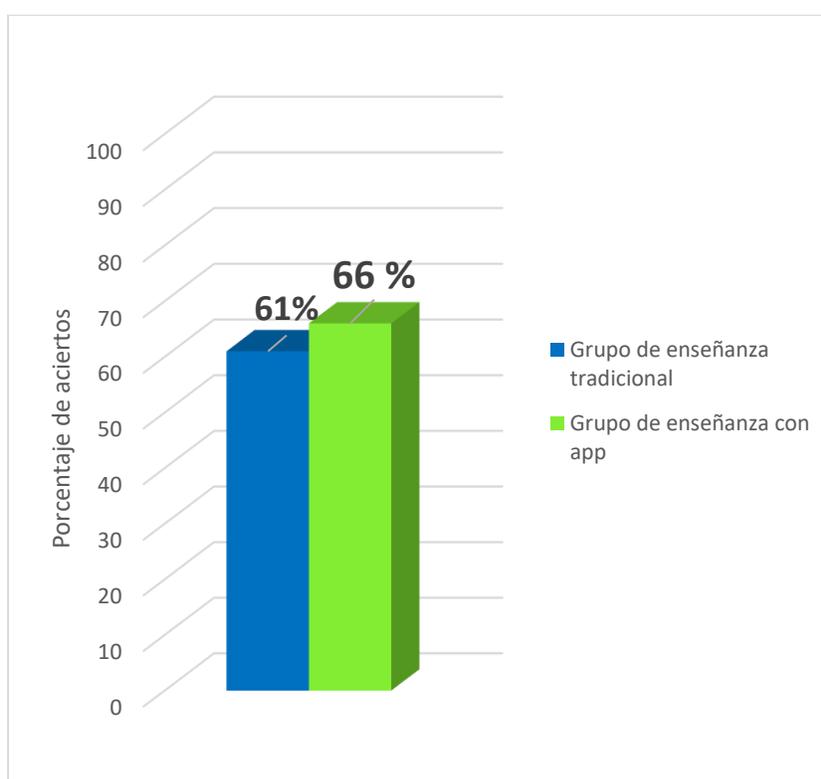


Nota: Diseño propio.

Con respecto al gráfico anterior se evidencia que, los estudiantes de odontología que han utilizado la aplicación Tutoclave alcanzaron un aprendizaje más favorable frente al contenido presentado; esto se refleja en el test de conocimiento aplicado con más de la mitad de los usuarios consiguiendo las opciones de respuesta correcta igual o superior al 70% (7 respuestas correctas); así mismo, se puede decir que el aplicativo cumple con el objetivo de capacitar a los estudiantes de odontología respecto a las partes principales y la operación segura de una autoclave clase B durante un ciclo de esterilización, en clínica Odontológica.

Figura 43.

Gráfico comparativo para los dos grupos de estudiantes (A y B).



Nota: Diseño propio.

En cuanto a la (figura 43) se evidencia como los estudiantes de odontología que han utilizado la App Tutoclave (grupo de enseñanza con app), han obtenido un porcentaje del 66% en la totalidad de las preguntas correctas, a diferencia del grupo con estudiantes de odontología que NO han utilizado la aplicación Tutoclave (grupo de enseñanza tradicional), quienes obtuvieron un porcentaje del 61% en la totalidad de las preguntas correctas. Por último, se añade que el aplicativo expuesto es una herramienta favorable para el ámbito educativo.

Tabla 5-3

Preguntas del cuestionario aplicado como “Test de conocimientos” (prueba pedagógica)

Preguntas	Usuarios que acertaron	
	Grupo “App”	Grupo tradicional
1. Las principales partes de una Autoclave (Automat 8000 – 80L) Clase B son:	13	3
2. Los parámetros de control físico que se presentan durante el funcionamiento de la autoclave son:	13	16
3. Una autoclave de clase B se caracteriza por:	9	10
4. Para el proceso de esterilización de una autoclave a vapor, la temperatura y el tiempo Mínimo requeridos son:	15	11
5. Una autoclave se la puede definir como:	20	19
6. Los métodos de esterilización que existen se los puede categorizar en:	17	19
7. La esterilización por Autoclave utiliza:	17	19
8. De los siguientes materiales ¿Cuál no conviene esterilizar en una Autoclave?	6	7
9. Las dos formas de clasificar los tipos de autoclaves son:	9	2
10. Respecto a la Autoclave ¿Cuál de estas recomendaciones debes tener presente en un proceso de esterilización?	13	16
TOTAL:	132	122

Nota: Elaboración propia, a partir de los resultados obtenidos en las pruebas pedagógicas.

En la (Tabla 5-3) se evidencia como el grupo de estudiantes de odontología que utilizaron la App Tutoclave (grupo App), obtuvieron un total de aciertos de 28 puntos en las preguntas 1 y 4, las cuales se relacionan con los objetivos conceptual, procedimental y actitudinal de la unidad uno, ante la totalidad de las respuestas, por parte del grupo tradicional. Por lo tanto, se puede decir que el uso de aplicativos con interacción de RA, son herramientas oportunas que contribuyen al proceso de enseñanza – aprendizaje que un estudiante requiere dentro de su proceso formativo.

Ahora bien, en cuanto a las preguntas 5, 6 y 7 se obtuvo un total de aciertos de 54 puntos en la totalidad de las preguntas correctas. Aquí se puede afirmar que, la herramienta permite al estudiante (grupo App) identificar, distinguir y reconocer los objetivos trazados para la unidad temática dos; esta afirmación se apoya en que los usuarios denotan en sus respuestas que los ambientes interactivos, aportan información de forma útil y práctica, frente al aprendizaje de las principales partes de una autoclave Automat 8000 con RA.

En cuanto a las preguntas 9 y 10 se obtuvo un total de aciertos de 22 puntos en la totalidad de las preguntas correctas, al respecto conviene decir que la interactividad alcanzada en estas preguntas por parte del estudiante (grupo App) evidencia que los objetivos trazados para unidad tres del contenido programático, han alcanzado en el usuario una forma adecuada de reconocer la importancia del funcionamiento y correcta aplicación de los protocolos de seguridad, que son necesarios durante un ciclo de esterilización. No cabe duda que el aprendizaje autónomo genera en el estudiante una gran facilidad para la asimilación de conceptos, parámetros y procesos empleados en la guía de operación de una autoclave Automat 8000 con RA y contenido multimedia.

5.3.2 Resultados de la Usabilidad de la App “Tutoclave”

En cuanto a la validación de la usabilidad de la app, se realizó únicamente con los 20 usuarios (estudiantes de odontología) que utilizaron el aplicativo; por medio de un cuestionario en línea dieron respuesta a seis preguntas formuladas para conocer su experiencia con la app; entre las preguntas, cuatro de ellas se formularon a partir de una respuesta en escala, donde cero representa el aspecto menos satisfactorio de la pregunta y diez el aspecto más satisfactorio; de igual forma, los ámbitos de estas preguntas contemplan en orden si la experiencia con la app fue satisfactoria, la información fue clara, la app como producto es satisfactorio y si el usuario recomendaría la app a otra persona. Por otro lado, se encuentran dos preguntas con respuesta cerrada para evaluar los ámbitos de reutilización de la app por parte de los usuarios y que opinión tienen frente al método, por el cual les gustaría recibir la capacitación y su contenido.

En primer lugar, se obtuvieron resultados muy favorables en cuanto a la experiencia que los usuarios tuvieron con la app, como se observa en la (figura 44); el 80% de los encuestados están completamente satisfechos con la experiencia de la app, un 25% casi están completamente satisfechos con la experiencia y un 5% siente que, aunque su experiencia fue muy satisfactoria, no lo suficientemente excepcional para subir aún más la calificación; de esta manera, se resalta que la experiencia planteada para la app “Tutoclave” impacta en el usuario y permea una experiencia muy satisfactoria.

Figura 44.

Gráfico de barras de los resultados obtenidos para la pregunta ¿Cómo califica su experiencia con la app?



Nota: Diseño propio.

Por otro lado, se obtuvieron resultados muy favorables en cuanto a la claridad que los usuarios tuvieron con la información suministrada dentro la app, como se observa en la (figura 45), donde el 80% de los encuestados están completamente satisfechos con la experiencia de la app y un 20% casi están completamente satisfechos con la claridad en la información; añadiendo que, la información dentro de la aplicación cubre la temática propuesta con bastante claridad y de buena recepción para el usuario.

Figura 45.

Gráfico de barras de los resultados obtenidos para la pregunta ¿Cómo califica la claridad de la información vista en la app?



Nota: Diseño propio.

Posteriormente, se obtuvieron resultados bastante favorables ante la opinión de los usuarios en cuanto al hecho de recomendar la aplicación a otros posibles estudiantes o colegas, como se observa en la (figura 46), donde el 95% de los encuestados recomendarían totalmente la aplicación y un 5% que estaría muy dispuesto, aunque no en su totalidad, a recomendar el aplicativo; asumiendo con esto que, la app “Tutoclave” tuvo un impacto en el usuario respecto al acceso al contenido temático y podría compartir este software a otros usuarios.

Figura 46.

Gráfico de barras de los resultados obtenidos para la pregunta ¿Qué probabilidad hay de que recomiendes la app a otro estudiante o colega?



Nota: Diseño propio.

Prosiguiendo, se obtuvieron resultados muy favorables ante la opinión de los usuarios con respecto al solidez de la aplicación como producto, como se observa en la (figura 47), donde el 90% de los encuestados opina que la aplicación fue bastante sólida como producto en general y un 10% opina que la app fue casi perfecta en su solidez como producto; a partir de esto, se infiere que la app “Tutoclave” fue casi totalmente solida como un producto aun siendo un prototipo funcional.

Además, en versatilidad impacta al usuario e impulsa su beneficio como herramienta educativa para el aprendizaje sobre partes y operación segura de una autoclave clase B en clínica odontológica durante un ciclo de esterilización.

Figura 47.

Gráfico de barras de los resultados obtenidos para la pregunta ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la app cómo producto?



Nota: Diseño propio.

Avanzando a las preguntas cerradas y de única respuesta, el porcentaje de usuarios que usarían la app nuevamente es del 100%; por lo tanto, demuestra que la aplicación es un gran apoyo para el aprendizaje de los estudiantes, cómo se observa en la (figura 48).

Figura 48.

Gráfico circular de los resultados obtenidos para la pregunta ¿Usaría la app nuevamente?

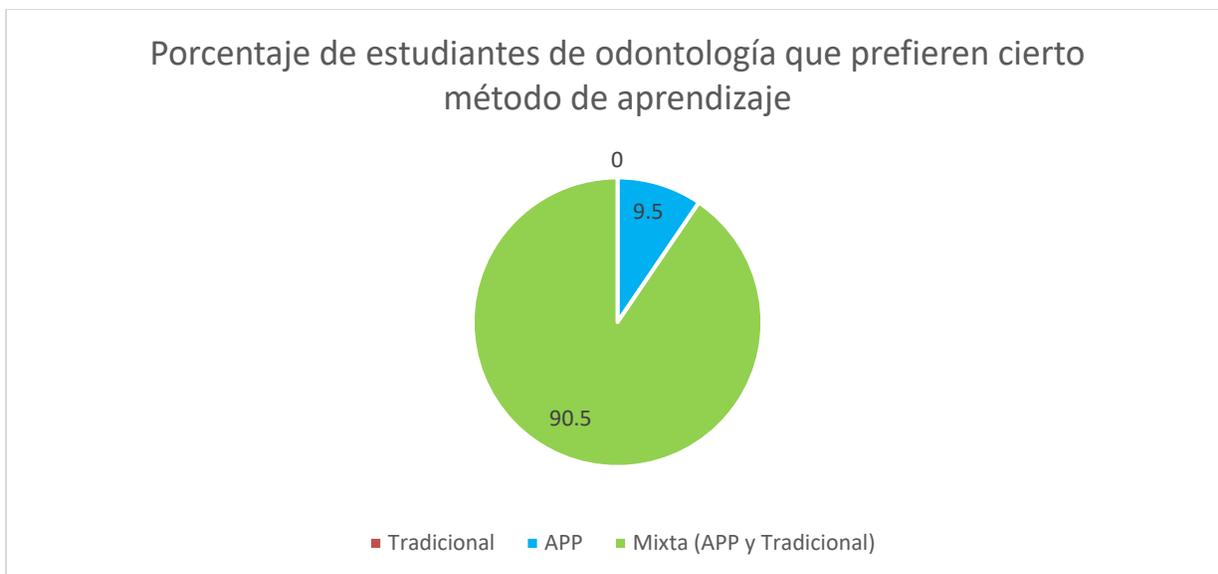


Nota: Diseño propio.

Por último, el porcentaje de estudiantes que prefieren recibir únicamente el método tradicional es 0%, en comparación al 9.5% que preferiría únicamente la app como recurso educativo para la temática propuesta; aunque, cabe resaltar que el 90.5% de los usuarios preferirían que la app sea utilizada como apoyo y complemento en parte de la enseñanza tradicional. Con todo y lo anterior, se indica nuevamente, el beneficio de implementar estas herramientas al ámbito educativo. Este resultado es posible visualizarlo en la (figura 49).

Figura 49.

Gráfico circular de los resultados obtenidos para la pregunta: Si tuviera la opción de escoger el método bajo el cual recibir la capacitación ¿Cuál escogería?



Nota: Diseño propio.

6. Conclusiones

Se concluye que la implementación de EVAs con realidad aumentada en el ámbito educativo si es de beneficio para los usuarios que cuenten con estas herramientas; en este caso, los usuarios se beneficiaron del acercamiento a la manipulación de equipos biomédicos como una autoclave clase B (Automat 8000 – 80L) en clínica odontológica de forma interactiva.

La herramienta educativa desarrollada (Tutoclave) puede ser empleada para la enseñanza práctica en cursos de capacitación en el área de bioseguridad y esterilización, las cuales se decidan implementar a futuro en el ámbito clínico para el manejo de equipos biomédicos.

Se concluye que, el aplicativo móvil (Tutoclave) contribuye a la enseñanza práctica sobre el funcionamiento de una autoclave Automat – 8000 en clínica odontológica, ya que a través del aplicativo se realiza una exploración sobre las partes del equipo, su operación segura durante un ciclo de esterilización y temáticas relacionadas a la esterilización basada en la norma (Resolución 2183 de 2004) denotando que este tipo de herramientas, pueden ser implementadas como apoyo al método tradicional, con la finalidad de impactar aún más a los estudiantes en su proceso educativo.

La herramienta educativa elaborada (Tutoclave), cumple con los requisitos de un curso de capacitación básica para el funcionamiento de una autoclave automat 8000 – 80L, durante un ciclo de esterilización, como se evidencia en la construcción y validación de su contenido programático junto con su implementación como aplicativo computacional, incluso, obteniendo resultados favorables con los estudiantes de odontología ante el proceso de enseñanza que se realizó a través del entorno virtual de aprendizaje.

Se afirma que, la implementación de una herramienta de aprendizaje con realidad aumentada, contribuye al desarrollo de diversas herramientas para la postulación de diseños interactivos en el sector educativo entre un aplicativo y el usuario, para crear y emplear contenido multimedia sobre entornos de desarrollo que permiten el uso de tecnologías de realidad aumentada e interactiva.

El resultado de aplicar un prototipo funcional como prueba piloto para la enseñanza práctica a través de realidad aumentada en ámbito clínico, evidencia una efectividad en el aprendizaje por parte de los usuarios ya que la información suministrada por la aplicación Tutoclave, genera una mayor aprehensión del conocimiento, ya que dispone de contenido audiovisual, lo cual convierte al aplicativo en un curso virtual dinámico y nada tedioso.

7. Trabajos futuros

Los resultados alcanzados en este proyecto de investigación, son la estructura base para nuevas invenciones aplicadas en el sector de salud, la ingeniería biomédica, veterinaria y otras áreas afines; al respecto conviene decir que el EVA con realidad aumentada diseñado contribuye con las normativas establecidas en el manual de buenas prácticas para prestadores de salud y el manual de usuario del equipo modelado. De igual forma incluye un contenido programático que le permite al estudiante contar con un acceso a la información de forma interactiva. Todo esto con la finalidad de que el ambiente diseñado pueda ser el complemento a procesos de aprendizaje abordando el ámbito de bioseguridad, enfatizando el manejo de la autoclave a través de la herramienta. Por estos motivos, desde este proyecto pueden partir como base a diversos desarrollos de base tecnológica sobre herramientas educativas interactivas que apoyen procesos formativos relacionados al manejo de equipos en el área de la salud, tanto humana como animal; desde la mejora al despliegue en la realidad aumentada con la autoclave, como, hacia otros equipos médicos que se implementen con pruebas, incluso, en las distintas facultades cómo odontología, veterinaria, biomédica y enfermería.

8. Apendices

8.1 Apéndice 1 – Formato en físico del cuestionario empleado como prueba pedagógica

En caso de que los usuarios de ambas pruebas presentarán dificultades técnicas para acceder al cuestionario en línea de la prueba pedagógica o desearán responder a este mismo cuestionario en un formato físico, se realizó una versión del test para impresión en papel con las mismas preguntas y opciones de respuesta.



Una Universidad con Presencia
Nacional y Vocación Regional

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y BIOMÉDICA

Cuestionario para Evaluación de aprendizaje en método tradicional sobre una autoclave en clínica de odontología Marca: Dentomat – Modelo: Automat 8000 – 801

OBJETIVO

Identificar y familiarizar las principales partes de una autoclave clase B (Automat 8000 – 80L) y su funcionamiento para un proceso de esterilización.

NOMBRE: _____

OCUPACIÓN: _____

FACULTAD: _____

E-MAIL: _____

Preguntas:

*** Marca en un solo círculo la respuesta correcta.**

1. Las principales partes de una Autoclave (Automat 8000 – 80L) Clase B son:
 - a. Cámara y Chaqueta.
 - b. Panel de control y Puertas de sellado.
 - c. Depósito de agua destilada y Panel eléctrico.
 - d. Solo las opciones a, b y c son correctas.
 - e. Solo la opción a y b son correctas.

2. Los parámetros de control físico que se presentan durante el funcionamiento de la autoclave son:
 - a. Presión y Temperatura.
 - b. Temperatura y Tiempo.
 - c. Presión, Temperatura y Tiempo.
 - d. Las opciones a y b son correctas.
 - e. Ninguna de las anteriores.

3. Una autoclave de clase B se caracteriza por:
 - a. Ofrecer una seguridad aceptable para los instrumentos indicados en el manual.
 - b. Solamente sirve para instrumentos sólidos, no envasados.
 - c. Es utilizada con materiales de envasado y conservado en un estado de asepsia durante un cierto tiempo.
 - d. Ofrecer el cumplimiento de los estándares de calidad y la máxima seguridad para la esterilización de todos los tipos de instrumentos que se utilizan en la consulta odontológica.
 - e. Todas las anteriores

4. Para el proceso de esterilización de una autoclave a vapor, la temperatura y el tiempo Mínimo requeridos son:
 - a. 200 grados y 20 minutos.
 - b. 121 grados y 25 minutos.
 - c. 125 grados y 30 minutos.
 - d. 120 grados y 50 minutos.
 - e. 80 grados y 60 minutos.

5. Una autoclave se la puede definir como:
 - a. Un dispositivo que usa vapor a alta presión para esterilizar.
 - b. Humidificar el ambiente.
 - c. Lavar instrumentos.

- d. Esterilizar todo tipo de materiales.
 - e. Ninguna de las anteriores.
- 6.** Los métodos de esterilización que existen se los puede categorizar en:
- a. Métodos por radiación.
 - b. Métodos Físicos.
 - c. Método Mecánico.
 - d. Métodos por Químicos.
 - e. Solo las opciones a, b y d son correctas.
- 7.** La esterilización por Autoclave utiliza:
- a. Calor seco.
 - b. Fuego directo.
 - c. No existe en la autoclave.
 - d. Vapor de agua sometido a presión.
 - e. Ninguna de las anteriores.
- 8.** De los siguientes materiales ¿Cuál no conviene esterilizar en una Autoclave?:
- a. Textiles.
 - b. Materiales de goma o plástico.
 - c. Frascos de líquidos.
 - d. Medios de cultivo.
 - e. Todas las anteriores.
- 9.** Las dos formas de clasificar los tipos de autoclaves son:
- a. Por Gravedad y por Prevacío.
 - b. Por Funcionalidad y por Clase.
 - c. Por Incineración y por Clasificación.
 - d. Solo las opciones a y b son correctas.
 - e. Ninguna de las anteriores.
- 10.** Respecto a la Autoclave ¿Cuál de estas recomendaciones debes tener presente en un proceso de esterilización?
- a. Es el medio más idóneo y más utilizado en el ámbito sanitario.
 - b. Debe tener una calidad de vapor del 97% o superior con menos de un 3% de agua.
 - c. Todas las opciones son correctas.

8.2 Apéndice 2 – Formato en físico del cuestionario empleado como prueba de usabilidad

En caso de que los usuarios del segundo grupo (usuarios que probaron la app) presentarán dificultades técnicas para acceder al cuestionario en línea de la prueba de usabilidad o desearán responder a este mismo cuestionario en un formato físico, se realizó una versión del test para impresión en papel con las mismas preguntas y opciones de respuesta.



Una Universidad con Presencia
Nacional y Vocación Regional

Valoración de la app “TUTOCLAVE”

NOMBRE: _____

OCUPACIÓN: _____

FACULTAD: _____

E-MAIL: _____

*** Marca con una X la opción que corresponda a tu respuesta.**

1. Según tú experiencia con la aplicación. ¿Con que probabilidad recomendarías la app “Tutoclave” a un conocido, amigo o colega?

No la recomiendo en absoluto

Absolutamente la recomiendo

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Prefiere recibir la información por medio de:

a. Forma tradicional.

- b. App “Tutoclave”.
- c. Forma tradicional y app “Tutoclave”.

3. ¿Cuál es tú nivel de satisfacción con la app “Tutoclave”?

Muy insatisfecho

Muy satisfecho

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

4. ¿Qué tan clara fue la información recibida con la app “Tutoclave”?

No fue nada clara

Fue totalmente clara

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. ¿Qué tan satisfecho estás con la experiencia en la app “Tutoclave”?

Nada satisfecho

Totalmente satisfecho

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

6. ¿Usarías de nuevo la app “Tutoclave”?

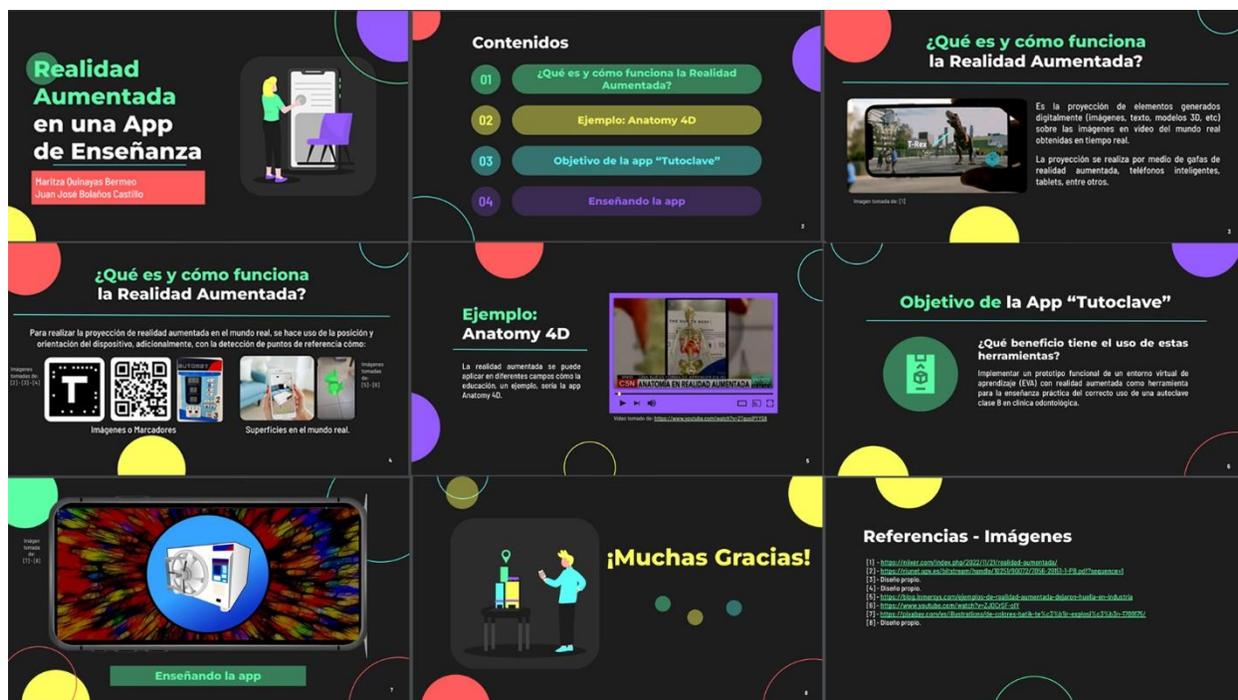
- a. Si.
- b. No.

7. Si tienes algún comentario y/o sugerencia sobre la app “Tutoclave” ¡Déjanos tu opinión, lo valoramos mucho!

8.3 Apéndice 3 – Presentación utilizada para introducir la app a los usuarios del segundo grupo de pruebas

Figura 50.

Collage de diapositivas empleadas para introducir la app a los usuarios del segundo grupo de pruebas



Nota: Diseño propio

8.4 Apéndice 4 – Contenido programático

Justificación de la asignatura

El curso integra los objetivos de formación planteados en el Proyecto Educativo Institucional (PEI) de la UAN, entre los que se encuentran “Fomentar medios y procesos de formación integral de ciudadanos con pensamiento autónomo y crítico, que permitan el desarrollo de la creatividad y procuren establecer compromisos al servicio de la construcción del futuro de la sociedad”, y en consonancia a los objetivos planteados y consignados en el Proyecto Educativo del Programa (PEP).

Inicialmente, el estudiante logra comprender el proceso de esterilización a partir de la interacción con una aplicación que superpone un modelo en 3D de una autoclave clase B (Automat 8000 - 80L) a través de Realidad Aumentada en el área de desinfección, con la finalidad de conocer el procedimiento relacionado a la esterilización de material odontológico. Mediante la aplicación de normas de bioseguridad que garantizan el proceso; además de afianzar, coordinar y manejar el funcionamiento de la app sobre el equipo biomédico (autoclave).

Adicionalmente, con este curso se brinda apoyo a asignaturas como Gestión de equipos biomédicos, Profundización III (temática de Bioseguridad) y aquellas que incluyen dispositivos médicos en su plan de enseñanza; incluso en campos externos al universitario en los cuales se requiera aprender acerca de una autoclave, su operación y funcionamiento.

Objetivo General

Comprender las partes básicas y el proceso de operación segura durante un ciclo de esterilización de una autoclave clase B; según las normas de seguridad operacional establecidas en el Manual de Buenas Prácticas de Esterilización para Prestadores de Servicios de Salud (Resolución 2183 de 2004) con la finalidad de brindar al estudiante el conocimiento y habilidad necesaria para su adecuado uso.

Objetivos Específicos

Unidad Temática	Objetivo Conceptual	Objetivo Procedimental	Objetivo Actitudinal
Introducción a los métodos de esterilización, las autoclaves y su clasificación.	<ul style="list-style-type: none"> Comprender la definición e importancia de la esterilización con una autoclave. Identificar los tipos de carga, clases de autoclave y los parámetros de esterilización. 	Distinguir los elementos que componen a una autoclave y los tipos que existen.	Fomentar el pensamiento crítico que asumirá el estudiante y personal asistencial ante la importancia y uso de una autoclave, logrando identificar los tipos de carga, clases de autoclave y parámetros de esterilización.

Partes de una Autoclave (Automat 8000 - 80 L) con realidad aumentada y multimedia	Identificar las principales partes que componen a una autoclave clase B.	Distinguir las estructuras necesarias, para la operación de una autoclave durante un ciclo de esterilización.	Reconocer los requerimientos básicos del entorno de una autoclave para su operación.
Guía de operación de una autoclave (Automat 8000 - 80L) con realidad aumentada y multimedia	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer los parámetros de funcionamiento de una autoclave, durante un ciclo de esterilización. • Comprender los pasos requeridos para interactuar con una autoclave (Automat 8000 - 80 L), durante un ciclo de esterilización. 	<p>Verificar el proceso de esterilización adecuado según cada tipo de material.</p> <p>Verificar la guía de operación establecida para el proceso de esterilización adecuado, según las indicaciones aprendidas.</p>	Reconocer la importancia del funcionamiento y correcta aplicación de los protocolos de seguridad durante un ciclo de esterilización.

Contenidos

UNIDAD 1: INTRODUCCIÓN A LA ESTERILIZACIÓN Y LAS AUTOCLAVES

1. MÉTODOS DE ESTERILIZACIÓN
 1. Introducción a métodos de esterilización.
 2. Método por calor húmedo.
 3. Tipos de cargas para esterilización en autoclaves.
2. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA AUTOCLAVE.
 1. Definición
 2. Clasificación por funcionalidad.
 3. Clasificación por clase.

UNIDAD 2: PARTES PRINCIPALES DE UNA AUTOCLAVE (Automat 8000 - 80L)

1. PARTES DE LA AUTOCLAVE
 1. Partes Exteriores
 2. Partes Interiores
 3. Conexiones Traseras
 4. Panel de Control

UNIDAD 3: GUÍA DE OPERACIÓN DE UNA AUTOCLAVE (Automat 8000 - 80L) CON REALIDAD AUMENTADA Y MULTIMEDIA

1. PASOS PARA OPERAR UNA AUTOCLAVE
 1. Encendido
 2. Preparación de cámara

3. Preparación de depósito de agua destilada
4. Ingreso de bandejas
5. Monitoreo del proceso de calentamiento, esterilización y secado
6. Apertura de la cámara al finalizar
7. Retiro de bandejas
8. Recomendaciones

Competencias que los estudiantes desarrollan

1. Competencias institucionales:

Competencia Institucional	Descripción
Competencias investigativas	Buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas relacionadas con los tipos de autoclaves y procesos de esterilización.
Pensamiento crítico	Interpretar los fundamentos de operación y parámetros necesarios para el funcionamiento de una autoclave, durante un ciclo de esterilización.
Competencia en Ciencia, tecnología y manejo de la información, aplicada al sector de la salud.	Utilizar un software de realidad aumentada como guía audiovisual para conocer los procesos de operación y manipulación de una autoclave, durante un ciclo de esterilización. Crear en el profesional de odontología, ingeniería biomédica y personal asistencial la capacidad de identificar las recomendaciones del fabricante, para evitar eventos e incidentes adversos con el equipo biomédico.

Metodología

Modelo pedagógico: La herramienta está diseñada para contribuir a un aprendizaje autónomo, es decir un modelo pedagógico que apoya una clase presencial, donde el estudiante recurre a entornos de aprendizaje que se ofrecen dentro de una aula virtual, partiendo de una interacción que amplía la enseñanza presencial. Este modelo pedagógico está asociado a una metodología de aprendizaje donde el alumno se conecta a un dispositivo electrónico de forma asíncrona y realiza el curso suministrado por la aplicación. De igual forma el curso cuenta con un material de apoyo que se encarga de explicar las actividades de evaluación tipo test que se realizan a través de cuestionarios, a cada estudiante que haga uso del aplicativo.

Modalidad: Virtual - Asíncrona

Estrategias pedagógicas: Se proyecta enseñar al estudiante, un aprendizaje que está orientado al desarrollo de actividades asíncronas que favorezcan una enseñanza autónoma y didáctica a quien use la aplicación. Es decir que el estudiante construye su propio conocimiento a partir de una interacción didáctica, cuya estrategia de aprendizaje será liderada por el aplicativo y el docente. Cabe señalar que este tipo de entornos virtuales de aprendizaje, permiten diseñar espacios de formación bajo enfoques metodológicos que son útiles para el conocimiento del estudiante, ya que son espacios de apoyo complementarios de una clase presencial.

Resultado de Aprendizaje

Competencia específica	Resultado de aprendizaje
------------------------	--------------------------

Adquirir las responsabilidades éticas y profesionales del odontólogo, ingeniero biomédico y personal asistencial en el contexto social, económico y ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer las necesidades de los sistemas prestadores de salud en su conformación, gestión y normativa.
Identificar, formular y resolver problemas complejos de la ingeniería biomédica, mediante la aplicación de los principios de la ingeniería, la ciencia y las matemáticas.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer las necesidades de los sistemas prestadores de salud en su conformación, gestión y normativa. • Identificar la tecnología biomédica apropiada para proponer soluciones en el sector salud.
Aplicar el diseño para producir soluciones tecnológicas que resuelvan problemas propios de la ingeniería biomédica y la odontología que se consideren del contexto social, económico y ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar los factores relevantes de un sistema biomédico. • Identificar las competencias mínimas que debe desarrollar el estudiante de odontología, ingeniería biomédica y personal asistencial, en la aplicación de los protocolos de bioseguridad requeridos dentro del cuarto de esterilización.
Adquirir las responsabilidades éticas y profesionales del odontólogo, ingeniero biomédico y personal asistencial en el contexto social, económico y ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar los factores relevantes de un sistema biomédico, aplicado en clínica odontológica. • Comportarse de manera profesional y ética en ambientes propios de la ingeniería biomédica y la odontología. • Identificar el papel de la Ingeniería Biomédica y la Odontología en el mundo actual, sus campos de aplicación e impacto social.
Colaborar efectivamente en equipos biomédicos (autoclave) que establezcan metas, planeen tareas y cumplan plazos y objetivos, establecidos como protocolos de bioseguridad.	<ul style="list-style-type: none"> • Comportarse de manera profesional y ética en ambientes propios de la ingeniería biomédica y la odontología.
Reconocer las oportunidades de emprendimiento disponibles mediante el ejercicio de la ingeniería biomédica y la Odontología.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar el papel de la Ingeniería Biomédica y de la Odontología en el mundo actual, sus campos de aplicación e impacto social.
Adquirir y aplicar nuevo conocimiento dentro del campo de la Odontología y la Ingeniería Biomédica	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar el papel de la Ingeniería Biomédica y la Odontología en el mundo actual, sus campos de aplicación e impacto social. • Identificar la tecnología biomédica apropiada para proponer soluciones en el sector salud.
Desarrollar y conducir experimentos y analizar datos, para extraer conclusiones con criterio ingenieril, aplicados en el campo de la Odontología.	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar protocolos que apoyen la gestión biomédica y la bioseguridad • Operar instrumentos y equipos en Ingeniería Biomédica, dentro de clínica odontológica. • Gestionar la tecnología biomédica acorde a la legislación en salud.

Criterios de evaluación

Momentos de evaluación (¿Cuándo evalúa?)	de se	Estrategia de evaluación (¿Cómo evaluar?)	de (¿Cómo evaluar?)	Conocimientos y objetivos a evaluar (¿Qué se evalúa?)	¿A través de qué se evalúa?
Unidad Uno (%)		Heteroevaluación (%)		Se evalúa la unidad a través de una pregunta relacionada con un tema en específico.	Se evalúa a través de un test tipo cuestionario de Google forms.

Unidad Dos (%)	Heteroevaluación (%)	Se evalúa la unidad a través de una pregunta relacionada con un tema en específico.	Se evalúa a través de un test tipo cuestionario de Google forms.
Unidad Tres (%)	Heteroevaluación (%)	Se evalúa la unidad a través de una pregunta relacionada con un tema en específico.	Se evalúa a través de un test tipo cuestionario de Google forms.

9. Anexos

9.1 Anexo 1 – Constancia respecto a la validación de los objetivos y contenidos planteados para la app por parte de la docente y coordinadora del programa de Odontología, Doc. Emilse Sánchez (área de odontología)

Figura 51.

Captura de pantalla de la constancia sobre la validación del contenido planteado en la app, otorgada por la Doc. Emilse Sánchez



Nota: Imagen tomada de la carta de constancia otorgada por la Doc. Emilse Sánchez - 2023.

9.2 Anexo 2 – Constancia respecto a la validación de los objetivos y contenidos planteados para la app por parte de la docente Ingrid Castaño (área ingeniería clínica)

Figura 52.

Captura de pantalla de la constancia sobre la validación del contenido planteado en la app, otorgada por la Ing. Ingrid Castaño

Popayán, 07 de junio de 2023

**Señores
Universidad Antonio Nariño
La Ciudad**

Asunto: Constancia de aceptación

Yo, Ingrid Lizeth Castaño Sánchez, en calidad de docente del área de Ingeniera Clínica del hospital Susana López de Valencia en Popayán - Cauca, ha llevado a cabo la revisión del prototipo y el contenido programático presentado en el proyecto "Implementación de un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) como Prototipo a través de Realidad Aumentada para la Manipulación de una Autoclave en Clínica Odontológica". En su evaluación, considere que las temáticas abordadas en el contenido programático son acordes a la realidad del proyecto, abarcando aspectos de Bioseguridad enfocados en la enseñanza del uso de una autoclave clase B durante un ciclo de esterilización en una clínica odontológica.

Se firma en la ciudad de Popayán a los 7 días del mes de junio de 2023.



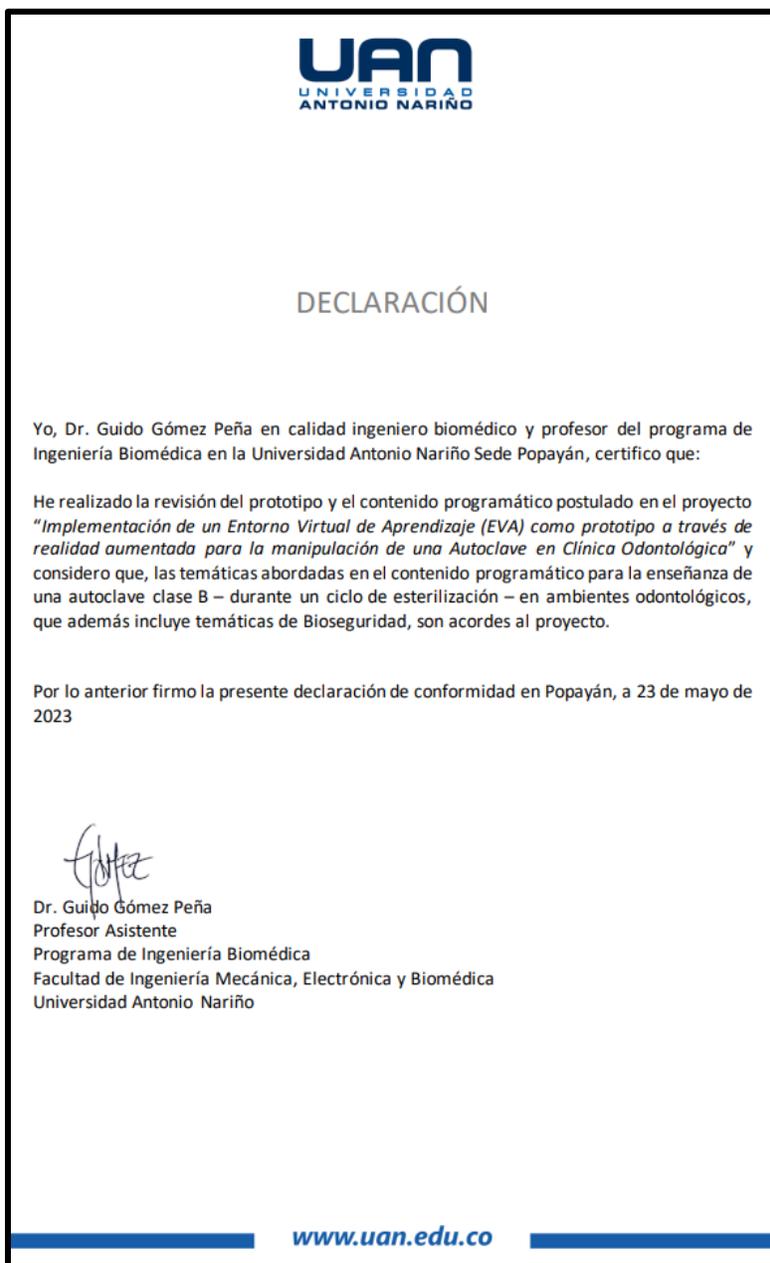
Ingrid Lizeth Castaño Sánchez
C.C. 1.061.756.857

Nota: Imagen tomada de la carta de constancia otorgada por la Ing. Ingrid Castaño - 2023.

9.3 Anexo 3 – Constancia respecto a la validación de los objetivos y contenidos planteados para la app por parte del docente Guido Gómez (área ingeniería biomédica)

Figura 53.

Captura de pantalla de la constancia sobre la validación del contenido planteado en la app, otorgada por el Ing. Guido Gómez

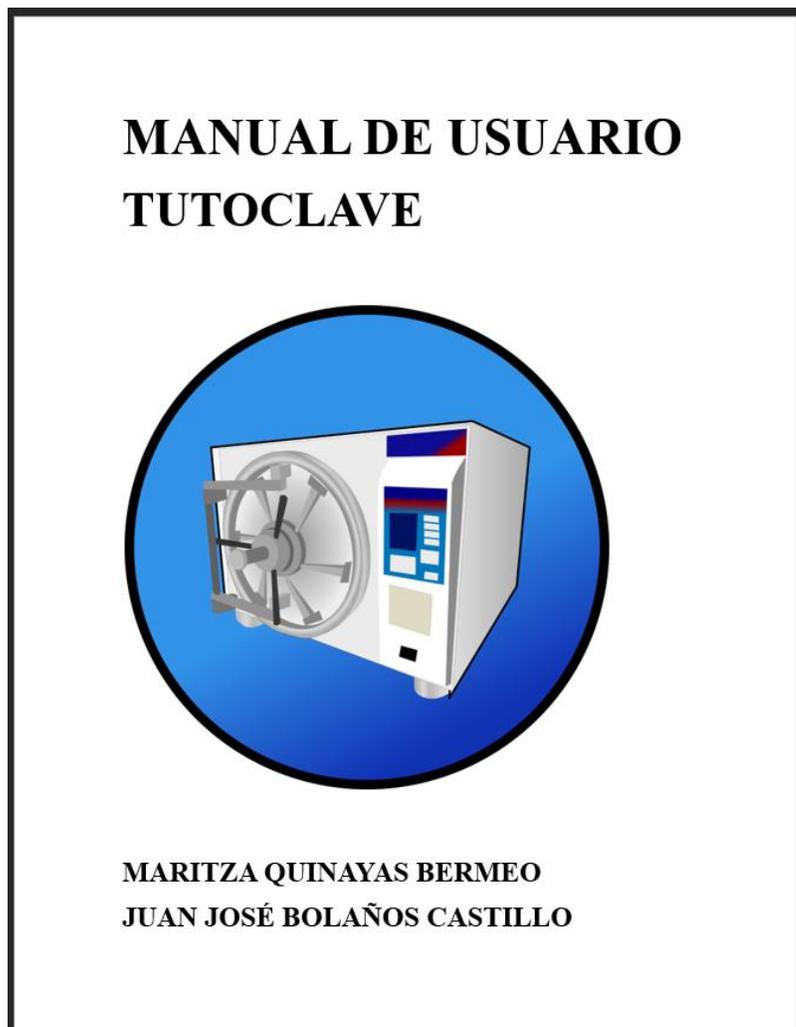


Nota: Imagen tomada de la carta de constancia otorgada por el Ing. Guido Gómez - 2023.

9.4 Anexo 4 – Manual de usuario

Figura 54.

Captura de pantalla de la portada del Manual de Usuario de la app.



Nota: Elaboración propia.

Referencias Bibliográficas

- AD: Alfabetización Digital. Realidad Aumentada, una innovación para el aula. (2018). España. [En sitio web: [alfabetizaciondigital](https://www.alfabetizaciondigital.redem.org/realidad-aumentada-una-innovacion-para-el-aula/#:~:text=NIVEL%201%3A%20Este%20nivel%20está,es%20necesario%20un%20patrón%20prefijado)]. Disponible en: <https://www.alfabetizaciondigital.redem.org/realidad-aumentada-una-innovacion-para-el-aula/#:~:text=NIVEL%201%3A%20Este%20nivel%20está,es%20necesario%20un%20patrón%20prefijado>
- ANTÓN SUMINISTROS DENTALES. (11 de marzo de 2020). Material de clínica - Partes de la autoclave. [En sitio web: Antón]. Disponible en: <https://www.antonl.es/blog/partes-del-autoclave/>
- ARIAS, DANIELA, et.al. Mejora de habilidades en la seguridad del paciente implementando una estrategia de entrenamiento en el personal asistencial. [En línea en: Revista de Ingeniería Biomédica]. Medellín. Universidad EIA-Universidad CES. Julio – Diciembre de 2016, vol.10.n.20, p. 22 – 25. Disponible en internet: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622016000200003
- ATLASSIAN: TRELLO, Unificación de tareas para trabajo en equipo. Copyright.2023. E.E.U.U. [En sitio web: Atlassian Trello]. Disponible en: <https://trello.com/b/cYCqFaHa/scrumb-trabajo-de-grado-maritza-juan>
- BERNAL ZAMORA, Leonardo & BALLESTEROS RICAUTE, Javier Antonio. Metodología para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje, apoyada en realidad aumentada. Universidad La Gran Colombia. Quindío. Colombia. 2017. Vol.13. Núm.1. En: Revista Sophia. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4137/413750022002/>
- BLENDER: La libertad de Crear. (2022). EE.UU. [En sitio web: Blender Foundation]. Disponible en: <https://www.blender.org/about/>
- CACHO LOPEZ, Miguel Ángel. Diseño e Implementación de un Prototipo de Objeto de Aprendizaje en Realidad Aumentada para Ambientes Educativos y Colaborativos. Universidad Autónoma de Bucaramanga. Facultad de Ingeniería. Maestría en Software Libre. Bogotá, D.C. 2018. 108p. Disponible en: https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/3435/2018_Tesis_Lopez_Cacho_Miguel_Angel.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CASTILLO HERRERA, Harley Andrés. Realidad Aumentada Implementada en Dispositivos Móviles Android al Estudio de la Anatomía Básica del Corazón. Universidad Autónoma de Bucaramanga. Facultad de Ingeniería de Sistemas. Bucaramanga. 2015. 150p. Disponible en: https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/3362/2015_Tesis_Harley_Andres_Herrera_Castillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CIENCIA ANALÍTICA TECNOLÓGICA. CROMTEK. (17 de febrero de 2021). Tipos de Autoclave para Esterilización del Laboratorio. Chile. [En línea]. Disponible en: <https://www.cromtek.cl/2021/02/17/tipos-de-autoclave-para-esterilizacion-el-laboratorio/#:~:text=1%20Por%20gravedad%3A%20En%20este,entrar%20el%20vapor%20de%20agua>
- CORTÉS CASTAÑO, Laura Catalina; JARAMILLO FRANCO, Manuela; BUENO PULIDO, Nathalia; YEPES, Ángela María; ACEVEDO OSORIO, Germán Oved. Aplicativo Móvil de Realidad Aumentada para Mejorar el Aprendizaje de los Estudiantes de Instrumentación Quirúrgica, 2020. Cuaderno de Investigaciones - Semilleros Andina. En: revista AREANDINA. [En línea]. Fundación Universitaria del Área Andina. Nro.13. Vol.13.

2020. [Consultado:25 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://revia.areandina.edu.co/index.php/vbn/article/view/1747>
- COVACEVICH Catalina. Cómo seleccionar un instrumento para evaluar aprendizajes estudiantiles. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Educación (SCL/EDU). Nota Técnica # IDB-TN-738. Diciembre 2014. 45 p. En: Revista Virtual IDB (Inter-American Development Bank). [En línea]. [citado el 29 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Cómo-seleccionar-un-instrumento-para-evaluar-aprendizajes-estudiantiles.pdf>
- DENTAL X-Ray. S.A.S. Manual de Operación – Autoclave Automat. Colombia. Versión 1. (14 de agosto de 2013). [En sitio web: docplayer.es]. Disponible en: <https://docplayer.es/49998769-Autoclave-automat-by-dental-x-ray.html>
- EDITORIAL Hospimedica (16 de junio 2022). Primer sistema de navegación quirúrgica de realidad aumentada 3D completamente inmersivo para cirugía de columna de precisión. España. [En línea]. Disponible en: <https://www.hospimedica.es/tecnicas-quirurgicas/articulos/294793472/primer-sistema-de-navegacion-quirurgica-de-realidad-aumentada-3d-completamente-inmersivo-para-cirugia-de-columna-de-precision.html>
- EQUIPOS y LABORATORIOS DE COLOMBIA. Artículos Portal Web. (5 de mayo de 2020). Métodos de esterilización en el laboratorio químico. Colombia. [En sitio web: Equipos Y Laboratorios]. Disponible en: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articuloampliado/mEtodos-de-esterilizaciOn-en-el-laboratorio-quImico>
- Euronda Identityd. Identityd. (13 de mayo de 2022). Partes de la autoclave y sus funciones. España. [En sitio web: Identityd]. Disponible en: <https://identityd.com/partes-autoclave/>
- FERRER TORREGROSA, Javier. Principios Básicos En Anatomía De La Pierna Y El Pie. Aprende Anatomía Con Realidad Aumentada. (2013). AR-Books.com. [En línea]. Disponible en: https://www.ar-books.com/interior-php_contenido_libro_id_5.html
- FISAUDE: Especialistas en Salud y Deporte. Autoclave: Tipos de Carga. (2020). España. [En línea]. Disponible en: <https://tienda.fisaude.com/files/Clases%20Autoclaves%20y%20Tipos%20de%20Carga%20Fisaude.pdf>
- FLOREZ GONZÁLEZ, Hermes; CHAPARRO PORRAS, Alirio Leonardo; GONZÁLEZ GARCÍA, Juan Diego; PUERTO BOADA, Angela Isabel. Metodología para Realizar Terapia de Lenguaje Utilizando Plataforma Tecnológica con Realidad Aumentada, Aplicación Móvil y Web. Matrix Software Limitada. p.4. Superintendencia de Industria y Comercio. Colombia. Bogotá, 31 de mayo 2022. [En línea]. Disponible en: <https://sipi.sic.gov.co/sipi/Extra/IP/Mutual/Browse.aspx?sid=638114919342661368>
- GOOGLE FORMS. Formularios y Encuestas en línea fácilmente, para el análisis de respuestas en tiempo real. (2023). Colombia. [En sitio web: Google Forms]. Disponible en: <https://www.google.com/intl/es-419/forms/about/>
- GUTIERREZ GARCÍA, Juliana & PASTRANA MAVESY, María Camila. Diseño de herramientas que contribuyan al proceso de capacitación en el uso seguro de equipos biomédicos de la clínica Nuestra Señora de los Remedios. Pasantía para Optar al Título de Ingeniero Biomédico. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería. Departamento de Automática y Electrónica. Programa de Ingeniería Biomédica. Santiago de Cali. 2018. 80p. [Consultado el 08 de julio de 2021]. Disponible en:

- <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10641/T08301.pdf?sequence=11&isAllowed=y>
- HARMONY INTERNET LIMITED. DAQRI. GARCIA TUREGANO, Juan Carlos. The Brain in 3D. Artículo publicado en: AAP. Anatomía Aplicada. BIG: Biología y Geología. BIG IV: Las Personas y la Salud. Promoción de Salud. BIL: Biología Humana III. 24 de enero de 2015. En: Sitio Web Gobierno de Canarias. Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes. [En línea]. [citado el 11 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoescuela/recursosdigitales/2015/01/24/the-brain-in-3d/>
- INKSCAPE. (2023). Inkscape Draw Freerly. E.E.U.U. [En sitio web: Inkscape]. Disponible en: <https://inkscape.org/>
- INNOVAE. (2022). Realidad aumentada. ¿Qué es la realidad aumentada? EE.UU. [En línea]. Disponible en: <https://www.innovae.eu/la-realidad-aumentada/>
- INSTITUTO NACIONAL DEL CÁNCER. (2020). Autoclave. EE.UU. [En línea]. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/autoclave>
- KDENLIVE. Editor de video y código gratuito. E.E.U.U.(2023) [En sitio web: kdenlive]. Disponible en: <https://kdenlive.org/es/>
- LAURENS ARREDONDO; Luis Alberto. Realidad Aumentada Móvil: Una estrategia pedagógica en el ámbito universitario. Universidad Católica del Maule, Chile. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, vol. 43, núm. 3, pp. 142-149, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6057/605766264005/html/>
- LÓPEZ Rayón; LEDESMA Saucedo & ESCALERA Escajeda. Ambientes Virtuales de Aprendizaje. Instituto Técnico Profesional. México. 2019. [Consultado el 10 de abril de 2021]. Disponible en: http://investigacion.ilce.edu.mx/panel_control/doc/Rayon_Parra.pdf
- LUCIDCHART. ¿Qué es el Lenguaje Unificado de Modelado UML? UML y su función en el modelado y diseño orientados a objetos. [En línea]. Lucid Software Inc. 2021. [citado el 20 de agosto de 2021]. Disponible en Internet: <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-el-lenguaje-unificado-de-modelado-uml>
- MARTINEZ MORENO, Nohelia Margarita; OLIVENCIA LEIVA, Juan José; TERRÓN MATAS, Antonio. Herramientas de Realidad Aumentada para la Enseñanza Superior en el Área de la Medicina. Revista Educativa Hekademos. Aportaciones Arbitradas. Universidad de Málaga. España. 21 de diciembre de 2016. 15p. [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/maryq/Downloads/Dialnet-HerramientasDeRealidadAumentadaParaLaEnsenanzaSupe-6280721.pdf>
- MATTOSAURUS. CERTOCLAY. (4 de agosto de 2009). ¿Cómo funciona una autoclave de vapor? España. [En sitio web: CertoClav]. Disponible en: <https://certo.clav.com/es/como-funciona-un-autoclave-de-vapor/>
- MINISTERIO DE ASUNTOS ECONÓMICOS Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL. Gobierno de España. Secretaria de Estado de Legislación e Inteligencia Artificial. (05 de mayo de 2022). 11 librerías para Crear Visualizaciones de Datos. España. [En sitio web: datos.gob.es]. Disponible en: <https://datos.gob.es/es/blog/11-librerias-para-crear-visualizaciones-de-datos#:~:text=Las%20librerías%20de%20programación%20son,resueltas%20previamente%20por%20otros%20programadores>
- MINISTERIO DE SALUD DE COLOMBIA. Manual de Buenas Prácticas de Esterilización para Prestadores de Servicios de Salud. Resolución 2183 de 2004. (2004). Bogotá, Colombia.

- [En sitio web: [minsalud.gov.co](https://www.minsalud.gov.co)]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resolucion-2183-de-2004.pdf>
- MORENO FUENTES, Elena & PÉREZ GARCÍA, Álvaro. La realidad aumentada como recurso didáctico para los futuros maestros. *Revista Científica Electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento: Etic@Net*, Vol. 1, No.17, (2017) 42-59. [Publicación en Línea]. Disponible en: <https://revistaseug.ugr.es/index.php/eticanet/article/view/11914/9803>
- MORENO MARTINEZ, Noelia Margarita; FRANCO MARISCAL Rosario; FRANCOMARISCAL, Antonio Joaquín. Realidad aumentada en química: Experiencia en educación secundaria a través de Elements 4D. Artículo publicado en: *Journal of Science Education*. p. 71-94. Num. 2. Vol 19. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Málaga. Málaga. España. 2018. [En línea]. [citado el 10 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://chinakxjy.com/downloads/V19-2018-2/V19-2018-2-5.pdf>
- MORENO MARTINEZ, Noelia Margarita; OLIVENCIA LEIVA Juan José; TERRÓN MATAS Antonio. Herramientas de Realidad Aumentada para la Enseñanza Superior en el Área de Medicina. *Anatomy 4D*. p.8. *Revista Educativa Hekademos*. Vol. 21. Año IX. Diciembre 2016. [En línea]. Universidad de Málaga. España. Disponible en <http://www.hekademos.com/hekademos/media/articulos/21/02.pdf>
- OCAÑA POVEDA, Héctor Fabián. Desarrollo de una Aplicación de Realidad Aumentada y Visión Artificial para el Mantenimiento de Ventiladores Mecánicos. Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de Magíster en Electrónica y Automatización, Mención Control de Procesos. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Ambato, Ecuador 2022. 67p. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/35318/1/t2019meat.pdf>
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (Suiza). Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos [En línea]. Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos. 2012. [Consultado: el 19 de marzo de 2021]. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44830/9789243501536_spa.pdf;jsessionid=B53FDD60C2DD87736B43135828A2ABB0?sequence=1
- ORTIZ LOBOA, Dahiana. Ingeniera Biomédica. Diseño de un Programa de Capacitación en el uso seguro de Equipos Médicos para el personal de salud de la Fundación Clínica Valle de LILI. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería Departamento de Automática y Electrónica. Programa de Ingeniería Biomédica. Santiago de Cali. 2016. [Consultado el 30 de junio de 2021]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/9555/1/T07225.pdf>
- ORTIZ RANGEL, Carlos Enrique. Realidad Aumentada en Medicina. *Revista Scielo*. Colombia. 2011. Vol.18. Núm.1. En: *Revista Colombiana de Cardiología*. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56332011000100002
- PAZMIÑO GUERRERO, Bairon Alejandro; LLANOS RODRIGUEZ, María Luisa. Desarrollo de un Programa de Capacitación Virtual en el Uso Seguro de Equipos Biomédicos de Alto Impacto para el Personal de Salud de la Fundación Valle de Lili. Pasantía Institucional para optar al Título de Ingeniero Biomédico. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería. Departamento de Automática y Electrónica. Programa de Ingeniería Biomédica. Santiago de Cali. 2019. 85 p. [Consultado: EL 25 de junio de 2021]. Disponible en:

- <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11894/T08862.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- PERICO MARTÍN, Juana Yadira & SUAN GARIBELLO, Bernardo. Experiencia Pedagógica para la Biomecánica Mediada por Software en Escuelas de Ingeniería Biomecánica. *Revista Virtu@lmente*, 7(2), 9-26. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/vir/article/view/2465/1998>
- PIXABAY. Efectos de sonido sin regalías. Google Privacy. (2023). [En sitio web: px]. Disponible en: <https://pixabay.com/es/sound-effects/>
- QUINTERO REYES, Ányelo Gerley. Realidad Aumentada como Estrategia Pedagógica en Ambientes Virtuales de Aprendizaje en Educación a Distancia. IV Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad en Educación a Distancia. *Revista EduQ@2012*. [En Línea]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Acacias, Colombia. Disponible en: http://eduqa2012.eduqa.net/eduqa2012/images/ponencias/eje3/3_10_QUINTERO_Anyelo_Realidad_Aumentada_como_estrategia_Pedagogica_en_Ambientes_Virtuales_de_Aprendizaje_en_Educacion_a_Distancia.pdf
- QUIROZ SILVA Juan; SERRANO FERNANDEZ Elio; CAVICERES ASTUDILLO Andrea. Un modelo para el diseño de entornos virtuales de aprendizaje centrados en las E-actividades. *Nuevas Ideas en la Informática Educativa TISE 2015*. Facultad de Ingenierías. Universidad Santiago de Chile. Las Sophoras 175. Santiago, Chile. 2015. 6p. [Citado el 19 de agosto de 2021]. Disponible en: <http://www.tise.cl/volumen11/TISE2015/650-655.pdf>
- QRCodeMonkey. El generador de QR gratuito. QRcode Monkey API. [En sitio web: QRCodeMonkey]. España. (2023). Disponible en: <https://www.qrcode-monkey.com/es/>
- RESTREPO HERNÁNDEZ, Yohana Eli. La Importancia de las Guías Rápidas de Equipos Biomédicos para los Tecnólogos de LOGENSA. *Mantenimiento en Equipos Biomédicos*. Instituto Tecnológico Metropolitano. Institución Universitaria. Facultad de Ciencias Exactas. Medellín. 2016. 47p. [Consultado el 08 de junio de 2021]. Disponible en: https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/4385/Rep_ITM_pre_Hernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SALAZAR VALENCIA, Martín; CORREA, Juan Manuel; SÁNCHEZ, Mario; CARDONA CARMONA, Danilo. Aplicación Móvil para el Mantenimiento de Equipo Biomédico BIOAXI. Grupo de investigación EAYER Centro de automatización Industrial, Sena Regional Caldas. En: *Revista SENNOVA Sistema de Investigación Aplicada, Desarrollo Tecnológico e Innovación del Sena*. [En línea]. SENA Regional Caldas. Vol.1. Desarrollo de Proyectos de Orden Regional. Resúmenes Terminados. ISBN – 978-958-56977-3-7. 2018. 22 p. [Consultado: el 22 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/227080112.pdf#page=22>
- SÁNCHEZ PORTUONDO, Carmen; RODRIGUEZ ÁLVARES, Yadira. Entornos virtuales de aprendizaje. *Curso regional sobre equipos médicos*. Edumed Holguín 2018. VII Jornada Científica de la SOCECS. 2018. [Consultado: el 15 de marzo de 2021]. Disponible en: <http://edumess2018.sld.cu/index.php/edumess/2018/paper/viewFile/53/42>
- SANTOVEÑA CASAL María Sonia; *Metodología Didáctica en Entornos Virtuales de Aprendizaje*. Ediciones Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Granada. España. (2016). Publicación en Línea. Vol.3. En: *Revista Etic@net*. Disponible en: https://www.ugr.es/~sevimeco/revistaeticanet/Numero3/Articulos/Formateados/metodologia_didactica.pdf

- SINICKI, Adam. Android Authority. (20 de marzo de 2021). ¿What is Unity? Everything you have to know.. EE.UU. [En sitio web: ANDROID AUTHORITY]. Disponible en: <https://www.androidauthority.com/what-is-unity-1131558/>
- SUAZA CABALLERO, Rubén Darío. Procesos Críticos Asociados a la Implementación del Programa Institucional de Tecnovigilancia en las IPS Vinculadas al Colegio Colombiano de Ingeniería Clínica. Pasantía para optar al Título de Ingeniero Biomédico. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería. Departamento de Automática y Electrónica. Programa de Ingeniería Biomédica. Santiago de Cali. 2020. 79p. [Consultado el 18 de junio de 2021]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/12298/T09127.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- SUÁREZ GUERRERO, Cristóbal. Los Entornos Virtuales de Aprendizaje como Instrumento de mediación. Ediciones Universidad de Salamanca. España. 2014. Vol.10. Núm. 18. En: Revista Virtual de Investigación UNMSM. [En línea]. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/educa/article/view/3776>
- VISUAL STUDIO CODE. Editor de código gratuito. By using VS Code you agree to its license and privacy statement. (2023). [En sitio web: Visual Studio Code]. Disponible en: <https://code.visualstudio.com>
- VUFORIA: Conceptos Importantes a cerca del Funcionamiento. (2019). [En sitio web: Unity Documentation]. Disponible en: <https://docs.unity3d.com/es/2019.2/Manual/vuforia-sdk-overview.html>
- VUFORIA: Funcionamiento de marcadores. (2019). EE.UU. [En sitio web: Unity Documentation]. Disponible en: <https://docs.unity3d.com/es/2019.2/Manual/vuforia-sdk-overview.html>