

**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA VISUALIZAR RESONANCIAS
CEREBRALES EN 3D Y REALIDAD AUMENTADA**
**DEVELOPMENT OF A MOBILE APP TO VIEW BRAIN RESONANCE IMAGING IN 3D
AND AUGMENTED REALITY**

Autores: ¹Danny Steven Solano Arpi, ²Robinson Josué Barbecho Pineda y ³Jheyson Steven Gaona Pineda.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-0766-5619>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-3197-5446>

³ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8278-3584>

¹E-mail de contacto: danny.solano.62@est.ucacue.edu.ec

²E-mail de contacto: robinson.barbecho.61@est.ucacue.edu.ec

³E-mail de contacto: jheyson.gaona@ucacue.edu.ec

Afiliación: ^{1*2*3*}Universidad Católica de Cuenca, (Ecuador).

Artículo recibido: 10 de Agosto del 2025

Artículo revisado: 14 de Agosto del 2025

Artículo aprobado: 23 de Agosto del 2025

¹Estudiante de último año de la Carrera de Software de la Universidad Católica de Cuenca, (Ecuador).

²Estudiante de último año de la carrera de software de la Universidad Católica de Cuenca, (Ecuador).

³Técnico de Laboratorio en el XR Laboratorio del Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología (ICCIT), donde posteriormente asumió el cargo de coordinador. Es docente en la Carrera de Realidad Virtual y Videojuegos, así como en Sistemas Biomédicos y Software de la ICCIT, especializado en el desarrollo y aplicación de tecnologías inmersivas para educación, investigación e industria.

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo la creación de una aplicación móvil capaz de visualizar de manera tridimensional resonancias magnéticas cerebrales mediante un entorno de realidad aumentada. El principal propósito principal es evaluar la viabilidad del desarrollo en el diagnóstico médico y en la planificación de intervenciones quirúrgicas cerebrales. El estudio abarca el diseño y la implementación de la aplicación, complementado por un análisis de su usabilidad y de su impacto entre distintas agrupaciones de usuarios médicos, incluidos estudiantes y especialistas. Adopta una metodología centrada en el usuario, lo que permite integrar varias tecnologías coherentes con los objetivos iniciales. Tras completar el desarrollo, se diseñó un estudio exploratorio en el que un grupo de usuarios de prueba interactuó con la aplicación y, mediante encuestas estructuradas, aportó datos sobre la utilidad percibida, la facilidad de uso y el impacto previsto en contextos médicos. Los resultados indicaron un elevado grado de aceptación, subrayando la nitidez en la representación de las estructuras cerebrales y el

potencial de la herramienta como soporte en la toma de decisiones médicas. En base en los datos analizados, la aplicación desarrollada tiene el potencial de optimizar los procedimientos diagnósticos de asistir de forma precisa la planificación quirúrgica y de enriquecer la formación teórica-práctica de los profesionales dedicados a la neurociencia.

Palabras clave: Resonancia magnética cerebral, Aplicación móvil, Decisiones médicas, Planificación quirúrgica, Neurociencia.

Abstract

The principal aim of this study was to develop a mobile application that allows for the three-dimensional visualization of brain magnetic resonance imaging (MRI) scans within an augmented reality environment, in order to assess its applicability in medical diagnosis and the planning of brain surgeries. The scope of the project included the design and development of the mobile application, as well as the evaluation of its usability and impact on different potential users in the medical field, including students and professionals. A user-centered methodology was adopted throughout the development process, integrating various

technologies such as 3D modeling, image processing, and augmented reality to meet the application's objectives. Following development, an exploratory study was conducted involving trial users who interacted with the application and completed structured surveys. These surveys were aimed at measuring perceived usefulness, ease of use, and the potential impact of the tool in both clinical and academic settings. The results revealed high acceptance among users, who emphasized the clarity in visualizing brain structures and the application's potential as a decision-support tool in clinical environments. Based on these findings, it is concluded that the application can significantly contribute to improving diagnostic accuracy, facilitate surgical planning, and enhance the academic training of future medical professionals specializing in neuroscience and related areas.

Keywords: Brain MRI scans, Mobile application, Medical decision-making, Surgical planning, Neuroscience.

Sumário

O objetivo deste estudo foi desenvolver um aplicativo móvel que permita a visualização tridimensional de imagens de ressonância magnética cerebral em um ambiente de realidade aumentada, com o propósito de avaliar sua aplicabilidade no diagnóstico médico e no planejamento de cirurgias cerebrais. O escopo do projeto incluiu o design e desenvolvimento do aplicativo móvel, bem como a avaliação de sua usabilidade e impacto em diferentes usuários potenciais da área médica, como estudantes e profissionais. Durante o processo de desenvolvimento, foi adotada uma metodologia centrada no usuário, integrando diversas tecnologias, como modelagem 3D, processamento de imagens médicas e realidade aumentada, a fim de cumprir os objetivos propostos. Após a fase de desenvolvimento, foi realizado um estudo exploratório com usuários de teste, que interagiram com o aplicativo e responderam a questionários estruturados. Esses questionários tinham como objetivo medir a utilidade percebida, a facilidade de uso e o impacto

potencial da ferramenta em contextos clínicos e acadêmicos. Os resultados revelaram uma alta aceitação por parte dos usuários, destacando a clareza na visualização das estruturas cerebrais e o potencial do aplicativo como ferramenta de apoio à tomada de decisões clínicas. Com base nesses resultados, concluiu-se que o aplicativo pode contribuir significativamente para melhorar os processos de diagnóstico, facilitar o planejamento cirúrgico e reforçar a formação acadêmica de profissionais da neurociência.

Palavras-chave: Ressonâncias magnéticas cerebrais, Aplicativo móvel, Decisões médicas, Planejamento cirúrgico, Neurociência.

Introducción

Actualmente, el creciente uso de nuevas tecnologías como la inteligencia artificial (IA), está transformando significativamente el campo de la medicina y la educación (Prunskis, 2025), y la realidad aumentada (RA) también ha transformado significativamente la manera en que se desarrollan actividades en diversas industrias (Hawkridge, 2026), y el sector médico no es la excepción. En la actualidad se ha incluido nuevas tecnologías que fusionan el mundo real con el mundo virtual en diferentes campos de la medicina, específicamente en el campo de la radiología, buscando comprender aspectos críticos al momento de interpretar correctamente imágenes de resonancias médicas para planificar intervenciones y brindar diagnósticos al paciente de alta calidad (Paulson, 2025). En estos últimos años, diversos estudios sugieren que la realidad aumentada en la medicina, acompañada de representaciones tridimensionales de objetos tradicionalmente mostrados en dos dimensiones ayudaron notablemente a comprender la percepción espacial e interpretación anatómica de las diferentes estructuras del cuerpo humano, como son las imágenes médicas de un cerebro. El desarrollo de nuevas aplicaciones ofrecen una

ventaja considerable para mejorar los diagnósticos médicos y también la formación académica en áreas específicas como es la neurociencia.

Contar con una representación 3D interactiva del cerebro mejora la comprensión de la anatomía, relaciones espaciales y posibles alteraciones patológicas. Estos aplicativos permiten no solo visualizar estructuras complejas, sino también permite manipularlas en tiempo real incrementando la capacidad de análisis y mejorando la retención del conocimiento. Asimismo, dar la posibilidad de acceder a este tipo de tecnologías desde dispositivos móviles logra ampliar significativamente la aplicabilidad, eliminar la dependencia de laboratorios especializados, contribuir al cierre de brechas tecnológicas y educativas, además haciendo posible que tanto profesionales como estudiantes se beneficien. En un artículo publicado por (Ivanov, 2021), desarrollaron un sistema de RA que proyecta hologramas de estructuras cerebrales, facilitando la planificación quirúrgica y reduciendo la invasividad del procedimiento.

Najafi (2024) menciona que, Breamy es una aplicación móvil de salud (mHealth) basada en AR diseñada para asistir en la toma de decisiones quirúrgicas en casos de cáncer de mama, además los hallazgos sugieren que mejora la confianza de las pacientes y reduce la ansiedad y el arrepentimiento postoperatorio. Por otro lado, una revisión sistemática Bui (2024) titulada "Virtual, Augmented, and Mixed Reality Applications for Surgical Rehearsal, Operative Execution, and Patient Education in Spine Surgery" examinó en profundidad el uso de tecnologías de realidad virtual, aumentada y mixta en cirugía de columna, se realizó estudio siguiendo rigurosamente las directrices PRISMA,

explorando las bases de datos PubMed y Scopus, los estudios incluidos en este escaneo se compusieron de entornos artificiales, casos clínicos individuales y se destacaron especialmente las aplicaciones de enseñanza mediante superposiciones holográficas y la implementación en procedimientos como la colocación de tornillos pediculares. Así mismo, investigaciones como la de Alim (2024) revelan que los entornos de realidad aumentada en dispositivos móviles aumentan la retención del aprendizaje en estudiantes de medicina, al tiempo que mejoran la experiencia de aprendizaje sin comprometer los resultados académicos.

Con base a este contexto, se desarrolló una aplicación móvil que permite la visualización de imágenes médicas complejas centrando su propósito en el campo de la neurocirugía y en la enseñanza de la neurociencia con el objetivo de facilitar el diagnóstico a los profesionales de la salud. El enfoque principal radica en la reconstrucción tridimensional del escaneo cerebral de un paciente, el cual se superpone en tiempo real sobre la cabeza de este mediante algoritmos avanzados de reconocimiento facial (Balcerzak, 2024), que buscan ayudar al médico a facilitar la comprensión espacial del cerebro y mejorar la toma de decisiones. Por lo tanto, es fundamental que las herramientas desarrolladas no solo ofrezcan una representación precisa de las estructuras cerebrales, sino que también sean accesibles, intuitivas y eficientes en su desempeño, por eso la integración de tecnologías de visualización 3D en dispositivos móviles permite ampliar el alcance de estas soluciones, brindando soporte tanto en ambientes clínicos como en actividades de formación médica.

Para estar en concordancia con la evidencia recopilada, la aplicación diseñada en esta

investigación fue sometida a una valoración exploratoria que incluyó a miembros del ámbito médico y educativo, entre ellos, ejerciendo y de últimos ciclos ,y profesionales de la salud quienes realizaron interacciones con la solución y al finalizar respondieron cuestionarios, que indicaron un elevado índice de aceptación, resaltando la utilidad percibida, la usabilidad y el impacto probable en el apoyo de los diagnósticos médicos y en la formación académica. En función de los resultados obtenidos, esta investigación representa un aporte significativo en la integración de tecnologías inmersivas dentro del entorno médico y educativo. Además de demostrar la viabilidad de proyectos en realidad aumentada aplicada a la medicina, esta propuesta abre nuevas posibilidades para el desarrollo de más soluciones accesibles que apoyen tanto la atención médica especializada como la enseñanza avanzada en diferentes áreas.

Materiales y Métodos

Este artículo expone el diseño, la implementación y la evaluación de una aplicación móvil. Para el desarrollo del aplicativo se empleó la metodología de Desarrollo Centrado en el Usuario (DCU), lo que permitió cubrir las necesidades de los usuarios finales (Govindarajan, 2025), en este caso, estudiantes y profesionales del ámbito de la salud avanzado, sino que también sea verdaderamente utilizable. El proceso adoptó las etapas clásicas del DCU: descubrimiento, definición, desarrollo y validación inicial (Tang, 2025). En la fase inicial de descubrimiento, se llevaron a cabo entrevistas exploratorias con estudiantes de medicina y profesionales de la salud de la ciudad, lo que permitió identificar dificultades que poseen los médicos en la percepción de las estructuras anatómicas cerebrales que se extraen de las imágenes de resonancias tradicionales. En base a estos resultados, en la etapa de definición, se elaboraron los requisitos no funcionales y funcionales, entre los requisitos funcionales destacados se señaló mejorar la comprensión espacial de las resonancias magnéticas cerebrales.

El desarrollo de la aplicación se basó en el motor de videojuegos Unity, un entorno reconocido en el ámbito de la creación de experiencias interactivas (Mantelli, 2023) tanto en realidad aumentada como en realidad virtual, también posee una versatilidad que abarca una extensa gama de dispositivos móviles y de escritorio. Unity ofrece un entorno de desarrollo integrado con un motor gráfico y herramientas avanzadas para el manejo de animaciones, físicas y visualización 3D (Kim, 2021). La elección de Unity respondió tanto a sus capacidades técnicas como a su flexibilidad para adaptarse a los requerimientos funcionales del proyecto.

La realidad aumentada permite superponer elementos digitales sobre el entorno físico, a través de la cámara del dispositivo, esta tecnología ayuda al usuario a estar en contacto con el mundo real, pero enriquecido con información visual digital, lo que ayuda a mejorar la comprensión de contenidos complejos, como las estructuras cerebrales (Ntantamis, 2025). Para la incorporación de la funcionalidad de realidad aumentada, se implementó el paquete AR Foundation, que actúa como un enlace entre el editor de Unity y las APIs de AR para Android (Poddar, 2025), además de desempeñar una función crucial al ser usado como un "cámara feeder" que transmite los fotogramas en tiempo real al algoritmo de visión computacional, desarrollado en OpenCV, una biblioteca desarrollada por Intel de código abierto que agrega la funcionalidad de visión por computadora, encargado de la detección y el seguimiento facial en tiempo real, garantizando el superposicionamiento preciso de los diferentes objetos virtuales (Srinivasan, 2024), en este caso el objeto generado del cerebro en 3D sobre la cabeza del paciente.

A partir de datos obtenidos de imágenes médicas en formatos DICOM y NIfTI, se generó un objeto tridimensional del cerebro mediante técnicas de Direct Volume Rendering (DVR) (Cetinsaya, 2022), el proceso comenzó con la carga y conversión de los archivos a una

representación tridimensional en forma de una cuadrícula volumétrica de pequeños elementos cúbicos (vóxeles) que representan la anatomía cerebral en un volumen tridimensional, una vez listo el volumen fue colocado en Unity a través de un shader DVR (Choi, 2024), que permite renderizar un objeto 3D y permitir la exploración interactiva e inmersiva en entornos de realidad mixta. Dado que este proceso tiene un gran impacto en la capacidad de procesamiento del dispositivo, se implementaron estrategias de optimización para garantizar un rendimiento fluido sin sacrificar calidad visual de la representación, una de las principales soluciones fue la incorporación de funciones de transferencia (Transfer Functions, TF), que permiten configurar propiedades del volumen, como los atributos visuales como el color y la opacidad.

Estas funciones de transferencia son procesadas dentro del entorno de Unity, donde se convirtieron en texturas dimensionales que actúan como guías visuales para renderizar el volumen de manera eficiente (Xu, 2025). Este enfoque permite al motor ajustar dinámicamente los valores visuales en tiempo real, optimizando la carga computacional, y la memoria mediante técnicas de interpolación, renderizado por GPU y acceso directo a los buffers de textura. Adicionalmente, se configuró el Universal Render Pipeline (URP) dentro del entorno de desarrollo de Unity, con el objetivo de mejorar la eficiencia del renderizado en tiempo real (Dyulichева, 2021). Esta configuración permitió mejorar el proceso de renderizado, facilitando la utilización de shaders optimizados, reducción del costo gráfico y una mejor adaptación a las capacidades específicas de cada dispositivo móvil, contribuyendo así a una experiencia visual más fluida y estable. En la etapa final para evaluar la aplicación, se realizó un estudio exploratorio con un enfoque cuantitativo y un alcance descriptivo, para ello se diseñó una encuesta para la recolección de respuestas de los usuarios, la cual fue creada y gestionada mediante Google Forms (<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLS>

fOKO72vxKErDNv-OO1jGyvas_d11KmKYm1MkrzelG-egnyQg/viewform). Con el objetivo de captar diversos aspectos como la experiencia de uso, la usabilidad, el nivel de satisfacción, y puntos de mejora, se desarrollaron preguntas clave para obtener la información necesaria, además de incluir una introducción de carácter informativo y ético, que describía el propósito del estudio y solicitaba el consentimiento informado de los participantes.

La investigación se fundamenta en una población de 15 individuos, entre ellos, estudiantes universitarios de últimos ciclos y por profesionales del ámbito de la salud, todos siendo residentes de la ciudad de Cuenca, Ecuador o alrededores, también se establecieron los criterios de inclusión al momento de aplicar la encuesta, como son: haber recibido formación o poseer experiencia en disciplinas de la medicina o de las ciencias de la salud; residir en Cuenca o alrededores; disponer de un dispositivo móvil con Android 13 o superior con acceso a Internet; y haber proporcionado el consentimiento informado correspondiente, además se definieron criterios de exclusión, como son: la falta de coincidencia con el perfil determinado, la participación fue voluntaria y se respetó el anonimato, asegurando la confidencialidad de la información recogida, conforme a la recomendación de (Candeira, 2025). Los datos recolectados fueron sometidos a un tratamiento estadístico descriptivo, que permitieron caracterizar cada respuesta, complementándose con gráficos de barras y pastel que facilitaron la lectura de las tendencias globales, además, se llevó a cabo un análisis de tabla de contingencia que cruzó el estatus del encuestado (estudiante o profesional) con la valoración de la utilidad médica percibida, con el objetivo de detectar patrones que pudieran diferenciar la receptividad y posible recomendación de cada grupo hacia la aplicación. Esta estrategia analítica permitió evaluar preliminarmente la factibilidad, aceptación, usabilidad e impacto anticipado de la aplicación diseñada, además de recoger

comentarios cualitativos que serán valiosos para futuras iteraciones y mejoras del desarrollo.

Resultados y Discusión

Una vez determinado los diferentes requisitos y necesidades de la aplicación se desarrollaron diferentes pantallas basadas en los requerimientos, y se detallan a continuación. Como primer punto del aplicativo se desarrolló una pantalla “File explorer view” (ver figura 1) para permitir al usuario explorar los archivos de su dispositivo móvil para seleccionarlos y cargarlos a la aplicación que facilitan el acceso a carpetas comunes, agilizan el proceso de selección y permiten la subida de archivos a la aplicación. Esta pantalla muestra la ruta activa en la barra de navegación, lo que permite verificar la ubicación del archivo antes de enviarlo, y admite formatos DICOM y NIFTI correspondientes a archivos médicos de resonancias magnéticas, para posteriormente cargarlos y visualizarlos en la pantalla “AR View”.



Figura 1. Pantalla para la subida de archivos médicos

Otro punto que desarrollamos fue la pantalla “Recents view” (ver figura 2) para permitir a los

usuarios visualizar e interactuar con los archivos previamente cargados a la aplicación, mostrando en una colección de tarjetas los datos relevantes de cada archivo, como su nombre y fecha de último uso, para facilitar su identificación y posterior uso, los archivos se organizan según el orden de manipulación, y desde esta vista también es posible acceder a funciones para cargar nuevos elementos, ya sea mediante la selección individual de archivos o a través de carpetas completas, redirigiendo en ambos casos a la pantalla “File explorer view” para completar el proceso de carga.



Figura 2: Pantalla de archivos recientes de la aplicación

La pantalla “ARView” (ver figura 3) es una parte crítica en la funcionalidad de la aplicación, ya que permite la visualización de modelos tridimensionales generados a partir de archivos médicos como DICOM y NIFTI en un entorno de realidad aumentada, creando no solo una visualización inmersiva, sino también interactiva. A través de ARView, el usuario puede desplazarse libremente por todo el entorno y modelo, el cual se presenta a escala real, y también permite realizar cortes en el modelo en distintos planos anatómicos, lo que mejora la exploración y el análisis estructural de las áreas de interés. Entre los planos disponibles se encuentran el plano sagital, que divide el cuerpo en mitades izquierda y derecha; el plano coronal, que separa la parte anterior (frontal) de la posterior (dorsal); y el plano transversal, que

segmenta el cuerpo en una región superior (cefálica) y otra inferior (caudal), permitiendo una visualización detallada, ideal tanto para fines educativos como médicos. Adicionalmente, ARView incorpora tecnología de detección facial utilizando la cámara frontal y posterior del dispositivo, lo que no solo mejora la interacción con el entorno, sino que también permite ajustar automáticamente la escala del modelo 3D a un tamaño cercano al real en función de las proporciones del usuario. Aportando una experiencia más realista y contextualizada, fortaleciendo la comprensión anatómica y favoreciendo una toma de decisiones más informadas.

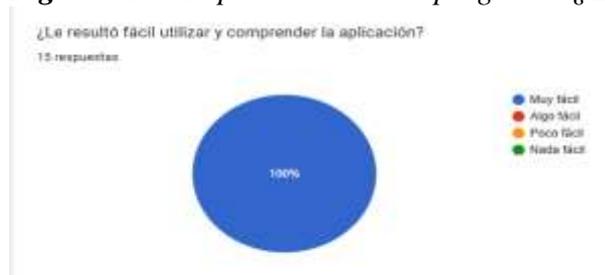


Figura 3: Pantalla de realidad aumentada

En la parte final durante las pruebas durante la investigación, se aplicó una encuesta usando la escala de Likert dirigida a los usuarios con el objetivo de evaluar distintos aspectos de la aplicación desarrollada, tales como la facilidad de uso, la usabilidad, la satisfacción general y la percepción de su utilidad en contextos médicos. Esta etapa fue clave para recopilar retroalimentación directa y validar la experiencia del usuario. En la primera preguntase se solicitó que los usuarios indicaran

el nivel de facilidad que tuvieron al momento de utilizar y comprender el funcionamiento de la aplicación, según los resultados de la encuesta se obtuvo que el 100% (ver figura 4), de los participantes consideraron que la aplicación es “muy fácil” de usar y no se reportaron respuestas en ninguna otra categoría.

Figura 4: Respuestas de la pregunta ¿Le



resultó fácil utilizar y comprender la aplicación?

En la segunda pregunta, se solicitó a los usuarios que evaluaran si el uso de la aplicación les ayudo a comprender de forma más clara la anatomía cerebral, en los resultados obtuvo como resultado que el 46,7% estuvo totalmente de acuerdo y el 53,3% de acuerdo, sumando así un 100% de respuestas positivas (ver figura 5), afirmando el hecho de que la aplicación sí serviría como recurso profesional y didáctico efectivo, ya que permite detallar estructuras complejas de manera más entendible mejorando la comprensión anatómica.

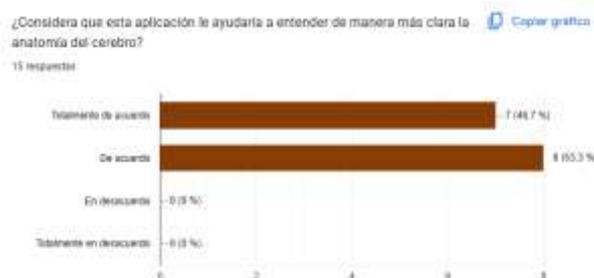


Figura 5: Respuestas de la pregunta ¿Considera que esta aplicación le ayudaría a entender de manera más clara la anatomía del cerebro?

En la tercera pregunta, se solicitó valorar el nivel de utilidad percibida de la aplicación y en su día a día, apoyando en actividades como el diagnóstico o la planificación quirúrgica y se obtuvo un resultado en que el 60% la considera “muy útil” y el 40% “algo útil” (ver figura 6), sin respuestas negativas, en base estos resultados podemos afirmar que el uso de la aplicación sí sería factible de aplicar en el contexto médico, como apoyo visual complementario en la toma de decisiones médicas.

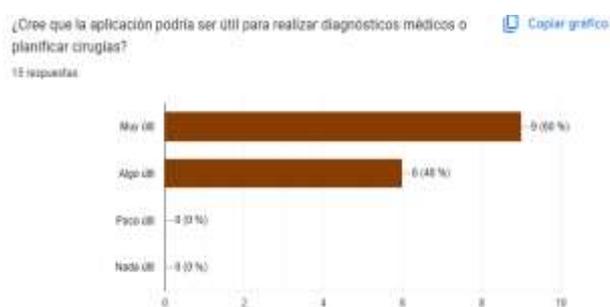


Figura 6: Respuestas de la pregunta ¿Cree que la aplicación podría ser útil para realizar diagnósticos o planificar cirugías?

En la última pregunta, se solicitó indicar la disposición de los usuarios a recomendar la aplicación a otros colegas o familiares médicos, se obtuvo que el 53,3% respondió “probablemente sí” y el 46,7% “definitivamente sí”, lo que evidencia una aceptación del 100% (ver figura 7). En base a estos resultados, se concluye que la herramienta no solo genera valor educativo y clínico, sino que además posee un alto nivel de aceptación y recomendación, lo cual refuerza su potencial de adopción y difusión en el ámbito académico y profesional. Por último, con base en todos los resultados obtenidos, se realizó un análisis de contingencia donde se muestra el nivel de aceptación del uso de nuevas tecnologías según la valoración positiva de la aplicación. Ambos grupos coincidieron en calificar la aplicación

como posiblemente útil en ámbitos médicos y sin respuestas negativas.

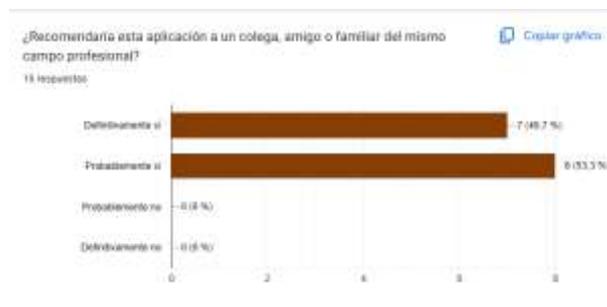


Figura 7: Respuestas de la pregunta ¿Recomendaría esta aplicación a un colega, amigo o familiar del mismo campo profesional?

Tabla 1. Resultados obtenidos del análisis de contingencia

Utilidad Médica	Definitivamente sí	Probablemente sí	Todos
Algo útil	2	5	7
Muy útil	5	3	8
Todo	7	8	15

Fuente: elaboración propia

En el análisis de los datos, la tabla de contingencia expuso que de los 8 participantes que calificaron como “Muy útil” la aplicación, 5 recomendarían el uso de la aplicación a sus conocidos y compañeros, por otro lado, de los 7 que calificaron a la aplicación como “Algo útil” solamente 2 recomendarían la aplicación. Evidenciando que entre más positivo es la valoración del participante es mucho más probable que la aplicación sea recomendada a más personas y más probable de usar en entornos médicos.

Conclusiones

Los resultados obtenidos evidencian que el aplicativo cuenta con una alta tasa de aceptación por parte tanto de profesionales como de estudiantes de medicina. La incorporación de realidad demostró mejorar significativamente la

comprensión de las imágenes cerebrales, además de facilitar la capacitación en el área de radiología, reforzando así la utilidad de contar con una interfaz estandarizada y una integración fluida como recursos clave para el apoyo académico y el ejercicio profesional. Por otro lado, las diferencias observadas en la valoración de la utilidad clínica y en la disposición a recomendar revelaron que los profesionales de la salud otorgaron respuestas favorables, reforzando la idea de que la experiencia laboral permite evaluar con mayor precisión el potencial de la herramienta en contextos reales de atención médica, con este respaldo más sólido por parte del grupo profesional sugiere que la aplicación no solo es posiblemente viable para su implementación en el ámbito clínico, sino que también posee funcionalidades y características necesarias para integrarse como un recurso complementario en la práctica médica. Para concluir en base a los datos obtenidos, la aplicación demuestra un potencial significativo para mejorar la práctica médica, en tareas como la planificación quirúrgica y la realización de diagnósticos, además de ayudar a brindar una explicación detallada de diferentes procedimientos y ayudar en la formación continua en esta área. La capacidad del aplicativo de integrar de manera sencilla y accesible el acceso a información de imágenes médicas y exponerlo de manera inmersiva al usuario refuerza su eficacia como herramienta innovadora y efectiva en el campo de la radiología.

Referencias Bibliográficas

- Alim, E. (2024). Comparison and Evaluation of the Effectiveness of Traditional Neuroanatomy Teaching in Medical Education with Virtual-Reality Application Based On 3D Virtual. *Gazi Medical Journal*, 407–415.
<https://doi.org/10.12996/gmj.2024.4191>
- Balcerzak, A. (2024). Real-Time Gameplay Data and Biometric Measurement Integration as a Data Source for Game User Research. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 144–156.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-66594-3_15
- Bui, T. (2024). Virtual, Augmented, and Mixed Reality Applications for Surgical Rehearsal, Operative Execution, and Patient Education in Spine Surgery: A Scoping Review. *Medicina*, 332.
<https://doi.org/10.3390/medicina60020332>
- Candeira Braga, J. (2025). Telemedicine, data protection, and information security: Elements for the preservation of confidentiality of electronic health records. *Opinion Juridica*.
<https://doi.org/10.22395/ojum.v24n51a4449>
- Cetinsaya, B. (2022). Using Direct Volume Rendering for Augmented Reality in Resource-constrained Platforms. *Proceedings - 2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops, VRW 2022*, 768–769.
<https://doi.org/10.1109/VRW55335.2022.00235>
- Choi, J. (2024). Real-Time Transfer Function Editor for Direct Volume Rendering in Mixed Reality. *Proceedings - SIGGRAPH Asia 2024 Posters, SA 2024*.
<https://doi.org/10.1145/3681756.3697953>
- Dyulicheva, Y. (2021). About the Features of the Virtual Simulators Development and their Usage in Dental Education. *CEUR Workshop Proceedings*, 296–302.
- Govindarajan, T. (2025). Development and implementation of a user-centric real-time energy monitoring and feedback system for energy conservation. *Energy and Buildings*.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115787>
- Hawkrigde, Z. (2026). Vision-based extraction of industrial information from legacy Programmable Logic Controllers. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 103088.
<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2025.103088>

- Ivanov, M. (2021). TranscriptomeReconstructoR: data-driven annotation of complex transcriptomes. *BMC Bioinformatics*, 1471-2105. <https://doi.org/10.1186/s12859-021-04208-2>
- Kim, S. (2021). A research tool for biomechanics toward sensory-motor manipulation, Unity 3D. *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, 1–7. <http://dx.doi.org/10.1299/jbse.21-00068>
- Mantelli, L. (2023). Integration of Dynamic Models and Virtual Reality for the Training of Steam Generator Operators. *Journal of Energy Resources Technology, Transactions of the ASME*. <https://doi.org/10.1115/1.4056561>
- Najafi, N. (2024). Breamy: An augmented reality mHealth prototype for surgical decision-making in breast cancer. *Healthcare Technology Letters*, 137–145. <https://doi.org/10.1049/htl2.12071>
- Ntantamis, O. (2025). Virtual Reality vs. Augmented Virtuality in Fire Extinguishing Training. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*, 178–188. https://doi.org/10.1007/978-3-031-97257-7_12
- Paulson, S. (2025). Understanding perception of the radiology community concerning virtual reality (VR) and augmented reality (AR) technology in radiology education. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. <https://doi.org/10.1186/s43055-025-01425-0>
- Poddar, K. (2025). Development of a Markerless Augmented Reality Application for Plumbing Tool Training. 2025 *International Conference on Ambient Intelligence in Health Care, ICAIHC 2025*. <https://doi.org/10.1109/ICAIHC64101.2025.10956975>
- Prunskis, J. (2025). The Application of Artificial Intelligence to Enhance Spinal Cord Stimulation Efficacy for Chronic Pain Management: Current Evidence and Future Directions. *Current Pain and Headache Reports*. <https://doi.org/10.1007/s11916-025-01400-4>
- Srinivasan, S. (2024). IoT-Enabled Facial Recognition for Smart Hospitality for Contactless Guest Services and Identity Verification. 2024 *11th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions), ICRITO 2024*. <https://doi.org/10.1109/ICRITO61523.2024.10522363>
- Tang, H. (2025). The effect of distance and angle of virtual keyboard on user experience of bare hand interaction in VR. *Displays*. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2025.103120>
- Xu, C. (2025). Efficient Multi-Material Volume Rendering for Realistic Visualization with Complex Transfer Functions. *Journal of Imaging*. <https://doi.org/10.3390/jimaging11060193>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright ©Danny Steven-Solano Arpi, Robinson Josue-Pineda Barbecho y Jheyson Steven Gaona Pineda.

