

USABILIDAD DE UNA APLICACIÓN EN REALIDAD AUMENTADA MÓVIL PARA LA
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS
USABILITY OF A MOBILE AUGMENTED REALITY APPLICATION FOR TEACHING
BASIC SCIENCES

Autores: ¹Francisco Aguilar Acevedo, ²Jesús Alberto Flores Cruz, ³Daniel Pacheco Bautista y
⁴Javier Caldera Miguel.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5248-3230>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7816-4134>

³ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5840-9798>

⁴ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7569-4401>

¹E-mail de contacto: facevedo@anahuac.mx

²E-mail de contacto: jafloresc@ipn.mx

³E-mail de contacto: dpachecob@bianni.unistmo.edu.mx

⁴E-mail de contacto: javier.caldera@anahuac.mx

Afiliación: ^{1*}Universidad Anáhuac Puebla, (México). ^{2*}Instituto Politécnico Nacional, (México). ^{3*}Universidad del Istmo, (México).

Artículo recibido: 29 de Enero del 2026

Artículo revisado: 9 de Febrero del 2026

Artículo aprobado: 1 de Marzo del 2026

¹Ingeniería en Electrónica por la Universidad Tecnológica de la Mixteca, (México). Magíster en Ingeniería Mecatrónica por Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, (México). PhD. en Física Educativa por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, (México).

²Ingeniero en Eléctrica por la Universidad Autónoma Metropolitana, (México). Magíster en Ingeniería de Sistemas por el Instituto Politécnico Nacional, (México). PhD. en Ingeniería de Sistemas por el Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, (México).

³Ingeniería en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Oaxaca, (México). Magíster en la Especialidad de Diseño de Circuitos Integrado por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, (México). PhD. en Ingeniería Biomédica por Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, (México).

⁴Licenciado en Computación por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, (México). Magíster en Computación por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, (México). PhD. en la Especialidad de Óptica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, (México).

Resumen

La incorporación de tecnologías digitales a los procesos de enseñanza-aprendizaje, requiere de un enfoque integral que incluye la valoración de la facilidad de uso del recurso tecnológico para conseguir los objetivos de aprendizaje, más aún en procesos que incluyen conceptos abstractos, complejos y de difícil observación como en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias básicas. En el caso de las aplicaciones de software destinadas a la educación, la experiencia provista por la interfaz de usuario resulta esencial para fomentar aspectos como la motivación por aprender, siendo hoy en día, el uso de aplicaciones móviles basadas en tecnologías virtuales una de las herramientas más recurridas para generar experiencias digitales, con base en la asequibilidad de los dispositivos móviles y la interactividad que ofrecen las realidades virtual, aumentada y mixta. En este artículo se presenta la evaluación de la usabilidad de una aplicación

en realidad aumentada para la enseñanza de la Física, a través de tareas de usabilidad y el cuestionario SUS, teniendo como participantes a estudiantes y docentes universitarios. Los resultados obtenidos para ambos grupos señalan una alta aceptabilidad de la aplicación con promedios de satisfacción de 90.7 y 87.5, para estudiantes y docentes respectivamente, lo que presupone que la aplicación puede ser usada para fines de enseñanza-aprendizaje.

Palabras clave: Realidad aumentada móvil, Interfaz de usuario, Pruebas no funcionales, Facilidad de uso, Nivel de satisfacción.

Abstract

Incorporation of digital technologies into teaching-learning processes requires a comprehensive approach that includes the assessment ease of use the technological resource to achieve the learning objectives, even more so in processes that include abstract, complex and difficult-to-observe concepts, such as in the teaching-learning of basic

sciences. In the case of software applications intended for education, the experience provided by the user interface is essential to foster aspects such as motivation to learn. Today, the use of mobile applications based on virtual technologies is one of the most popular tools to generate digital experiences, based on affordability of mobile devices and interactivity offered by virtual, augmented and mixed realities. This article presents the evaluation of the usability of an augmented reality application for teaching Physics, through usability tasks and the SUS questionnaire, with the participation of university students and teachers. Results obtained for both groups indicate a high acceptability of the application with satisfaction averages of 90.7 and 87.5, for students and teachers respectively, which presupposes that application can be used for teaching-learning purposes.

Keywords: Mobile augmented reality, User interface, Non-functional testing, Ease of use, Satisfaction level.

Sumário

A incorporação das tecnologias digitais nos processos de ensino-aprendizagem requer uma abordagem abrangente que inclua a avaliação da facilidade de uso do recurso tecnológico para atingir os objetivos de aprendizagem, ainda mais em processos que incluam conceitos e conceitos abstratos e complexos. difícil de observar como no ensino-aprendizagem das ciências básicas. Em particular, no caso de aplicações de software destinadas à educação, a experiência proporcionada pela interface do utilizador é essencial para promover aspectos como a motivação para aprender, sendo a utilização de aplicações móveis baseadas em tecnologias virtuais hoje uma das ferramentas mais utilizadas para gerar experiências digitais, baseadas na acessibilidade dos dispositivos móveis e na interatividade oferecida pelas realidades virtual, aumentada e mista. Este artigo apresenta a avaliação da usabilidade de um aplicativo de realidade aumentada para o ensino de Física, por meio de tarefas de usabilidade e do questionário SUS, tendo como

participantes estudantes universitários e professores. Os resultados obtidos para ambos os grupos indicam uma elevada aceitabilidade da aplicação com médias de satisfação de 90,7 e 87,5, para alunos e professores respectivamente, o que pressupõe que a aplicação possa ser utilizada para fins de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Realidade aumentada móvel, Interface de usuário, Testes não funcionais, Facilidade de uso, Nível de satisfação.

Introducción

No obstante, los beneficios señalados por la literatura sobre uso de la realidad aumentada como apoyo en la enseñanza-aprendizaje de conceptos abstractos, complejos y o difícil observación, como los presentes en las ciencias básicas, existen aún interrogantes sobre las dificultades que representa el uso de la tecnología de realidad aumentada, en particular cuando se hace uso de dispositivos móviles para su implementación (Sheikh et al., 2021), lo que ha dado pauta a diversos estudios sobre la usabilidad del software de esta índole. En este sentido, para Dutta et al., (2022), el probar la usabilidad de un sistema permite identificar características faltantes o “complejas” del sistema diseñado.

Al respecto Lim et al. (2019) señalan que, si bien es posible identificar métricas comunes para medir la usabilidad como son la eficacia, la eficiencia y la satisfacción, estas han sido interpretadas en diferentes formas, dando paso a diversos enfoques, que pueden ser categorizados en: métodos de investigación (cuestionario y entrevistas), de inspección (evaluación heurística por expertos) y pruebas de usuario (Sheikh et al., 2021). Desde esta perspectiva, en la última década ha sido el uso de cuestionarios, ya sea de respuesta abierta, cerrada o estándar, uno de medio más recurridos para evaluar la experiencia de usuarios de

realidad aumentada (Davidavičienė et al., 2021), destacando dentro de ellos los cuestionarios de usabilidad estandarizados, por su objetividad, reproducibilidad, cuantificación y economía (Lim et al., 2019). En este sentido, dentro de los cuestionarios estándar más utilizados para evaluar sistemas basados en realidad aumentada, se encuentran los derivados de los modelos HARUS (Handheld Augmented Reality Usability Scale), TAM (Technology Acceptance Model), USE (Usefulness, Satisfaction, and EaseOf-Use), y SUS (System Usability Scale), siendo este último uno de más recurridos en la evaluación de sistemas en realidad aumentada destinados a la enseñanza-aprendizaje (Lima et al., 2021, Dutta et al., 2021, Law y Heintz, 2021, Ramli et al., 2023), de las ciencias exactas, físicas y naturales (Nazar et al., 2020; Alrige et al., 2021; Domínguez et al., 2022; Volioti et al., 2022), así como en las ciencias médicas (Fernandes et al., 2020; Blattgerste et al., 2022), mostrando eficacia para comparar dos o más sistemas, dos versiones del mismo sistema o evaluar diferentes tareas dentro de una única interfaz (Davidavičienė et al., 2021).

Así, en este artículo se valora la usabilidad de una aplicación en realidad aumentada móvil basada en marcadores, destinada a la enseñanza de la Física, desarrollada por Aguilar et al. (2022). Para la evaluación, se definieron tareas de usabilidad para las dos simulaciones en realidad aumentada con las que cuenta la aplicación. Las tareas fueron realizadas por estudiantes y docentes universitarios, a quienes posteriormente se les fue aplicado el cuestionario SUS. Se presenta el método empleado, y los resultados de satisfacción obtenidos, de manera individual y por grupo, considerando la experiencia de los participantes con aplicaciones de este género. Finalmente se muestran los hallazgos de la valoración

realizada, y se discute su relación con los resultados obtenidos por estudios similares.

Materiales y Métodos

La evaluación se realizó mediante una prueba no funcional, orientada a validar la facilidad de uso de la aplicación móvil en realidad aumentada, a través del cuestionario SUS (Brooke, 1996), en su versión positiva (Hedlefs y Garza, 2016). Los participantes de las pruebas fueron estudiantes que ya habían cursado una asignatura de Física introductoria, y docentes que habían impartido alguna asignatura relacionada. En cuanto a los estudiantes, se contó con la participación de 9 hombres y 6 mujeres, con edades entre 19 y 23 años, con una edad promedio de 21 años. Todos los participantes indicaron ser usuarios regulares de tecnologías de información, sin embargo, solo el 53% (8/15) de los participantes contaban con alguna experiencia en el uso de aplicaciones en realidad aumentada para dispositivos móviles.

De igual forma, en el estudio participaron tres docentes universitarios, con al menos 5 años de experiencia impartiendo algún curso de Física introductoria, manifestando dos de ellos no haber tenido contacto con aplicaciones de realidad aumentada. En ambos casos, se proporcionó a los participantes un dispositivo móvil donde ya se encontraba instalada la aplicación, solicitándoles realizar las tareas descritas en la Tabla 1. En la Figura 1 se observa la evaluación de la aplicación por parte de un estudiante. A continuación, se presenta la tabla de tareas de usabilidad del estudio.

Tabla 1. Tareas de usabilidad.

Simulación	Tareas
Plano horizontal	1. ¿Puede cambiar la masa del cubo a 5 kg y establecer una Fuerza de 3 N (para golpear el cubo)?

	2. ¿Puede golpear el cubo para que toque una de las paredes de menor tamaño?
	3. ¿Puede hacer el área del plano sea más grande?
Plano inclinado	4. ¿Puede cambiar el material del cubo a madera?
	5. ¿Puede inclinar el plano a un ángulo que haga que el cubo de madera se deslice?
	6. ¿Puede reposicionar el cubo a su posición original (reiniciar)?

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1 Estudiante realizando las tareas de usabilidad en la aplicación móvil de realidad aumentada



Resultados y Discusión

Tras la realización de las tareas, los participantes manifestaron su nivel de satisfacción a través de la escala SUS. En la Tabla 2 se presentan las medias, desviaciones típicas, modas y frecuencias por ítem para el cuestionario SUS aplicado a los estudiantes, con una media total de 4.6 y una desviación de 0.6. En este caso, todos los ítems presentaron una valoración media superior a 4 (“De acuerdo”), con desviaciones entre 0.4 y 0.9.

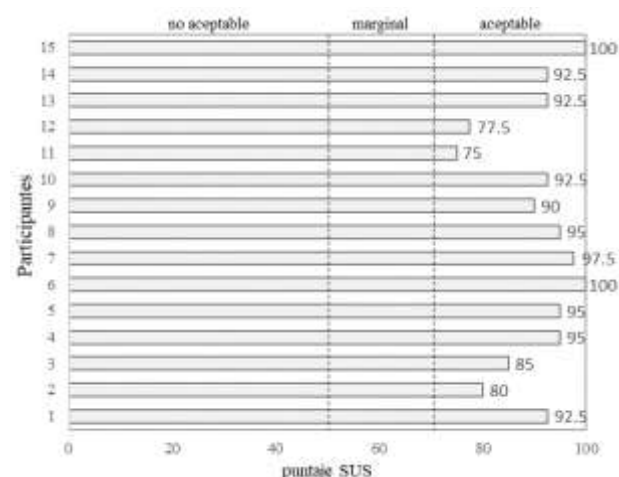
Tabla 2. Media, desviación típica, moda y frecuencia por ítem para el cuestionario SUS

Ítem	M	S	Mo	f
------	---	---	----	---

Creo que me gustaría usar esta aplicación con frecuencia	4.3	0.8	5	8
Encontré la aplicación sencilla	4.8	0.4	5	12
Pienso que la aplicación es fácil de usar	4.8	0.4	5	12
Pienso que podré utilizar esta aplicación sin apoyo de personal técnico	4.3	0.9	5	8
Encontré que varias de las funciones en la aplicación estaban bien integradas	4.9	0.4	5	13
Pienso que los controles y textos informativos de la aplicación son congruentes con su propósito	4.5	0.6	5	8
Me imagino que la mayoría de las personas podrían aprender a usar esta aplicación muy rápido	4.8	0.6	5	13
Encontré la aplicación muy intuitiva	4.5	0.6	5	8
Me sentí muy confiado (seguro) al utilizar la aplicación	4.8	0.6	5	13
Pude utilizar la aplicación sin tener que aprender nada nuevo	4.6	0.7	5	11

Fuente: Elaboración propia.

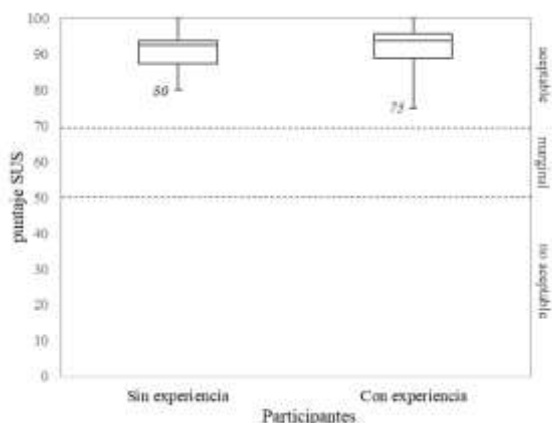
Figura 2 Puntajes SUS obtenidos por los estudiantes



En la Figura 2, se observan los puntajes SUS obtenidos por cada uno de los estudiantes, ubicándose todos en el rango de “Aceptable” respecto a la propuesta realizada por Bangor et al. (2008), siendo el promedio de satisfacción de 90.7 de 100 puntos con una desviación de 7.8, lo que indica que la aplicación podrá tener una alta aceptabilidad. En la Figura 3, se presenta la

satisfacción exhibida por los participantes dependiendo de su experiencia en el uso de aplicaciones en realidad aumentada. Como se observa, si bien los estudiantes sin experiencia presentan mayor uniformidad en su grado de satisfacción, no existen una diferencia significativa entre valores medios, siendo estos de 90.6 con una desviación de 9.2 para los usuarios con experiencia, y 90.7 con una desviación de 6.6 para los que no la tenían, lo que indica que la experiencia previa no representa una condicionante que favorezca el uso de la aplicación. En este sentido, los promedios de satisfacción de los estudiantes independientemente de su experiencia con la tecnología de realidad aumentada, resultan superiores o equiparables a los obtenidos por estudios similares en el ámbito de la enseñanza de la Química (Nazar et al., 2020; Domínguez et al., 2022) y la Medicina (Fernandes et al., 2020; Blattgerste et al., 2022).

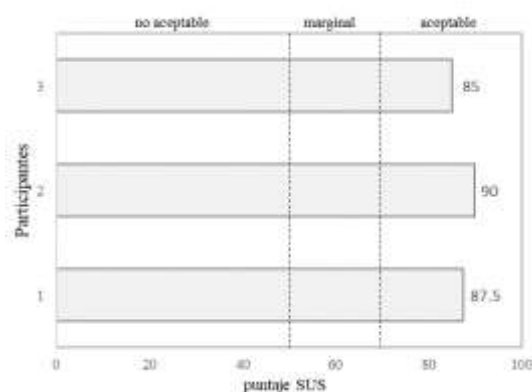
Figura 3: Puntajes SUS obtenidos por los estudiantes de acuerdo a experiencia



En cuanto a las pruebas con docentes, en la Figura 4 se muestran los puntajes SUS para cada docente, ubicándose todos en el rango de “Aceptable”, con un promedio de satisfacción de 87.5 de 100 puntos con una desviación de 2.5. En el caso de los docentes sin experiencia en el uso de realidad aumentada, sus promedios de satisfacción fueron de 85 y 90 puntos. En este

sentido, la evaluación por parte de docentes ha sido abordada por estudios como los de Alrige et al. (2021) y Volioti et al. (2022), donde se reportan puntuaciones SUS inferiores a las obtenidas.

Figura 4: Puntajes SUS obtenidos por los docentes



Conclusiones

Los resultados obtenidos para ambos grupos de participantes, señalar una alta aceptabilidad de la aplicación, la cual no manifiesta relación con la experiencia de estudiantes o docentes con este tipo de aplicaciones móviles, lo que presupone que la esta puede ser usada para los fines de enseñanza-aprendizaje que fue diseñada. En el mismo sentido, el empleo de tareas de usabilidad y del cuestionario SUS, resulta una alternativa viable para la evaluación de aplicaciones móviles en realidad aumentada, destinadas a la enseñanza de las ciencias, que buscan fomentar la motivación por aprender a partir de una buena experiencia de usuario.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, F., Flores, J., Hernández, C., & Pacheco, D. (2022). Diseño e implementación de un simulador basado en realidad aumentada móvil para la enseñanza de la física en la educación superior. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (80), 66–83. <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.80.2509>

- Alrige, M., Bitar, H., Suraihi, W., Bawazeer, K., & Hazmi, E. (2021). MicroWorld: An augmented-reality Arabian app to learn atomic space. *Technologies*, 9(3), 53. <https://doi.org/10.3390/technologies9030053>
- Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2008). An empirical evaluation of the system usability scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574–594. <https://doi.org/10.1080/10447310802205776>
- Blattgerste, J., Franssen, J., Arzmann, M., & Pfeiffer, T. (2022). Motivational benefits and usability of a handheld augmented reality game for anatomy learning. En *IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality* (pp. 266–274). IEEE. <https://doi.org/10.1109/AIVR56993.2022.00056>
- Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. En P. Jordan, B. Thomas, B. Weerdmeester & I. McClelland (Eds.), *Usability evaluation in industry*. Taylor & Francis.
- Davidavičienė, V., Raudeliūnienė, J., & Viršilaitė, R. (2021). Evaluation of user experience in augmented reality mobile applications. *Journal of Business Economics and Management*, 22(2), 467–481. <https://doi.org/10.3846/jbem.2020.13999>
- Domínguez, J., Gantois, S., Blattgerste, J., Croon, R., Verbert, K., Pfeiffer, T., & Puyvelde, P. (2022). Mobile augmented reality laboratory for learning acid–base titration. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 531–537. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00894>
- Dutta, R., Mantri, A., & Singh, G. (2022). Evaluating system usability of mobile augmented reality application for teaching Karnaugh-maps. *Smart Learning Environments*, 9, 6. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00189-8>
- Dutta, R., Mantri, A., Singh, G., Kumar, A., & Kaur, D. (2021). Evaluating usability of mobile augmented reality system for enhancing the learning experience. En *International Conference on Image Information Processing* (pp. 180–185). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIIP53038.2021.9702603>
- Fernandes, J., Teles, A., & Teixeira, S. (2020). An augmented reality-based mobile application facilitates the learning about the spinal cord. *Education Sciences*, 10(12), 376. <https://doi.org/10.3390/educsci10120376>
- Hedlefs, M., & Garza, A. (2016). Análisis comparativo de la escala de usabilidad del sistema en dos versiones. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática*, 5(10), 44–58. <https://www.reci.org.mx/index.php/reci/article/view/48>
- Law, E., & Heintz, M. (2021). Augmented reality applications for K-12 education: A systematic review from the usability and user experience perspective. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 30, 100321. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100321>
- Lim, K., Selamat, A., Alias, R., Krejcar, O., & Fujita, H. (2019). Usability measures in mobile-based augmented reality learning applications: A systematic review. *Applied Sciences*, 9(13), 2718. <https://doi.org/10.3390/app9132718>
- Lima, I., Jeong, Y., Lee, C., Suh, G., & Hwang, W. (2021). Severity of usability problems and system usability scale scores on augmented reality user interfaces. *ICIC Express Letters, Part B: Applications*, 12(2), 175–183. <https://doi.org/10.24507/icicelb.12.02.175>
- Nazar, M., Aisyi, R., Rahmayani, R., Hanum, L., Rusman, R., Puspita, K., & Hidayat, M. (2020). Development of augmented reality application for learning the concept of molecular geometry. *Journal of Physics: Conference Series*, 1460, 012083. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1460/1/012083>

Ramli, R., Husin, W., Elakloun, A., & Sahari, N. (2023). Augmented reality: A systematic review between usability and learning experience. *Interactive Learning Environments*.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2255230>

Volioti, C., Keramopoulos, E., Sapounidis, T., Melisidis, K., Kazlaris, G., Rizikianos, G., & Kitras, C. (2022). Augmented reality

applications for learning geography in primary education. *Applied System Innovation*, 5(6), 111.

<https://doi.org/10.3390/asi5060111>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Francisco Aguilar Acevedo, Jesús Alberto Flores Cruz, Daniel Pacheco Bautista y Javier Caldera Miguel.

Declaraciones éticas y editoriales del artículo

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT)

Francisco Aguilar Acevedo: Conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos.

Jesús Alberto Flores Cruz: Redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio, curación y organización de los datos, participación en la recolección de información.

Daniel Pacheco Bautista: Provisión de recursos académicos y materiales para el desarrollo del estudio, apoyo en la administración del proyecto investigativo y revisión editorial del manuscrito antes de su publicación.

Javier Caldera Miguel: Provisión de recursos académicos y materiales para el desarrollo del estudio, apoyo en la administración del proyecto investigativo y revisión editorial del manuscrito antes de su publicación.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada, la autoría del manuscrito ni la publicación del presente artículo.

Declaración de financiamiento

La presente investigación no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o de organizaciones sin fines de lucro. En caso de existir financiamiento institucional o externo, este deberá ser declarado explícitamente por los autores en esta sección.

Declaración del editor

El editor responsable certifica que el proceso editorial del presente artículo se desarrolló conforme a los principios de integridad científica, transparencia y buenas prácticas editoriales. El manuscrito fue sometido a un proceso de evaluación mediante revisión por pares doble ciego, garantizando la confidencialidad de la identidad de los autores y revisores durante todo el proceso de dictamen académico. Asimismo, el editor declara que el artículo cumple con los criterios científicos, metodológicos y éticos establecidos por la revista.

Declaración de los revisores

Los revisores externos que participaron en la evaluación del presente manuscrito declaran haber realizado el proceso de revisión de manera objetiva, independiente y confidencial. Asimismo, manifiestan que no mantienen conflictos de interés con los autores ni con la investigación evaluada, y que sus observaciones y recomendaciones se fundamentan exclusivamente en criterios científicos, metodológicos y académicos.

Declaración ética de la investigación

Los autores declaran que la investigación se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica, garantizando la confidencialidad de los datos y el respeto a los participantes del estudio. En los casos en que la investigación involucre seres humanos, los procedimientos deben ajustarse a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y a las normativas institucionales correspondientes.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que el uso de herramientas de inteligencia artificial, en caso de haberse utilizado durante el proceso de investigación o redacción del manuscrito, se realizó únicamente como apoyo técnico para mejorar la claridad del lenguaje o el análisis de información, manteniendo siempre la responsabilidad intelectual sobre el contenido del artículo. Las herramientas de inteligencia artificial no fueron utilizadas como autoras del manuscrito ni sustituyen la responsabilidad académica de los investigadores.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los resultados de esta investigación estarán disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia, respetando las normas éticas y de confidencialidad establecidas por la investigación.

