

DOI: <https://doi.org/10.46296/gt.v9i18.0388>

FUNCIONALIDAD Y USABILIDAD DE UN SIMULADOR DE REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA PARA PREVENIR ERRORES DE MEDICACIÓN: ESTUDIO PILOTO

FUNCTIONALITY AND USABILITY OF AN IMMERSIVE VIRTUAL REALITY SIMULATOR FOR THE PREVENTION OF MEDICATION ERRORS: A PILOT STUDY

Villarreal-De la Cruz Jahir Francisco Rolando ¹; Neira-Tovar Leticia Amalia ²; Zaragoza-García Ignacio ³; Moreno-Monsiváis María Guadalupe ⁴

¹ Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.
Correo: jahirvillarreal@hotmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5992-8431>.

² Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, México. Correo: leticia.neiratv@uanl.edu.mx.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7346-0863>.

³ Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología, Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España. Correo: izaragoza@ucm.es ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8606-1415>.

⁴ Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.
Correo: maria.morenom@uanl.mx. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7152-0244>.

Resumen

Introducción: Los errores de medicación (EM) representan un grave problema de seguridad del paciente a nivel mundial, y el personal de enfermería desempeña un papel fundamental en su prevención. La simulación mediante realidad virtual inmersiva (RVI) ha emergido como una estrategia innovadora con potencial para fortalecer el aprendizaje y contribuir a su prevención. **Objetivo:** Evaluar, mediante un estudio piloto, la funcionalidad y la usabilidad de un simulador de RVI de nueva creación diseñado para la prevención de EM. **Metodología:** Estudio piloto de evaluación tecnológica, de tipo descriptivo. Los participantes realizaron una práctica en un simulador de RVI enfocada en la enseñanza del proceso de administración de medicamentos. Posteriormente, se recopilaron variables sociodemográficas mediante una cédula de datos y se evaluaron la funcionalidad y usabilidad del simulador mediante instrumentos validados. **Resultados:** Participaron 20 estudiantes de cuarto año de Licenciatura en Enfermería de una universidad pública del Noreste de México. Se observaron niveles satisfactorios de funcionalidad del simulador, con calificaciones de buena (25%), muy buena (25%) y excelente (50%). En cuanto a la usabilidad, el simulador obtuvo una puntuación promedio de 69,25, correspondiente a un nivel bueno. **Conclusiones:** El simulador de RVI fue bien aceptado por los estudiantes de enfermería, lo que respalda su potencial como herramienta educativa para la enseñanza del proceso de administración de medicamentos.

Palabras claves: Entrenamiento Simulado; Realidad Virtual; Administración de Terapia de Medicación; Errores de Medicación; Estudiantes de Enfermería.

Abstract

Introduction: Medication errors (MEs) represent a major patient safety problem worldwide, and nurses play a fundamental role in their prevention. Immersive virtual reality (IVR) simulation has emerged as an innovative strategy with the potential to enhance learning and contribute to medication error prevention. **Objective:** To evaluate, through a pilot study, the functionality and usability of a newly developed IVR simulator designed for medication error prevention. **Methodology:** A descriptive pilot technology evaluation study was conducted. Participants completed a practice session using an IVR simulator focused on teaching the medication administration process. Sociodemographic variables were collected through a data collection form, and the simulator's functionality and usability were assessed using validated instruments.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 14 de abril de 2026.

Fecha de aceptación: 18 de junio de 2026.

Fecha de publicación: 10 de julio de 2026.



Results: Twenty fourth-year undergraduate nursing students from a public university in northeastern Mexico participated in the study. Satisfactory levels of simulator functionality were observed, with ratings of good (25%), very good (25%), and excellent (50%). Regarding usability, the simulator obtained a mean score of 69.25, corresponding to a good level. Conclusions: The IVR simulator was well accepted by nursing students, supporting its potential as an educational tool for teaching the medication administration process.

Keywords: Simulation Training; Virtual Reality; Medication Therapy Management; Medication Errors; Nursing Students.

1. Introducción

La seguridad del paciente es un principio fundamental de la atención en salud. La Organización Mundial de la Salud la define como la reducción del riesgo de daño innecesario asociado a la atención sanitaria hasta un mínimo aceptable (1). En este contexto, el personal de enfermería desempeña un papel clave en el ámbito hospitalario (2), ya que, realiza una amplia variedad de tareas complejas relacionadas con la atención directa al paciente, entre ellas, la administración de medicamentos, actividad que demanda hasta el 40% de su tiempo laboral (3,4).

La administración de medicamentos comprende las acciones realizadas para aplicar un fármaco por cualquiera de sus vías, e incluye la preparación, administración y evaluación de la efectividad de los medicamentos (5,6). Sin embargo, a pesar de ser una de las actividades

más comunes en la práctica de enfermería, es propenso a errores, definidos como cualquier evento prevenible que pueda causar o conducir a daño al paciente mientras el medicamento se encuentra bajo el control del profesional de la salud (7).

La educación en seguridad de la medicación es un elemento importante de las intervenciones para reducir los errores de administración de medicación (8), ya que el conocimiento insuficiente constituye uno de los factores que más influyen en su incidencia (9,10). La enseñanza de esta competencia inicia de manera temprana en los programas de formación en enfermería y se integra de forma progresiva a lo largo del plan de estudios (11). No obstante, la administración segura de medicamentos sigue siendo una de las habilidades más difíciles de dominar para los estudiantes de enfermería (12).

La educación teórica tradicional, como las clases magistrales o conferencias sobre la administración segura de medicamentos en estudiantes de enfermería, continúa siendo insuficiente para reproducir de manera adecuada la práctica clínica cotidiana (13). Ante esta limitación, la incorporación de nuevas estrategias educativas, como la realidad virtual inmersiva (RVI) como un tipo de simulación, tecnología que permite el aprendizaje mediante la inmersión e interacción del usuario en entornos virtuales tridimensionales, representa una alternativa con alto potencial para fortalecer la enseñanza de contenidos farmacológicos (14).

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar mediante un estudio piloto la funcionalidad y usabilidad de un simulador de RVI de nueva creación basado, diseñado para la prevención de EM y orientado a la formación de estudiantes de enfermería de una universidad pública del noreste de México. Asimismo, y dado que, hasta donde se tiene conocimiento, la evidencia disponible sobre desarrollos con

estas características es limitada, este estudio busca aportar evidencia y una propuesta innovadora en este campo, contribuyendo a la mejora de la seguridad del paciente.

2. Metodología

Se llevó a cabo un estudio piloto de evaluación tecnológica de tipo descriptivo, basado en referentes metodológicos documentados en la literatura (15,16). Se invitó a participar en el estudio a 20 estudiantes de cuarto año del programa de LE, de una universidad pública del noreste de México, el tamaño de muestra se considera apropiado acorde a estudios similares (17,18). El estudio fue aprobado por el Comité de Investigación y el de Ética en Investigación de la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con el folio FAEN-D-2061. Durante el desarrollo del estudio se respetaron los principios éticos establecidos en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (19). Se incluyeron estudiantes de enfermería de cuarto año de LE que aceptaron participar

voluntariamente en el estudio y otorgaron su consentimiento informado por escrito. Asimismo, se les informó que su participación era completamente voluntaria y que podían retirarse del estudio en cualquier momento, sin repercusión alguna. Se excluyeron estudiantes de enfermería que no cursaban el cuarto año de LE o aquellos que no otorgaron su consentimiento informado.

El procedimiento inició con la orientación a los participantes sobre la secuencia de los 10 objetivos planteados en el simulador, los cuales se describen en la sección objetivos de la práctica. Las sesiones se llevaron a cabo en grupos de dos estudiantes, en un laboratorio acondicionado específicamente para el uso de tecnología de realidad virtual. Se invitó a cada participante a tomar asiento y se le brindó apoyo para la colocación y el ajuste de los visores Oculus Meta Quest Pro-3, así como para el manejo de los controles. Durante el desarrollo de la prueba de simulación, dos facilitadores permanecieron presentes para resolver dudas o dificultades técnicas,

proporcionando asistencia inmediata cuando fue necesario.

Al finalizar la sesión, los participantes completaron de manera autoadministrada, una Cédula de Datos, conformada por datos de identificación y preguntas relacionadas con el dominio tecnológico, la experiencia previa en realidad virtual y el entrenamiento reciente en administración de medicación. Posteriormente,

respondieron una Rúbrica de Evaluación de Pruebas de Funcionalidad, compuesta por 13 reactivos que incluyen preguntas cerradas de tipo dicotómico y reactivos con escala de valoración tipo Likert, la cual ha sido previamente empleada para la evaluación de este tipo de tecnología (20). Finalmente, se aplicó la Escala de Usabilidad del Sistema, compuesta por 10 reactivos con formato Likert de cinco puntos, la cual presenta un coeficiente alfa de Cronbach de 0.90, considerado como una consistencia interna excelente (21). Los datos fueron capturados y analizados mediante el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 31 para macOS®.

2.1 Objetivos de la práctica

La práctica de simulación de RVI estuvo estructurada en una secuencia de diez objetivos progresivos, diseñados para guiar al participante a través de un entorno clínico simulado, promoviendo la interacción, la observación y la toma de decisiones en un contexto controlado. Cada objetivo se activa de manera secuencial mediante botones interactivos, lo que asegura un flujo ordenado de evaluación.

Objetivo 1. Identificación del paciente

El participante debe acercarse al avatar que representa al paciente e inspeccionar su mano izquierda pulsando un botón (Figura 1). Un panel ampliado muestra la pulsera de identificación del paciente, incluyendo nombre y fecha de nacimiento. El simulador registra la inspección como completada y permite avanzar al siguiente objetivo.

Figura 1. Captura del simulador de RVI que muestra la representación del paciente mediante un avatar.



Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 2. Verificación de alergias

El participante debe inspeccionar la pulsera de la mano derecha del avatar para identificar alergias. Un botón adicional reproduce un clip de audio que pregunta: "¿Tiene alguna

alergia?", y el clip de audio del paciente responde: "Soy alérgico a la penicilina" (Figura 2). Una vez confirmada la información, el simulador permite avanzar al siguiente objetivo.

Figura 2. Captura del simulador de RVI que muestra la comunicación, por parte del avatar del paciente, de alergia a la penicilina.



Fuente: Elaboración propia.

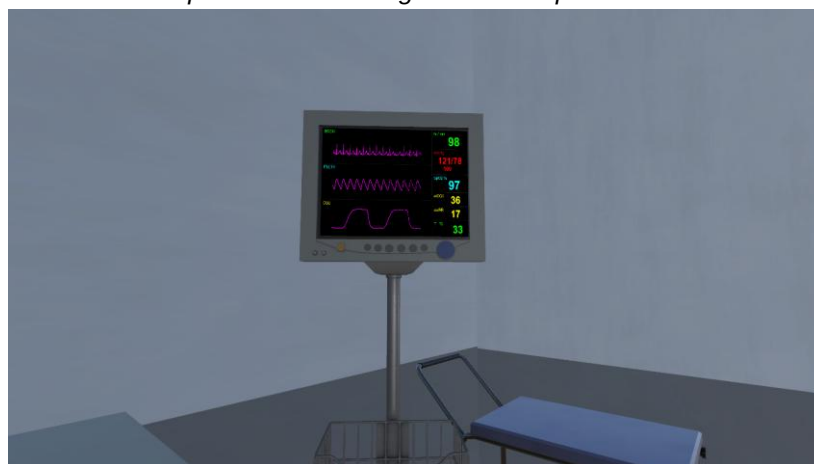
Objetivo 3. Interacción con la tableta virtual

En esta etapa, aparece una tableta interactiva que el participante puede sujetar con cualquiera de las dos manos mediante los controles de realidad virtual. Una vez manipulada correctamente, se activa la condición para avanzar al siguiente objetivo.

Objetivo 4. Monitorización de los signos vitales

Este objetivo introduce un monitor de signos vitales situado junto al paciente, que muestra parámetros fisiológicos en tiempo real (Figura 3). Posteriormente, el participante deberá responder una pregunta relacionada con los valores observados. Una vez respondida correctamente, se activa la condición para avanzar al siguiente objetivo.

Figura 3. Captura del simulador de RVI que muestra un monitor de signos vitales con parámetros fisiológicos en tiempo real.



Fuente: Elaboración propia.

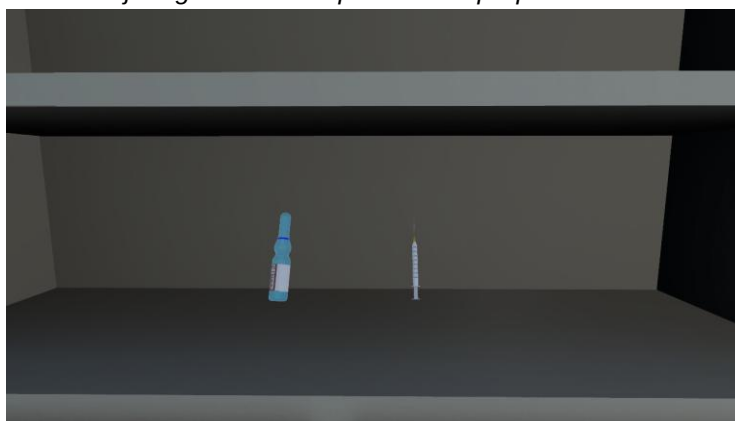
Objetivos 5–7. Consulta y análisis de información médica

Durante estas actividades, la tableta virtual presenta diversas secciones de información clínica simulada. El participante debe interpretar los datos y responder preguntas de opción múltiple. Esta dinámica integra elementos visuales, auditivos y cinestésicos. Una vez respondidas correctamente, se activa la condición para avanzar al siguiente objetivo.

Objetivo 8. Identificación del vial y verificación de la fecha de caducidad

En esta escena se dispone un vial y una jeringa. El participante debe localizar un vial en la escena, manipularlo con las manos virtuales y examinar su etiqueta (Figura 4). A continuación, se le solicita identificar la fecha de caducidad del vial. Una vez respondida correctamente, se activa la condición para avanzar al siguiente objetivo.

Figura 4. Captura del simulador de RVI en la que se observa un vial de medicamento y una jeringa durante el proceso de preparación.

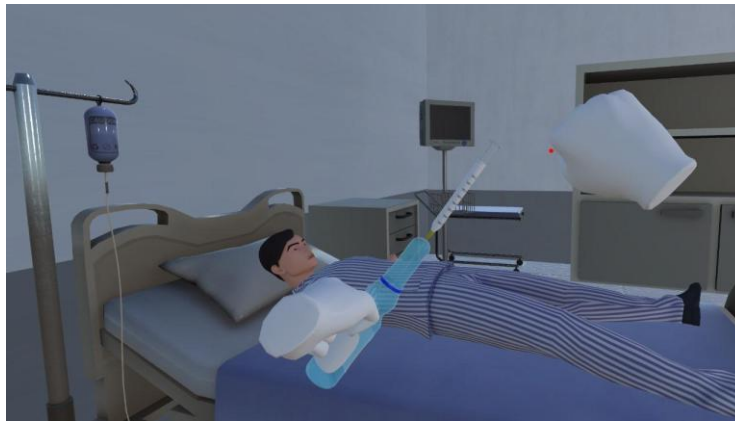


Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 9. Reconstrucción del vial

Tras la inspección realizada en el objetivo anterior, el participante debe reconstruir el vial y transferir su contenido a una jeringa (Figura 5). Solo una vez que la jeringa esté completamente cargada, se activa la condición para avanzar al siguiente objetivo.

Figura 5. Captura del simulador de RVI en la que el participante reconstruye el vial y transfiere su contenido a una jeringa.



Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 10. Finalización de la práctica

El objetivo final presenta un panel de cierre que indica la finalización del ejercicio.

3. Resultados y discusión

Los resultados se organizaron en tres secciones, las cuales se presentan a continuación.

Sección A. Datos sociodemográficos

Participaron 20 estudiantes de enfermería ($n = 20$), quienes completaron exitosamente la simulación. La mayor proporción de los participantes se identificó como mujer (55%), mientras que el 45% correspondió a hombres. Las edades se situaron entre 20 y 26 años, con una media (M) de 22 años. En relación con el tiempo requerido para

completar los 10 objetivos del simulador, se estimó una duración promedio de 12 minutos, con un rango de 9 a 23 minutos.

El total de los participantes (100%) afirmó haber recibido entrenamiento tradicional en administración de medicación durante el último año, dado que formaba parte de su plan de estudios en el tercer año del programa de LE. En relación con el dominio tecnológico, todos los participantes (100%) reportaron contar con experiencia en el uso de dispositivos tecnológicos como computadoras, teléfonos inteligentes, videojuegos, controles, botones y menús. Por otra parte, el 45% indicó haber tenido contacto o experiencia previa con simuladores de RVI.

Sección B. Funcionalidad

De acuerdo con los resultados obtenidos, el 80% de los participantes indicó que fue fácil manejar los controles y botones del simulador. En cuanto al desplazamiento entre las interfaces, el 75% de los participantes lo consideró fácil, y lo evaluaron como suficiente (10%), bueno (35%), muy bueno (35%) o excelente (20%). El total de los participantes (100%) manifestó que las instrucciones para interactuar entre las interfaces del simulador fueron claras y comprensibles, calificándolas como suficientes (5%), buenas (25%), muy buenas (35%) o excelentes (35%).

En cuanto a la interacción con los componentes del programa, en términos de facilidad para identificarlos y manipularlos, los participantes los evaluaron como suficientes (10%), buenos (40%), muy buenos (20%) o excelentes (30%). La totalidad de los participantes (100%) percibió que la información presentada en los paneles del simulador fue fácil de visualizar, calificándola como suficiente (5%), buena (30%), muy buena (30%) o excelente (35%).

Asimismo, el 100% de los participantes manifestó que los indicadores visuales y auditivos proporcionaron suficiente retroalimentación, la cual fue valorada como suficiente (10%), buena (20%), muy buena (30%) o excelente (40%).

Casi todos los participantes (95%) indicaron que el simulador respondió de manera fluida, sin retrasos ni interrupciones. Asimismo, el 70% manifestó que no se presentaron problemas técnicos, como cierres inesperados o imposibilidad de manipular objetos visuales. No obstante, el 20% restante reportó dificultades para manipular la tableta interactiva en los objetivos 3 y 5–7 de la práctica de realidad virtual, mientras que el 10% indicó limitaciones para reconstruir el vial y transferir su contenido a una jeringa en el objetivo 9. En cuanto al grado de aceptación general respecto a la interacción con el simulador, los participantes lo evaluaron como bueno (25%), muy bueno (25%) y excelente (50%).

Sección C. Usabilidad

En relación con la usabilidad, el 85% de los participantes manifestó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con que le gustaría utilizar el simulador de manera frecuente. Asimismo, el 85% indicó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo en que la herramienta resultó fácil de usar. No obstante, la mitad de los participantes (50%) manifestó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con que necesitaría el apoyo de personal experto para su utilización.

Por otra parte, el 65% de los participantes estuvo de acuerdo o totalmente de acuerdo en que el simulador no es complejo. Sin embargo, el 95% manifestó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo en que las distintas funciones del simulador estaban bien integradas. Del mismo modo, el 80% indicó estar en desacuerdo o totalmente en desacuerdo con que percibiera mucha inconsistencia en el simulador. Además, el 70% de los participantes expresó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo en que la mayoría de las personas podrían aprender a usar esta herramienta rápidamente.

El 65% de los participantes indicó estar en desacuerdo o totalmente en desacuerdo con que el simulador resultara tedioso, y el mismo porcentaje manifestó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con sentirse muy confiado al utilizarlo. En cuanto a la necesidad de conocimientos previos extensos, el 45% expresó estar en desacuerdo o totalmente en desacuerdo con dicha afirmación. Por último, el puntaje promedio obtenido en la escala para evaluar la usabilidad del contenido fue de 69,25, lo que indica un nivel de usabilidad global bueno.

Discusión

La muestra de 20 estudiantes de enfermería que completaron exitosamente la simulación, aunque limitada en tamaño, resultó adecuada para una fase piloto orientada a evaluar de forma preliminar la funcionalidad y usabilidad del simulador. Esto coincide con lo descrito por Kim (17), quien llevó a cabo una evaluación de usabilidad con una muestra de 29 estudiantes de enfermería en la práctica perioperatoria utilizando realidad virtual, así como con lo reportado por Manso et al. (18), quienes realizaron una prueba con

una muestra de 20 estudiantes para evaluar una aplicación de RVI en la formación médica sobre apendicitis aguda. Aunque el tamaño de la muestra limita la generalización de los resultados, la distribución equilibrada por sexo y la media de edad ($M = 22$ años) son consistentes con el perfil habitual de estudiantes de cuarto año de la LE, lo que sugiere una posible aplicabilidad en poblaciones académicas similares.

El tiempo promedio de 12 minutos requerido para completar los 10 objetivos del simulador indica que la experiencia es suficientemente breve para mantener la atención de los estudiantes, y al mismo tiempo, suficientemente completa para abordar múltiples competencias relacionadas con la administración de medicamentos. Este hallazgo es congruente con lo señalado por Ratan et al. (22), quienes recomiendan que las experiencias de realidad virtual no excedan los 45 minutos de uso continuo. Sin embargo, esto difiere de lo reportado por Oh y Son (23), quienes señalaron que la experiencia de RVI debería limitarse a 10 minutos por participante debido a la posible

aparición de síntomas como dolor de cabeza, mareos, visión borrosa y malestar por movimiento.

El que todos los participantes hubieran recibido entrenamiento tradicional en administración de medicamentos durante el último año, garantizó que contaban con un nivel de conocimiento relativamente homogéneo. Asimismo, la experiencia generalizada con herramientas tecnológicas, como computadoras, teléfonos inteligentes y videojuegos, facilitó su adaptación al entorno virtual. No obstante, menos de la mitad contaba con experiencia previa en simuladores de RVI, lo que podría explicar la variabilidad observada en los tiempos de ejecución de la prueba (de 9 a 23 minutos). Esta diferencia refleja distintos niveles de familiaridad con la tecnología, un aspecto relevante a considerar para futuros ajustes en la implementación y la escalabilidad del programa.

Aunque son escasos los estudios que evalúan la usabilidad y funcionalidad de simuladores de RVI con características similares, los resultados de esta investigación aportan evidencia preliminar sobre

su adecuada funcionalidad y usabilidad en estudiantes de enfermería. En relación con la funcionalidad, Castro et al. (24) reportaron que el 100% de los participantes ($n = 15$) calificó como excelente la funcionalidad de un software diseñado para la elaboración de planes de cuidados individualizados en pacientes con afecciones cardiovasculares. En comparación, en el presente estudio el 40% de los participantes evaluó el simulador como excelente, este porcentaje resulta inferior al observado por Castro et al. No obstante, esta diferencia debe interpretarse con cautela, considerando que la experiencia con un simulador de RVI implica demandas cognitivas y una experiencia tecnológica distinta a las requeridas para el manejo de un software.

Un considerable porcentaje de los participantes (30%) presentó problemas técnicos o prácticos durante la simulación. Esto indica que, aunque la mayoría pudo realizar las actividades sin eventualidades, hubo áreas específicas en las que algunos participantes tuvieron dificultades para seleccionar y

manipular objetos visuales, lo cual puede ser importante para mejorar el diseño del simulador. Si bien la selección y manipulación de objetos son esenciales en entornos de realidad virtual, se reconocen como un desafío recurrente; no obstante, la literatura ha documentado diversas soluciones efectivas para su abordaje (25), las cuales deberán considerarse para su corrección y mejora en la aplicación definitiva de este simulador.

En cuanto a la usabilidad, Kim (17) reportó un puntaje promedio de 74,40 en la evaluación de una aplicación de realidad virtual diseñada para la práctica perioperatoria en estudiantes de enfermería. En comparación, el presente estudio obtuvo un puntaje de 69,25, el cual supera el valor de referencia de 68, indicando un nivel de usabilidad por encima del promedio. Aunque el puntaje obtenido es ligeramente inferior al reportado por Kim, el resultado confirma que el simulador desarrollado presenta un nivel adecuado de usabilidad, lo que sugiere que constituye una herramienta educativa prometedora en esta fase inicial de desarrollo, con

potencial para su implementación en el contexto de la formación en enfermería.

No obstante, surge una discrepancia importante al analizar con mayor profundidad los resultados de usabilidad. Si bien la mayoría de los participantes reportó una adecuada integración de funciones y facilidad de uso, un hallazgo relevante es que el 50% indicó que requería apoyo de personal experto para utilizar la herramienta. Este resultado sugiere que, aunque el sistema presenta buena usabilidad global, podrían optimizarse los procesos de inducción o el diseño de las interfaces para favorecer una experiencia más intuitiva y autónoma. Asimismo, el hecho de que una proporción de estudiantes percibiera cierto grado de complejidad refuerza la necesidad de realizar ajustes iterativos en el diseño centrado en el usuario.

4. Conclusiones

Los resultados de este estudio piloto indican que el simulador de RVI fue bien aceptado por los estudiantes de enfermería, mostrando niveles

satisfactorios de funcionalidad y usabilidad. El siguiente paso consistirá en evaluar la implementación del simulador en muestras de mayor tamaño y, posteriormente, analizar su impacto en el conocimiento y desarrollo de las habilidades de los estudiantes en comparación con métodos de educación tradicional. Se espera que este desarrollo contribuya a fortalecer la innovación educativa en enfermería, ampliando las posibilidades de aplicación de la RVI en la formación en salud y favoreciendo, en última instancia, la seguridad del paciente.

Financiación: Jahir Francisco Rolando Villarreal de la Cruz es estudiante de doctorado en el Doctorado en Ciencias de Enfermería de la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y ha recibido una beca (No. 1253974) de la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI, anteriormente CONAHCYT).

Declaración de conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Contribuciones de los autores:

Definición del escenario de RVI, aplicación del estudio piloto y recolección de datos: JFRVC. Desarrollo y programación del simulador de RVI: LANT. Concepción del manuscrito, diseño metodológico y análisis estadístico: IZG. Redacción, revisión y aprobación del manuscrito final: MGMM.

Bibliografía

1. Organización Mundial de la Salud. Seguridad del paciente. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2023. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/patient-safety>
2. Alolayyan M, Azar S, Hamadneh S, Alyahya M, Bawa'neh L. Nurses on the front line: Experiences of nurses caring for patients with COVID-19 in field hospitals. *Jordan J Nurs Res*. 2023;2(4):1-9. doi:10.14525/JJNR.v2i4.03
3. Jessurun JG, Hunfeld NGM, de Roo M, van Onzenoort HAW, van Rosmalen J, van Dijk M, et al. Prevalence and determinants of medication administration errors in clinical wards: A two-centre prospective observational study. *J Clin Nurs*. 2023;32(1-2):208-220. doi:10.1111/jocn.16215
4. Wondmienenh A, Alemu W, Tadele N, Demis A. Medication administration errors and contributing factors among nurses: A cross-sectional study in tertiary hospitals, Addis Ababa, Ethiopia. *BMC Nurs*. 2020;19:4. doi:10.1186/s12912-020-0397-0
5. Consejo de Salubridad General, Dirección General de Calidad y Educación en Salud. Acciones esenciales para la seguridad del paciente. Ciudad de México: Gobierno de México; 2023. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/920141/AESP_CSG-DGCES_16_junio_2023.pdf
6. Wagner CM, Butcher HK. Clasificación de intervenciones de enfermería (NIC). 8a ed. Elsevier; 2024.
7. National Coordinating Council for Medication Error Reporting and Prevention. Taxonomy of medication errors. NCCMERP; 1998. Disponible en: <https://www.nccmerp.org/>
8. Marufu TC, Bower R, Hendron E, Manning JC. Nursing interventions to reduce

- medication errors in paediatrics and neonates: Systematic review and meta-analysis. *J Pediatr Nurs.* 2022;62:e139-e147. doi:10.1016/j.pedn.2021.10.006
9. Alandajani A, Khalid B, Ng YG, Banakhar M. Knowledge and attitudes regarding medication errors among nurses: A cross-sectional study in major Jeddah hospitals. *Nurs Rep.* 2022;12(4):1023-1039. doi:10.3390/nursrep12040098
10. Khan A, Tidman MM. Causes of medication error in nursing. *J Med Res Health Sci.* 2022;5(1):1753-1764. doi:10.52845/JMRHS/2022-5-1-7
11. Jarvill M, Neubrandner J, Kim M. Nursing student medication administration practice in the clinical setting: A descriptive study. *J Nurs Educ.* 2022;61(3):137-142. doi:10.3928/01484834-20211128-09
12. Irvine S, Whiteing N, Andrew S. Assessment of undergraduate nursing students' medication administration competency: A systematic review. *Nurse Educ Today.* 2025;151:106744. doi:10.1016/j.nedt.2025.106744
13. Pahlavan M, Hosseininia SM. The effects of simulation-based education on medication administration knowledge and performance among nursing students. *Curr Res Med Sci.* 2024;8(1). doi:10.22088/crms.8.1.50
14. Dubovi I. Learning with virtual reality simulations: Direct versus vicarious instructional experience. *Interact Learn Environ.* 2023;31(10):6627-6639. doi:10.1080/10494820.2022.2042313
15. Mäkinen H, Haavisto E, Havola S, Koivisto JM. Graduating nursing students' user experiences of the immersive virtual reality simulation in learning: A qualitative descriptive study. *Nurs Open.* 2023;10(5):3210-3219. doi:10.1002/nop2.1571
16. Saab MM, McCarthy M, O'Mahony B, Cooke E, Hegarty J, Murphy D, et al. Virtual reality simulation in nursing and midwifery education: A usability study. *CIN Comput Inform Nurs.* 2023;41(10):815-824. doi:10.1097/CIN.0000000000001010
17. Kim HY. Development and usability assessment of virtual

- reality- and haptic technology-based educational content for perioperative nursing education. *Healthcare (Basel)*. 2024;12(19):1947. doi:10.3390/healthcare12191947
18. Manso IA, Gaminde AL, Tíscar-González V, Villanueva Ibero I, Pérez García EA, Arcaraz Arnaiz A, et al. A pilot study to evaluate the usability of an immersive virtual reality application for medical training in acute appendicitis. *Rev Esp Educ Med*. 2025;6:688741. doi:10.6018/edumed.688741
 19. Diario Oficial de la Federación. Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud. México: Cámara de Diputados; 2014. Disponible en: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LG_S_MIS.pdf
 20. Parra Sánchez EA. Rúbrica de evaluación de pruebas de funcionalidad del software, siguiendo el plan de pruebas. 2023. Disponible en: <https://edtk.co/rbk/29166>
 21. Brooke J. SUS—a quick and dirty usability scale. In: Jordan PW, Thomas B, Weerdmeester BA, McClelland IL, editors. *Usability evaluation in industry*. London: Taylor & Francis; 1996. p. 189-194.
 22. Ratan R, Lin Q, Lim C, Park R, Lover A, Han E, et al. Time matters in VR: Students benefit from longer VR class duration, but certain outcomes decline after 45 minutes, with large individual variance. *Comput Educ*. 2025;235:105328. doi:10.1016/j.compedu.2025.105328
 23. Oh H, Son W. Cybersickness and its severity arising from virtual reality content: A comprehensive study. *Sensors (Basel)*. 2022;22(4):1314. doi:10.3390/s22041314
 24. Castro Mata JM. Funcionalidad y usabilidad del software Planes de Cuidados Individualizados de Enfermería para pacientes con afecciones cardiovasculares [tesis doctoral]. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León; 2025. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/30442/1/1080287068.pdf>
 25. Yu D, Dingler T, Velloso E, Gonçalves J. Object selection and manipulation in VR headsets: Research challenges, solutions, and success measurements. *ACM Comput Surv*. 2024;57(4):1-34. doi:10.1145/3706417