

# Transdigital<sup>®</sup>

revista científica



Volumen 7, número 13: Enero-junio 2026

ISSN: 2683-328X

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S. C.

La revista científica *Transdigital* es una publicación semestral bajo el modelo de publicación continua editada por la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. Hasta ahora, la revista ha sido indizada en: *Latindex*, *Dialnet*, *ERIHPLUS*, *REDIB*, *EuroPub*, *LivRe*, *AURA*, *Academic Resource Index (ResearchBib)*, *MIAR*, *OpenAire-Explore*, *Refseek*, *Sherpa Romeo*, *Elektronische Zeitschriftenbibliothek*, *ZDB Zeitschriften Datenbank*, *WorldCat*, *Dimensions*, *The University of Liverpool*, *Discovery*, *Erasmus University Rotterdam*, *Mir@bel*, *REBIUN*, *DARDO*, *UOCI*, *LatinRev*, *ROAD*, *Google Scholar*, *Crossref*, *Scite*, *Lens*, *Internet Archive*, *BASE*, *OpenAlex*, *Semantic Scholar* y *ScienceOpen*. Dirección oficial: Circuito Altos Juriquilla 1132. C.P. 76230, Querétaro, México. Tel. +52 (442) 301-3238. Página web oficial: [www.revista.transdigital.mx](http://www.revista.transdigital.mx). Correo electrónico: [revista@transdigital.mx](mailto:revista@transdigital.mx). Editor en jefe: Alejandro Escudero-Nahón (ORCID: 0000-0001-8245-0838). Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020912091600-102. International Standard Serial Number (ISSN): 2683-328X; ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (México). Responsable de la última actualización: Editor en jefe: Alejandro Escudero-Nahón. Todos los artículos en la revista *Transdigital* están licenciados bajo Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0). Usted es libre de: Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente. La persona licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia. Lo anterior, bajo los siguientes términos: Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.



# Transdigital®

revista científica

*NEUMATIC-FERROLAB VR:*

LABORATORIO DE SISTEMAS  
NEUMÁTICOS EN REALIDAD VIRTUAL  
PARA INGENIERÍA FERROVIARIA

*NEUMATIC-FERROLAB VR:*

LABORATORY OF PNEUMATIC  
SYSTEMS IN VIRTUAL REALITY FOR  
RAILWAY ENGINEERING



Claudia Marina Vicario Solórzano\*  
Instituto Politécnico Nacional, México  
ORCID: 0000-0003-0144-3607



Mauricio Gómez Gonzalez  
Instituto Politécnico Nacional, México  
ORCID: 0009-0004-3478-5368



Emmanuel González Rogel  
Instituto Politécnico Nacional, México  
ORCID: 0000-0002-1692-3155

\*Autor de correspondencia

Sección: Artículo de investigación

Fecha de recepción: 15/06/2025

Fecha de aceptación: 04/01/2026

***NEUMATIC-FERROLAB VR:***  
**LABORATORIO DE SISTEMAS NEUMÁTICOS EN REALIDAD**  
**VIRTUAL PARA INGENIERÍA FERROVIARIA**

***NEUMATIC-FERROLAB VR:***  
**LABORATORY OF PNEUMATIC SYSTEMS**  
**IN VIRTUAL REALITY FOR RAILWAY ENGINEERING**

## RESUMEN

En esta contribución se da a conocer el recurso *Neumatic-FerroLab VR*, que es un laboratorio de sistemas neumáticos ferroviarios de carácter inmersivo basado en realidad virtual orientado a la formación de ingenieros de este sector. Su desarrollo surgió para contar con alternativas a las carencias de laboratorios físicos tradicionales por los altos costos y riesgos asociados. *Neumatic-FerroLab VR* consideró en su arquitectura módulos de aprendizaje teórico, de simulación interactiva, práctica inmersiva y evaluación automática. Asimismo, se facilitó el seguimiento docente con lo que le permite al estudiante visualizar, manipular y aproximarse a la comprensión del funcionamiento de componentes neumáticos, todo ello en un entorno seguro y controlado. Desde una mirada transdigital, *Neumatic-FerroLab VR VR* es un dispositivo tecno-pedagógico de carácter híbrido que virtualiza el laboratorio que existe físicamente en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas del Instituto Politécnico Nacional, México, con lo que pueden combinarse prácticas físicas y digitales. En este sentido, se extendieron las posibilidades de aprendizaje con experiencias educativas inmersivas pedagógicamente mediadas.

**Palabras clave:** realidad virtual, ingeniería ferroviaria, sistemas neumáticos, educación técnica, simulación, tecnología educativa

## ABSTRACT

This contribution introduces *Neumatic-FerroLab VR*, an immersive, virtual-based laboratory for railway pneumatic systems designed to train engineers in this sector. Its development arose from the need for alternatives to traditional physical laboratories, which are often limited by high costs and associated risks. *Neumatic-FerroLab VR*'s architecture includes modules for theoretical learning, interactive simulation, immersive practice, and automated assessment. It also facilitates instructor support by allowing students to visualize, manipulate, and gain an understanding of the operation of pneumatic components, all within a safe and controlled environment. From a transdigital perspective, *Neumatic-FerroLab VR* is a hybrid techno-pedagogical device that virtualizes the existing laboratory at the Interdisciplinary Professional Unit of Engineering and Social and Administrative Sciences of the National Polytechnic Institute in Mexico, enabling the combination of physical and digital practices. In this sense, it expands learning opportunities through pedagogically mediated, immersive educational experiences.

**Keywords:** virtual reality, engineer, pneumatic systems, education, simulation, educational technology

## 1. INTRODUCCIÓN

En México, la educación superior se encuentra en un proceso de transformación digital, donde la integración de herramientas tecnológicas avanzadas conquista los espacios de aprendizaje. Tal es el caso de la realidad virtual (RV), pues es una herramienta educativa de alto potencial para la formación en todas las áreas del saber, particularmente para las ingenierías, dados sus costos y seguridad para la capacitación técnica. En el caso de la Ingeniería Ferroviaria, esta tecnología permite comprender los sistemas neumáticos, fundamentales para el desarrollo y las competencias vinculadas al control y la suspensión de trenes (Lampropoulos et al., 2025; Soliman et al., 2021).

Estudios como los de Šiđanin et al. (2020) y Damaševičius y Sidekerskienė (2024) han demostrado que utilizar escenarios de aprendizaje inmersivos basados en RV facilita la comprensión profunda y sostenida de nociones complejas. Además, les permite a los estudiantes experimentar con situaciones de la realidad a través de mecanismos simulados, lo que sugiere que utilizar la RV en la educación técnica acelera el proceso de aprendizaje en entornos más seguros y controlados.

Sin embargo, la enseñanza práctica de sistemas neumáticos enfrenta desafíos de infraestructura y equipamiento en las universidades (Hernández-Rodríguez & Guillén-Yparrea, 2023; Wilkerson et al., 2022). Esto resulta en prácticas de laboratorio limitadas que no reflejan la complejidad de las situaciones reales al momento del aprendizaje, pues al incorporar simulaciones de carácter bidimensional no se cierra la brecha entre teoría y práctica (Asad et al., 2021; Gittinger & Wiesche, 2023). En este sentido, Qolamani y Mohammed (2023) señalaron que la falta de recursos para prácticas completas limita la capacidad de experimentación con sistemas neumáticos en los ingenieros ferroviarios en formación.

En ese orden de ideas, la virtualización de laboratorios de sistemas neumáticos se convierte en una propuesta innovadora desde el punto de vista educativo, pues la implementación de tecnologías inmersivas genera ambientes de aprendizaje seguros al ser una extensión de los métodos tradicionales (Hu et al., 2024; Marks & Thomas, 2021). En este sentido, a medida que la educación se mueve hacia perspectivas transdigitales (Escudero-Nahón & Mercado López, 2025) las experiencias inmersivas jamás reemplazarán la práctica física, pues deben ser consideradas como una ampliación de las posibilidades para el aprendizaje. Para esto, se debe optar por la integración de ambos escenarios físicos y digitales de manera sinérgica y contextualizada. En este sentido, Williams et al. (2021) y Okolie y Okoye (2023) recomendaron diseños didácticos que conecten saberes teóricos con los prácticos mediante la simulación, con lo que se promueve el aprendizaje cohesivo y holístico.

Desde tal perspectiva, *Neumatic-FerroLab VR* puede ser considerado un recurso transdigital que ejemplifica el potencial de la evaluación en la formación técnica de sistemas neumáticos. Esta herramienta permite integrar las simulaciones interactivas y la mediación pedagógica en un entorno único de experimentación (Katz et

al., 2020; Chmyr et al., 2024). Dicha sinergia propicia un aprendizaje eficiente y dinámico guiado por la reflexión. Esto permite que los estudiantes tomen un rol activo en su proceso de aprendizaje (Dogutan et al., 2025; Lampropoulos et al., 2025). De este modo, las prácticas educativas de dicha disciplina se van transformando hacia las pedagogías emergentes propias de la era digital.

Este artículo analizó el diseño y la implementación de *Neumatic-FerroLab VR* como una solución educativa para sistemas neumáticos ferroviarios, dirigida a los estudiantes del programa de Ingeniería Ferroviaria de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. La herramienta propuesta combinó módulos interactivos en un entorno de RV, apoyando el aprendizaje teórico y práctico mediante el mismo programa para un mejor entendimiento. El apoyo virtual puede ser replicado en otras ofertas de formación de ingenieros ferroviarios e incluso en otras áreas de la ingeniería que enfrentan desafíos similares con dicha temática. Esto abrió un panorama de oportunidades para mejorar la formación de otras disciplinas técnicas, pues satisfacen las exigencias del entorno profesional (Soliman et al., 2021; Anjos et al., 2020).

## 2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo se desarrolló bajo un enfoque cualitativo exploratorio, mediante un estudio de caso orientado a diseño, implementación y análisis de un recurso educativo transdigital basado en RV. Es decir, a través de una experiencia educativa situada. Por esta razón, no se establecieron relaciones causales ni generalizaciones estadísticas. Para asegurar la relevancia y la escalabilidad de la plataforma, previo el diseño instruccional e implementación del recurso educativo en realidad virtual, se realizó un análisis comparativo de tecnologías. Se eligió *Unity* por su flexibilidad, compatibilidad con recursos y respaldo de su comunidad en entornos educativos. *Blender* complementó a *Unity* mediante el modelado en tercera dimensión (3D) detallado de componentes neumáticos. Además, *HTC VIVE*, al ser un visor independiente con seguimiento de movimiento, minimizó los requerimientos de *hardware* para la institución.

La prueba de concepto, es decir el estudio sobre la funcionalidad del producto tecno-educativo, se realizó en el contexto del programa de Ingeniería Ferroviaria de la UPIICSA del IPN. En dicho marco se diseñó y desarrolló el prototipo funcional denominado *Neumatic-FerroLab VR*, concebido como un laboratorio virtual inmersivo para la enseñanza de sistemas neumáticos desde la perspectiva transdigital. El objetivo de la prueba fue explorar la viabilidad técnica, la experiencia de uso y la percepción del potencial educativo del recurso. Cabe resaltar que este tipo de pruebas son habituales en investigaciones de corte exploratorio sobre tecnologías educativas emergentes, donde se enfatiza el análisis de la funcionalidad del aplicativo y la experiencia de usuario.

## 2.1. Participantes

La prueba de concepto contó con la participación de ocho estudiantes de los últimos semestres de la carrera de Ingeniería Ferroviaria y dos de la carrera de Transporte. La selección de dichos participantes fue mediante muestreo por conveniencia, considerando su familiaridad con los contenidos de sistemas neumáticos. El tamaño de la muestra respondió al carácter exploratorio del estudio, pues demandó una experiencia de aprendizaje de casi dos horas de uso del recurso y no persigue fines de generalización.

## 2.2. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de información se emplearon técnicas cualitativas a partir de la aplicación de un cuestionario de percepción posterior a la experiencia de aprendizaje inmersiva usando el recurso y la observación directa durante su uso. Las preguntas se orientaron a los aspectos inmersivos, el reconocimiento de componentes neumáticos, el realismo del entorno de aprendizaje y la facilidad del uso de los dispositivos.

## 2.3. Consideraciones éticas

La participación de los estudiantes fue voluntaria. Además, se les informó sobre el propósito de esta investigación. En este sentido, se garantizó la confidencialidad de las respuestas y el uso de la información para fines académicos. En ningún caso se recogieron datos personales o información sensible que permitiera identificarlos en forma particular.

## 2.4. Justificación de la muestra y el alcance del estudio

El tamaño y la composición de la muestra respondió al carácter exploratorio del estudio y su enfoque hacia una prueba de concepto. Esto es debido a que en las investigaciones que se orientan al diseño, desarrollo y evaluación de la funcionalidad de recursos tecno-educativos no generalizan los resultados, sino comprenden de la experiencia de uso, la identificación de opciones de mejora y la valoración preliminar de su potencial pedagógico como recurso digital.

Particularmente, la participación de estudiantes de Ingeniería Ferroviaria con nociones previas vinculadas al contenido educativo permitió obtener la retroalimentación informada sobre el nivel de realismo, la pertinencia técnica y la pertinencia del entorno virtual con respecto a prácticas de laboratorio tradicionales, por lo que la muestra seleccionada resultó adecuada en la exploración de la viabilidad educativa y tecnológica en un contexto formativo específico. Por lo tanto, los resultados obtenidos deben interpretarse como indicativos y contextuales, propios de un estudio de caso situado. Futuras investigaciones podrían ampliar la muestra, incorporando diseños metodológicos mixtos o longitudinales para analizar el impacto del recurso en cuanto a su carácter didáctico para el desarrollo de competencias específicas.

## 2.5. Requerimientos generales utilizados por la solución

- *Hardware: PC i5, 16GB RAM, GTX 1060 GPU, y Oculus Quest 2.*
- *Software: Unity, Blender, Moodle y Git.*
- *Internet: Stable connection for updates and LMS integration.*

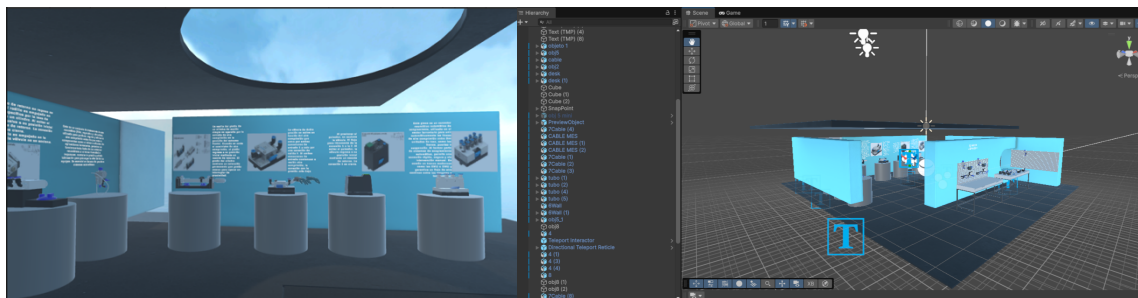
## 2.6. Potencial de Impacto socio-técnico

- Se promueve una educación más justa y competitiva para instituciones que no cuentan en ese momento con la infraestructura necesaria.
- Puede expandirse a módulos eléctricos e hidráulicos.
- Puede incorporar criterios de certificación orientados a su alineación con los requerimientos del mercado laboral.
- Presenta potencial formativo no solo para especialistas en la materia, sino también para usuarios en etapas iniciales de formación.

## 2.7. Funcionalidad del recurso

*Neumatic-FerroLab VR* muestra una galería de modelos idénticos al laboratorio físico con que cuenta la UPIICSA (Figura 1). Esto permite la visualización detallada de sus partes y funciones dentro de los sistemas hidráulicos, también brinda una explicación de cada pieza, la cual puede ser manipulada de manera libre durante la experiencia inmersiva.

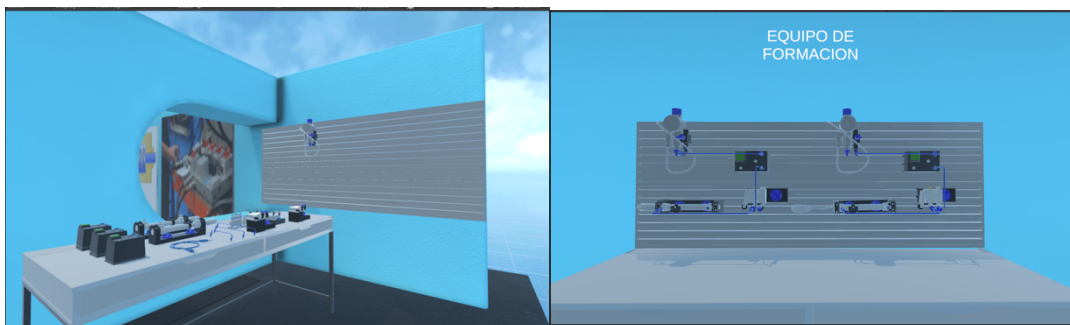
**Figura 1**  
*Escenario y componentes*



También se contó con una mesa de trabajo para el armado de diagramas de manera ilustrativa y un modelo precargado básico funcional (Figura 2). Dicha área de *playground* permite realizar el armado de diagramas de forma libre en la práctica dando la posibilidad de crear situaciones de aprendizaje basadas en proyectos que permitan visualizar el funcionamiento de piezas totalmente personalizadas desde cero.

## Figura 2

### Práctica prefabricación



## 3. Resultados

Los hallazgos de la prueba del recurso *Neumatic-FerroLab VR* se organizaron en función de la experiencia de uso, la percepción del entorno inmersivo y la correspondencia del laboratorio virtual con las prácticas en el laboratorio físico (Figura 3).

## Figura 3

### Resultados de la prueba de concepto

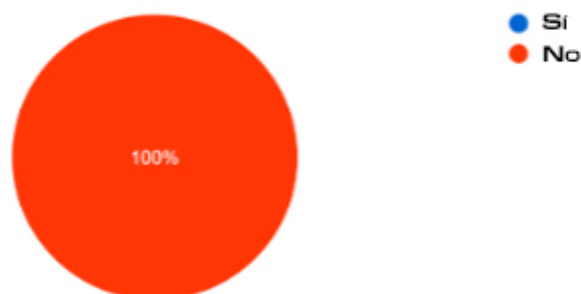


### 3.1. Experiencia de uso y comodidad durante la inmersión

Ninguno de los encuestados reportó haber experimentado molestias, mareos o incomodidad durante el uso de los lentes de RV (Figura 4). Las respuestas abiertas indicaron una percepción positiva sobre el nivel de inmersión, con descripciones tales como “muy inmersivo”, “muy agradable”, “muy buena” y “se siente muy real”. El resultado sugiere que el diseño y la interacción con los dispositivos fueron adecuados para las sesiones de uso continuo en un contexto de formación de ingenieros ferroviarios como éste.

**Figura 4**

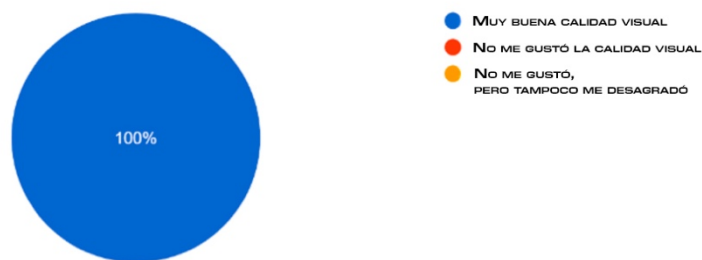
*Resultados sobre la presencia de alguna molestia, mareo o incomodidad durante el uso de los lentes de RV*



Con relación al nivel de inmersión, las respuestas reflejaron una percepción positiva del escenario virtual. En general, los participantes describieron la experiencia como *altamente inmersiva* y *visualmente adecuada* para el aprendizaje de los temas (Figura 5). La calidad gráfica tanto del escenario como de los modelos tridimensionales se valoró favorablemente por la totalidad de los encuestados. Esto indicó que el entorno logrado permitió una experiencia inmersiva consistente, condición necesaria en el aprendizaje de contextos de carácter técnico como el ferroviario (Figura 6).

**Figura 5**

*Resultados sobre la calidad visual de la inmersión*



## Figura 6

Resultados sobre qué tan inmersiva fue la experiencia

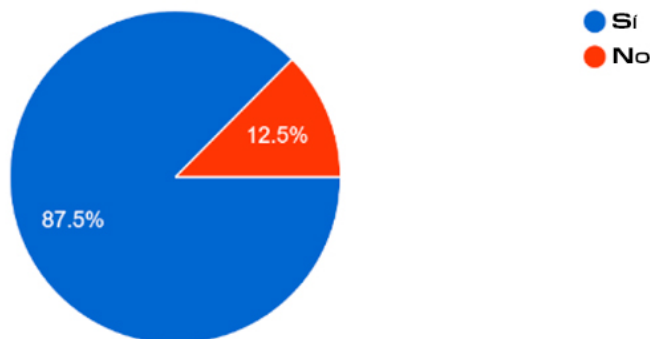
Se siente muy real
Muy agradable
Muy buena
Es impresionantes, es la primera experiencia en realidad virtual que tengo y me pareció muy interesante
Muy sorprendente
Mucho
Me pareció bastante buena siento que al interactuar es bastante chévere, el ambiente estaba bien hecho el ambiente
Muy inmersivo

### 3.2. Reconocimiento de componentes y correspondencia con el laboratorio físico

Siete de los participantes reconocieron piezas o conceptos del laboratorio físico (Figura 7). Esto sugirió que el entorno de RV logró representar elementos conocidos. Este reconocimiento se relacionó con el nivel de detalle de los modelos 3D y su manipulación dentro del entorno inmersivo. Además, la presencia de diagramas funcionales y piezas interactivas facilitó la comprensión de relaciones entre los distintos elementos del sistema neumático (Figura 7). En cuanto a la comparación en el laboratorio físico, con que se cuenta y que fue la base de la virtualización hacia un recurso inmersivo, seis de los participantes consideraron que era *parcialmente* semejante y solo dos lo percibieron *equivalente en su totalidad* (Figura 8).

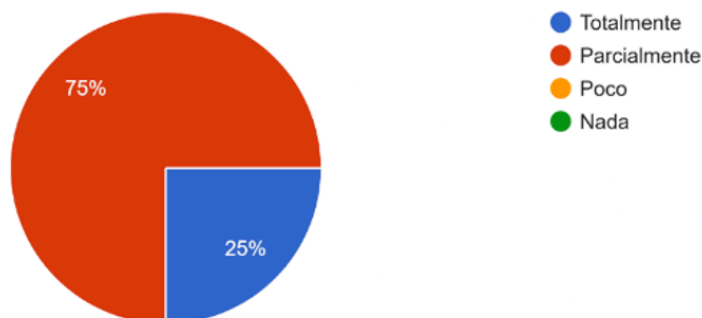
## Figura 7

Reconocimiento de componentes



## Figura 8

Semejanza de la experiencia a un laboratorio físico



Esta divergencia en opiniones, desde la percepción de los participantes, se sugiere que el entorno virtual, fue un complemento valioso en la práctica presencial, pues es más que un sustituto absoluto de ésta. De hecho, vale comentar que la docente que participó en prueba aportó valiosas recomendaciones de carácter pedagógico. Además, destacó el potencial de la RV como herramienta de apoyo para la preparación previa a las prácticas físicas y la comprensión de los temas esenciales de los sistemas neumáticos antes del contacto con el equipamiento real.

## 4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la aplicación de *Neumatic-FerroLab VR* confirmaron las afirmaciones de los autores consultados respecto del potencial de la RV como tecnología educativa para la formación de ingenieros en su carácter técnico. Particularmente, la ausencia de molestias físicas y la velocidad de adaptación al entorno inmersivo fueron situaciones que resonaron con los estudios de Šidanin et al. (2020) y Lampropoulos et al. (2025). Estos autores destacaron la importancia del diseño ergonómico y la calidad visual como condiciones que favorecen el uso y la aceptación de este tipo de entornos.

En este sentido, la percepción positiva del nivel de inmersión y la calidad gráfica reforzaron los planteamientos de Soliman et al. (2021) y Damaševičius y Sidekerskienė (2024), pues señalaron que este tipo de entornos facilita la comprensión de sistemas complejos al permitir la exploración activa y la interacción con simulaciones cercanas a la realidad. En el caso de *Neumatic-FerroLab VR*, dicha interacción favoreció la manipulación y la visualización de componentes neumáticos que constituyen temas fundamentales en la formación de ingenieros ferroviarios para quienes el aprendizaje experiencial es clave.

De igual manera, el reconocimiento de componentes y conceptos por parte de los encuestados sugiere una adecuada correspondencia con el currículum de los sistemas neumáticos. Dicho hallazgo coincidió con investigadores como Gittinger y Wiesche, 2023; quienes subrayaron que la fidelidad funcional de los modelos es determinante para el aprendizaje efectivo y va más allá de un realismo visual. Tal correspondencia favoreció las pedagogías híbridas entre lo físico y lo digital, permitiendo que un laboratorio virtual como este funcione como un espacio de mediación entre teoría y práctica.

Finalmente, la percepción de *Neumatic-FerroLab VR* como un complemento en la práctica docente presencial, más que como un sustituto total, se alineó con enfoques como los de Marks y Thomas (2021); y Williams et al. (2021), quienes concibieron la virtualización como una extensión de los métodos tradicionales para el caso de ecosistemas educativos esencialmente híbridos. De este modo, si bien el estudio tuvo un carácter exploratorio con una muestra reducida, los hallazgos aportaron evidencias preliminares sobre la viabilidad tecno-pedagógica del recurso y su potencial transformador en la enseñanza de la Ingeniería Ferroviaria de acuerdo con el pensamiento de Qolamani y Mohammed (2023).

## 5. CONCLUSIONES

Este artículo presentó el diseño y la implementación del recurso inmersivo *Neumatic-FerroLab VR*, orientado al apoyo del aprendizaje de sistemas neumáticos en Ingeniería Ferroviaria. Se evidenció que la virtualización del laboratorio físico de la UPIICSA del IPN resultó efectiva cuando se articula con principios pedagógicos y mediación docente, convirtiéndolo en un recurso con potencial viable para fortalecer la formación en contextos con limitaciones de infraestructura, costos y seguridad. Los resultados de la prueba mostraron que el entorno favoreció experiencias coherentes con las prácticas tradicionales y facilitó la comprensión del tema mediante exploración activa y manipulación de componentes.

A juicio de los autores y desarrolladores, el aporte central de este trabajo reside en la conceptualización de *Neumatic-FerroLab VR* como un recurso tecno-pedagógico que extiende el ecosistema educativo, pues integra entornos físicos, digitales e inmersivos en un proceso formativo. Si bien el carácter exploratorio del estudio y el tamaño de la muestra fueron limitativos para generar los resultados, los hallazgos aportaron evidencia preliminar sobre la pertinencia educativa y tecnológica del artefacto, abriendo líneas de trabajo investigativo para el futuro. Estas pueden orientarse a su evaluación longitudinal, integración curricular y proceso de transferencia, así como a su posible aplicación en otras disciplinas del campo de formación ingenieril.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Carrera de Ingeniería Ferroviaria de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas del Instituto Politécnico Nacional, y de manera especial al Mtro. Héctor Áviles Martínez, por su valiosa colaboración como especialista en contenido para el diseño instruccional del recurso. Asimismo, reconocen el apoyo financiero recibido a través de los proyectos SIP 20254470 y 20255004, el cual resultó indispensable para el desarrollo de la solución y el logro de los resultados presentados en este trabajo.

## REFERENCIAS

- Anjos, F., Rocha, L., Silva, D., & Pacheco, R. (2020). Virtual and augmented reality application in production engineering teaching-learning processes. *Production*, 30.
- Asad, M. M., Naz, A., Churi, P., & Tahanzadeh, M. (2021). Virtual reality as pedagogical tool to enhance experiential learning: a systematic literature review. *Education Research International*, 1-17.
- Chmyr, V., Koriekhov, A., Psol, C., & Partyka, S. (2024). Fostering digital transformations in military engineering education: introduction of a technology-enhanced learning environment. *Problems of Education in the 21st Century*, 82(2), 162-185. <https://doi.org/10.33225/pec/24.82.162>
- Damaševičius, R., & Sidekerskienė, T. (2024). Virtual worlds for learning in metaverse: a narrative review. *Sustainability*, 16(5), 2032. <https://doi.org/10.3390/su16052032>
- Dogutan, D. K., Sullivan, M. G., & Wolfskill, C. (2025). From crystal structure to 3d printing to virtual reality in the classroom. *Acta Crystallographica*, 81(10), 889-894. <https://doi.org/10.1107/s2056989025007868>
- Escudero-Nahón, A., & Mercado López, E. P. (2025). Análisis contextual de la Educación Transdigital. En A. Escudero-Nahón & E. P. Mercado-López (Eds.), *Educación transdigital* (pp. 11–14). Editorial Transdigital. <https://doi.org/10.56162/transdigitalbc02.01>
- Gittinger, M., & Wiesche, D. (2023). Systematic review of spatial abilities and virtual reality: the role of interaction. *Journal of Engineering Education*, 113(4), 919-938.
- Hernández-Rodríguez, F., & Guillén-Yparrea, N. (2023). Competencies development strategy using augmented reality for self-management of learning in manufacturing laboratories (ar-manufacturinglab). *Heliyon*, 9(11), e22072. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22072>
- Hu, Y., Shu, J., & He, M. (2024). Revolutionizing drama education: a journey through virtual simulation technology. *TSSEHR*, 7, 290-296. <https://doi.org/10.62051/8q5f2290>
- 
- Vicario Solórzano, C. M., Gómez Gonzalez, M., & González Rogel, E. (2026). Neumatic-FerroLab VR: Laboratorio de sistemas neumáticos en realidad virtual para Ingeniería Ferroviaria. *Transdigital*, 7(13), e570. <https://doi.org/10.56162/transdigital570>

- Katz, D., Shah, R., Kim, E., Park, C., Shah, A., Levine, A., & Burnett, G. (2020). Utilization of a voice-based virtual reality advanced cardiac life support team leader refresher: prospective observational study. *Journal of Medical Internet Research*, 22(3), e17425. <https://doi.org/10.2196/17425>
- Lampropoulos, G., Fernández-Arias, P., Bosque, A., & Vergara, D. (2025). Virtual reality in engineering education: a scoping review. *Education Sciences*, 15(8), 1027.
- Marks, B., & Thomas, J. (2021). Adoption of virtual reality technology in higher education: an evaluation of five teaching semesters in a purpose-designed laboratory. *Education and Information Technologies*, 27(1), 1287-1305.
- Okolie, J. A., & Okoye, P. U. (2023). The infusion of gamification in promoting chemical engineering laboratory classes. *Encyclopedia*, 3(3), 1058-1066.
- Qolamani, K. I. B., & Mohammed, M. M. (2023). The Digital Revolution in Higher Education: Transforming Teaching and Learning. *QALAMUNA: Jurnal Pendidikan Sosial dan Agama*, 15(2), 837-846. <https://doi.org/10.37680/qalamuna.v15i2.3905>
- Šiđanin, P., Plavšić, J., Arsenić, I., & Krmar, M. (2020). Virtual reality (vr) simulation of a nuclear physics laboratory exercise. *European Journal of Physics*, 41(6), 065802. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab9c90>
- Soliman, M., Pesyridis, A., Dalaymani-Zad, D., Gronfula, M., & Kourmpetis, M. (2021). The application of virtual reality in engineering education. *Applied Sciences*, 11(6), 2879.
- Wilkerson, M., Maldonado, V., Sivaraman, S., Rao, R., & Elsaadany, M. (2022). Incorporating immersive learning into biomedical engineering laboratories using virtual reality. *Journal of Biological Engineering*, 16(1).
- Williams, N. D., Gallardo-Williams, M. T., Griffith, E. H., & Stacey Lowery, B. (2021). Investigating meaningful learning in virtual reality organic chemistry laboratories. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 1100-1105.



# Transdigital<sup>®</sup>

editorial

La Editorial *Transdigital* publica libros de carácter científico y académico. Se pueden publicar tesis de posgrado, una vez sometidas al sistema de evaluación de pares de doble ciego. Servicios:

- Gestión del International Standard Book Number (ISBN), del Digital Object Identifier (DOI) y del código de barras.
- Diseño gráfico
- Servicio de corrección de estilo y redacción.
- Dictaminación de la revisión por pares en doble ciego hecha por miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI) de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) de México.
- Alojamiento permanente del libro en la editorial *Transdigital* ([www.editorial.transdigital.mx](http://www.editorial.transdigital.mx))
- Distribución gratuita en *Dialnet*, *Google Books*, *Google Play* y *SCRIBD*.
- Distribución a precio mínimo en *Amazon Kindle* (cuota que pagan los lectores de *Kindle*).

La editorial *Transdigital* está en el Registro en el Padrón Nacional de Editores como agente editor Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales, S. C., con el Dígito Identificador 978-607-99594. Además, está afiliada a la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana (CANIEM) con el número 4069, de conformidad con el artículo 17 de la Ley de Cámaras Empresariales y sus Confederaciones en vigor. Y está en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) de la SECIHTI de México con el folio: RENIECYT 2400068.



# Transdigital<sup>®</sup>

congreso virtual

El Congreso Virtual *Transdigital* se realiza anualmente de manera totalmente virtual ([www.congreso.transdigital.mx](http://www.congreso.transdigital.mx)). Este evento tiene el objetivo de reunir resultados parciales o finales de investigaciones empíricas, documentales o ensayos científicos sobre temas y desafíos que involucran a la tecnología y la transformación digital en sociedad.

Está dirigido a investigadores(as), docentes de todas las modalidades y niveles del sistema educativo, estudiantes de pregrado y posgrado, gestores(as) educativos(as), directivos(as) y demás profesionales interesados(as) en la investigación empírica y documental sobre el uso de la tecnología y la transformación digital en diversos ámbitos sociales, por ejemplo, la salud, el ocio, el turismo, las finanzas, la educación, el desarrollo comunitario, la industria, etcétera.

La inscripción por texto, con un máximo de tres autores(as) da el derecho de publicar la ponencia como capítulo de libro académico en la editorial *Transdigital*, una vez que ha sido admitida por el Comité Científico; además se otorgan certificados de ponencia y asistencia. Ese libro cuenta con International Standard Book Number (ISBN), Digital Object Identifier (DOI) y código de barras.

El Congreso Virtual *Transdigital* es una iniciativa que está inscrita en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) de la SECIHTI de México con el folio: RENIECYT 2400068.



# Transdigital<sup>®</sup>

revista científica

La revista científica *Transdigital* es una publicación semestral bajo el modelo de publicación continua, de manera que se reciben textos durante todo el año. Es editada por la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. Evalúa los textos con el sistema de pares de doble ciego. Se admiten Artículos de investigación y Ensayos científicos originales.

El proceso de publicación es expedito y, en promedio, los textos se publican tres meses después de que han sido recibidos. El Consejo científico y el Comité editorial se compone por distinguidas y distinguidos académicos de talla nacional e internacional. Cuenta con la Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020912091600-102, International Standard Serial Number (ISSN) 2683-328X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Hasta ahora, está indizada en Latindex, Dialnet, ERIHPLUS, REDIB, EuroPub, LivRe, AURA, Academic Resource Index (ResearchBib), MIAR, OpenAire-Explore, Refseek, Sherpa Romeo, Elektronische Zeitschriftenbibliothek, ZDB Zeitschriften Datenbank, WorldCat, Dimensions, The University of Liverpool, Discovery, Erasmus University Rotterdam, Mir@bel, REBIUN, DARDO, UOCI, LatinRev, ROAD, Google Scholar, Crossref, Scite, Lens, Internet Archive, BASE, etc.

El costo de publicación puede ser consultado en: [www.revista.transdigital.mx](http://www.revista.transdigital.mx)