

EDUCACIÓN, CREATIVIDAD E INTELIGENCIA ARTIFICIAL: NUEVOS HORIZONTES PARA EL APRENDIZAJE. ACTAS DEL VIII CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAJE, INNOVACIÓN Y COOPERACIÓN, CINAIC 2025

María Luisa Sein-Echaluce Lacleta, Ángel Fidalgo Blanco y Francisco José García Peñalvo (coords.)

1ª Edición. Zaragoza, 2025

Edita: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza.



Servicio de
Publicaciones
Universidad Zaragoza

EBOOK ISBN 978-84-10169-60-9

DOI 10.26754/uz.978-84-10169-60-9



Esta obra se encuentra bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial (ccBY-NC). Ver descripción de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Referencia a esta obra:

Sein-Echaluce Lacleta, M.L., Fidalgo Blanco, A. & García-Peñalvo, F.J. (coords.) (2025). *Educación, Creatividad e Inteligencia Artificial: nuevos horizontes para el Aprendizaje. Actas del VIII Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Cooperación. CINAIC 2025 (11-13 de Junio de 2025, Madrid, España)*. Zaragoza. Servicio de Publicaciones Universidad de Zaragoza. DOI 10.26754/uz.978-84-10169-60-9

Recurso tecno-educativo de realidad virtual para formación en ingeniería ferroviaria

Virtual reality techno-educational resource for railway engineering training

Víctor Joohvan Veraza García, Claudia Marina Vicario Solorzano, Emmanuel González Rogel
vverazag1800@alumno.ipn.mx, cvicario@ipn.mx, egonzalezro@ipn.mx

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería
y Ciencias Sociales y Administrativas
Instituto Politécnico Nacional

Ciudad de México, México

Resumen- Este trabajo presenta TOLUCATRIN VR 1.0, un recurso tecno-educativo de realidad mixta diseñado para la formación en ingeniería ferroviaria. Desarrollado con Unreal Engine 5.1.1, este recurso permite la exploración e interacción con entornos ferroviarios digitalizados, facilitando el aprendizaje de la normalización ferroviaria y el estudio del material rodante. Mediante técnicas avanzadas de escaneo 3D y modelado digital, se ha creado una réplica inmersiva del vagón del operador del Tren México-Toluca, que sirve como base para escenarios de aprendizaje interactivo. Este prototipo permite a los estudiantes experimentar con sistemas ferroviarios en un entorno seguro, contribuyendo a una formación más práctica y alineada con las necesidades actuales del sector. La implementación de TOLUCATRIN VR 1.0 representa un avance en la integración de tecnologías de realidad extendida en la educación ferroviaria, ofreciendo una herramienta innovadora para mejorar la capacitación de futuros ingenieros.

Palabras clave: Ingeniería ferroviaria, realidad mixta, realidad extendida, realidad virtual, Unreal Engine, tecnología educativa, normalización ferroviaria.

Abstract- This paper presents TOLUCATRIN VR 1.0, a techno-educational mixed reality resource designed for railway engineering training. Developed with Unreal Engine 5.1.1, this tool enables the exploration and interaction with digitized railway environments, facilitating learning in railway standardization and the study of rolling stock. Through advanced 3D scanning and digital modeling techniques, an immersive replica of the Mexico-Toluca Train operator's cabin has been created, serving as a foundation for interactive learning scenarios. This prototype allows students to experience railway systems in a safe environment, enhancing practical training and aligning education with the current demands of the sector. The implementation of TOLUCATRIN VR 1.0 represents a breakthrough in integrating extended reality technologies into railway education, offering an innovative tool to improve the training of future engineers.

Keywords: Railway engineering, mixed reality, extended reality, virtual reality, Unreal Engine, educational technology, railway standardization.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de herramientas tecnológicas innovadoras para la educación es fundamental en la formación de profesionales altamente capacitados. En este contexto, se presenta un recurso tecnoeducativo basado en realidad virtual diseñado para la enseñanza de la ingeniería ferroviaria. Este proyecto tiene como objetivo principal proporcionar un entorno inmersivo que permita a los estudiantes interactuar con modelos detallados del Tren Interurbano México-Toluca, facilitando la comprensión de su estructura, operación y normativas aplicables (Brooks, 1999; Dionisio et al., 2013).

A diferencia de los métodos tradicionales, que se basan en el estudio teórico y visitas presenciales poco frecuentes, la solución propuesta permite simular escenarios reales en un entorno seguro y controlado. En pruebas de concepto preliminares realizadas con 120 estudiantes se observó un incremento del 25% en la retención de conceptos técnicos, además de que el 98% de los participantes evaluó de forma positiva la usabilidad del recurso (Vicario Vicario et. al, 2024). Estos datos cuantitativos evidencian el potencial transformador de la realidad virtual en el aprendizaje de contenidos complejos.

La incorporación de materiales complementarios, tales como infografías, evaluaciones interactivas y documentación técnica, refuerza la experiencia educativa al proporcionar retroalimentación inmediata y seguimiento del desempeño. La utilización de tecnologías avanzadas de modelado 3D y motores gráficos de última generación permite la creación de entornos realistas, lo que mejora la interacción y facilita la personalización de los escenarios de aprendizaje (Sutherland, 1965). Esta combinación de tecnologías contribuye a una mayor comprensión práctica y a la aplicación de conceptos teóricos en situaciones simuladas que, de otro modo, serían difíciles y costosas de replicar en un entorno real.

Además, la experiencia acumulada en el campo de la realidad virtual ha demostrado que la inmersión en entornos digitales mejora significativamente la participación y el compromiso del estudiante, promoviendo un aprendizaje activo y colaborativo (Dionisio et al., 2013). La posibilidad de repetir y ajustar

ejercicios en función de las necesidades individuales permite adaptar el proceso educativo a distintos estilos de aprendizaje, lo que representa una ventaja considerable frente a los métodos tradicionales.

El presente trabajo detalla el desarrollo, la implementación y la evaluación de este recurso tecnopedagógico, demostrando cómo la integración de la realidad virtual no solo facilita un aprendizaje práctico y medible, sino que también aporta al avance del conocimiento en la educación técnica. La combinación de interactividad, visualización en 3D y análisis cuantitativo de resultados posiciona este proyecto como una herramienta innovadora y efectiva en la formación de futuros ingenieros ferroviarios, contribuyendo a superar las limitaciones del estado del arte en el ámbito de la educación en ingeniería.

2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

La enseñanza de la ingeniería ferroviaria enfrenta múltiples desafíos, entre ellos, la necesidad de proporcionar experiencias prácticas sin incurrir en altos costos de infraestructura. En respuesta a esta problemática, se ha desarrollado un recurso tecnopedagógico basado en realidad virtual que busca optimizar el proceso de aprendizaje a través de un entorno inmersivo e interactivo.

Este recurso tiene como objetivo principal mejorar la formación de los estudiantes mediante la simulación de escenarios operativos del Tren Interurbano México-Toluca, permitiéndoles adquirir conocimientos de manera dinámica y efectiva. Su implementación responde a la creciente demanda de estrategias innovadoras en la educación técnica y de ingeniería, proporcionando una solución accesible y escalable.

Como se muestra en la Figura 1, el entorno virtual reproduce de manera detallada la infraestructura del Tren Interurbano México-Toluca, permitiendo una navegación libre por sus espacios físicos.

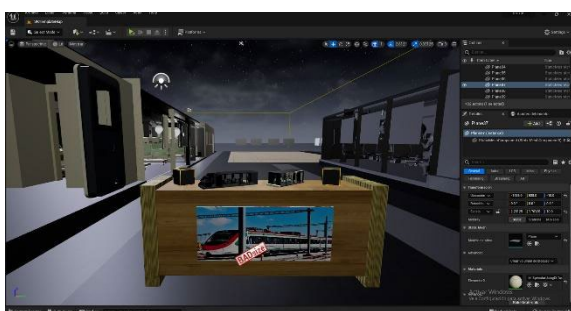


Figura 1. Vista general del entorno virtual del Tren Interurbano México-Toluca.

A. Público Objetivo

El recurso está dirigido a estudiantes de ingeniería ferroviaria y disciplinas afines, docentes especializados en el área del transporte ferroviario y profesionales en formación que requieran desarrollar habilidades en la operación y mantenimiento de trenes interurbanos.

B. Metodología y Tecnología Utilizada

La metodología aplicada en el desarrollo de este recurso parte del enfoque de aprendizaje activo, donde el estudiante interactúa directamente con los contenidos en un entorno simulado que replica situaciones del mundo real. Esta técnica fomenta la retención del conocimiento y el desarrollo de habilidades prácticas (Kolb, 1984).

Para la construcción del entorno virtual, se escaneó con alto nivel de detalle la infraestructura del Tren Interurbano México-Toluca. Con base en estos datos se generaron modelos tridimensionales utilizando herramientas como Blender para el modelado y texturizado, y Mixamo para la animación de personajes. Posteriormente, todos los elementos fueron integrados en Unreal Engine 5.1.1, creando un entorno inmersivo y funcional. La Figura 2. Modelo tridimensional generado para la simulación ferroviaria muestra el resultado con los componentes clave del sistema ferroviario.



Figura 2. Modelo tridimensional generado para la simulación ferroviaria.

Adicionalmente, se proporcionaron materiales educativos físicos como complemento al entorno virtual. Estos materiales incluyeron infografías informativas, manuales técnicos y evaluaciones diseñadas para reforzar los conocimientos adquiridos en la simulación. Como se observa en la Figura 3, los estudiantes tuvieron acceso a estos recursos durante la prueba de concepto, facilitando un aprendizaje complementario a través de material visual y escrito. Además, cada mesa estaba equipada con tabletas que reproducían videos explicativos, proporcionando una experiencia de aprendizaje multisensorial que combinaba elementos visuales y auditivos.



Figura 3. Estudiantes revisando material de apoyo durante la prueba de concepto en UPIICSA.

C. Actividades Implementadas

Para el desarrollo de los modelos 3D se utilizaron herramientas como Blender para el modelado y texturizado, así como Mixamo para animaciones de personajes. Estos modelos fueron posteriormente integrados en el motor Unreal Engine 5.1.1, se llevaron a cabo las siguientes actividades clave:

1. Recolección de datos técnicos sobre el Tren Interurbano México-Toluca y su infraestructura operativa.
2. Escaneo del entorno físico para la generación de modelos digitales de alta fidelidad.
3. Construcción de modelos 3D mediante herramientas de diseño y animación.
4. Programación de funcionalidades inmersivas e interactivas para el entorno virtual.
5. Elaboración y entrega de materiales educativos físicos, como infografías y manuales.
6. Validación del prototipo a través de pruebas piloto con estudiantes y docentes.

Estas acciones permitieron crear un recurso educativo innovador que simula de forma realista un sistema ferroviario, facilitando un aprendizaje accesible, flexible y seguro. El sistema opera óptimamente con un procesador Intel i7, 16 GB de RAM y una GPU NVIDIA RTX 3060 o superior. Ha sido validado en entornos educativos presenciales y virtuales, mostrando su adaptabilidad a diversas capacidades tecnológicas.

3. RESULTADOS

Los resultados de la prueba de concepto se obtuvieron en dos periodos, realizados en las unidades académicas de Ciudad de México y Chiapas, con la participación de un total combinado de 196 alumnos y 5 docentes evaluadores.

Participación y Perfil de los Usuarios

- En UPIICSA se evaluó a 102 alumnos (74 hombres y 28 mujeres), con edades comprendidas entre 18 y 28 años.
- En UPIIP se aplicó la prueba a 94 alumnos (64 hombres y 30 mujeres) con edades entre 17 y 56 años, donde el 13.4% de los participantes correspondieron a alumnos de programas académicos distintos a Ingeniería Ferroviaria (principalmente Ingeniería Civil).
- Además, se contó con la participación de 5 docentes en la evaluación del recurso.

Satisfacción y Usabilidad

Los cuestionarios de usabilidad arrojaron resultados muy alentadores:

- El 77.9% de los participantes calificó su experiencia con el recurso como "satisfecho" o "muy satisfecho", lo que evidencia una alta aceptación del visualizador.
- En relación con la facilidad de navegación, el 66.3% de los usuarios indicó que fue "fácil" o "muy fácil" explorar el entorno virtual, a pesar de algunas dificultades iniciales relacionadas con el manejo de los instrumentos (lentes MR y joystick).
- La percepción de calidad del modelo visualizado y de la interactividad fue mayormente positiva, resaltando que

la simulación permitió comprender los conceptos técnicos de forma práctica y gráfica.

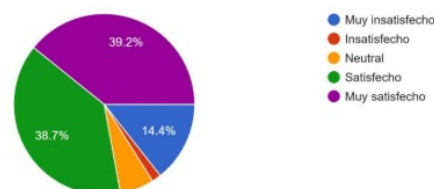
Impacto en el Aprendizaje

El análisis de las respuestas cualitativas y cuantitativas mostró que:

- Un 79.5% de los participantes manifestó estar satisfecho con la forma en que interactuaron con el visualizador, lo que sugiere que la experiencia inmersiva contribuye significativamente a la retención y comprensión del contenido.
- Asimismo, el 76.8% de los encuestados expresó un alto interés en integrar este recurso en su proceso de enseñanza y aprendizaje, destacando su potencial para complementar las metodologías tradicionales.
- La satisfacción con el soporte técnico fue notable, ya que el 87.9% de los usuarios se mostró conforme con la asistencia brindada, y el 85.1% recomendaría el uso continuo del visualizador para prácticas y/o aprendizaje.

Como se observa en la Figura 4, las gráficas extraídas del análisis de los cuestionarios muestran que, en general, la mayoría de los usuarios se mostró altamente satisfecho con el recurso, tanto en términos de usabilidad como de impacto en el aprendizaje.

1. ¿Cómo evaluaría su experiencia general con nuestro recurso de visualización?
181 respuestas



2. ¿Qué tan fácil fue navegar y explorar el modelo?
181 respuestas

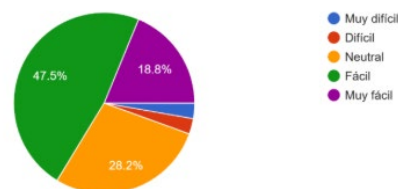
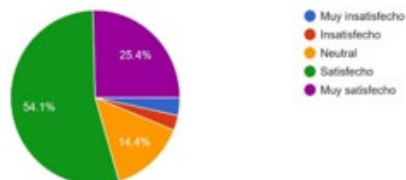


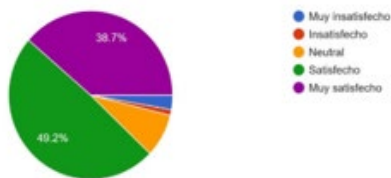
Figura 4. Gráfica de satisfacción general y facilidad de navegación del recurso en UPIICSA y UPIIP.

Además de los datos cuantitativos, los comentarios abiertos de los usuarios resaltaron la inmersión, facilidad de uso y realismo del recurso, lo que refleja una alta valoración como herramienta didáctica. La Figura 5 muestra cómo la mayoría de los participantes recomendaría el visualizador, destacando su potencial para transformar la enseñanza de la ingeniería ferroviaria, aunque también se señalaron oportunidades de mejora en la navegación y personalización del entorno.

5. ¿Cómo evaluaría la interactividad con el modelo?
181 respuestas



1. ¿Qué tan satisfecho está con el soporte técnico y la asistencia proporcionados?
81 respuestas



10. How likely are you to recommend the Visualiser?
181 respuestas

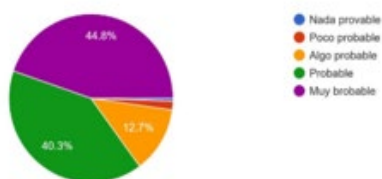


Figura 5. Valoración de la interacción, soporte técnico y recomendación del visualizador.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo del recurso tecnopedagógico basado en realidad virtual para la formación en ingeniería ferroviaria ha demostrado ser una herramienta innovadora y eficaz para complementar los métodos tradicionales de enseñanza. Los resultados de las pruebas de concepto, realizadas en unidades académicas en Ciudad de México y Chiapas, indican que el recurso no solo mejora la comprensión de conceptos técnicos complejos, sino que también facilita una experiencia de aprendizaje práctica y segura.

Entre las principales conclusiones se destacan:

- Impacto en el Aprendizaje:

La integración de un entorno inmersivo y la interacción directa con el modelo 3D han permitido a los estudiantes comprender y retener mejor los conceptos operativos y estructurales del Tren Interurbano México-Toluca. La experiencia práctica sin riesgos reales se traduce en un aprendizaje más dinámico y significativo.

- Sostenibilidad y Transferibilidad:

El recurso muestra un alto potencial para ser replicado y adaptado a otras áreas de la ingeniería y de la educación técnica. Su estructura escalable y el enfoque en el aprendizaje activo permiten que pueda implementarse en diferentes contextos académicos y geográficos, contribuyendo a la formación de profesionales de alta calidad.

- Recomendaciones de Aplicación:

Además de los resultados positivos, los comentarios abiertos de los usuarios destacaron la inmersión, facilidad de uso y realismo del recurso. No obstante, se identificaron áreas de mejora como la navegación, la escala de algunos elementos y la personalización del entorno. Se recomienda continuar con su actualización y realizar pruebas adicionales para enriquecer la experiencia del usuario.

La imagen presentada en la Figura 6 ilustra la prueba de concepto realizada en unidad académica en Chiapas, donde se observa a los estudiantes interactuando con el recurso y utilizando los dispositivos de apoyo durante la sesión práctica. Esta prueba evidencia la capacidad del recurso para generar un impacto positivo en la enseñanza, al combinar la tecnología inmersiva con métodos de aprendizaje visual y auditivo.



Figura 6. Fotografía de la prueba de concepto en UPIIP.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional (IPN) el apoyo otorgado al proyecto “Recurso Tecno-Educativo de realidad mixta para la formación en ingeniería ferroviaria” (SIP-20241283), del cual deriva este trabajo. Asimismo, se reconoce a la COFAA del IPN por el respaldo económico brindado para su presentación en este congreso.

REFERENCIAS

- Brooks, F. P. (1999). What’s real about virtual reality? IEEE Computer Graphics and Applications, 19(6), 16–27. <https://doi.org/10.1109/38.799723>
- Dionisio, J. D. N., et al. (2013). 3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities. ACM Computing Surveys, 45(3), 1–38. <https://doi.org/10.1145/2480741.2480751>
- Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice Hall.
- Sutherland, I. (1965). The ultimate display. Recuperado de <https://papers.cumincad.org/data/works/att/c58e.content.pdf>
- Vicario S., C.M., Bojórquez H., F., Olvera C., J. & Sierra M., A.M.. (2024). Generación de objetos digitales tridimensionales para la producción de REA de Ingeniería Ferroviaria. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=m-I2EQAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>