Humanidades, Tecnología y Ciencia, del Instituto Politécnico Nacional
Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título: 04-2010-0326124-14000-203 ISSN: 2007-1957

APLICACIONES DE LA CAPACITACIÓN INMERSIVA EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Adiel Sotelo Méndez
Instituto Politécnico Nacional, UPIICSA
adielsot@gmail.com

Claudia Marina Vicario Solórzano
Instituto Politécnico Nacional, UPIICSA
cvicario@ipn.mx

Abstract

La industria automotriz atraviesa por un proceso de transformación impulsado por la Industria 4.0, donde la capacitación del capital humano se ha convertido en un factor estratégico para garantizar competitividad, seguridad y calidad. Así que en este ensayo se analiza críticamente las aplicaciones de la capacitación inmersiva basada en realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA) en el sector automotriz. A partir de literatura científica de alto impacto, se examinan sus principales usos en formación técnica, ergonomía, seguridad industrial y mantenimiento, así como los beneficios y limitaciones asociados. La evidencia reporta mejoras en el aprendizaje procedimental, reducción de errores operativos y mayor retención del conocimiento, aunque persisten desafíos relacionados con los costos iniciales, la estandarización metodológica y el diseño pedagógico de los entornos virtuales (Radianti et al., 2023; Bottani & Vignali, 2023). Finalmente, se discuten las implicaciones de estas tecnologías para la formación profesional en la industria automotriz contemporánea.

Palabras clave: realidad virtual, realidad aumentada, industria automotriz, capacitación inmersiva, industria 4.0

Introducción

La Industria 4.0 ha transformado de manera sustantiva los sistemas productivos a través de la integración de tecnologías digitales avanzadas, entre las que destacan la automatización inteligente, la digitalización de procesos y los entornos virtuales interactivos. En este paradigma, la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) se han consolidado como tecnologías habilitadoras clave para la simulación, visualización y optimización de procesos industriales complejos (de Pace et al., 2018; Yeh et al., 2024). En particular, la industria automotriz —caracterizada por altos niveles de automatización, estrictos estándares de calidad y elevados riesgos operativos— demanda estrategias de capacitación que permitan desarrollar competencias técnicas sin comprometer la seguridad ni la continuidad operativa (Bottani & Vignali, 2023).

Tradicionalmente, la formación del personal en el sector automotriz se ha basado en instrucción teórica complementada con prácticas presenciales limitadas. Sin embargo,

diversos estudios han evidenciado que estos enfoques resultan insuficientes para abordar la creciente complejidad de los sistemas productivos modernos, especialmente cuando los procesos involucran maquinaria costosa, tareas de alto riesgo o situaciones difíciles de replicar en condiciones reales (Radianti et al., 2023; Gavish et al., 2015). Además, la exposición temprana a entornos reales puede incrementar la probabilidad de errores humanos, accidentes laborales y fallas operativas durante las etapas iniciales de aprendizaje (Renganayagalu et al., 2021).

En respuesta a estas limitaciones, la capacitación inmersiva basada en RV y RA ha emergido como una alternativa con alto potencial formativo, al permitir la creación de entornos de aprendizaje seguros, controlados y repetibles. La literatura señala que estas tecnologías favorecen el aprendizaje experiencial al involucrar activamente al usuario en la resolución de tareas, promoviendo una mayor comprensión procedimental y una transferencia más efectiva del conocimiento hacia el entorno laboral real (Makransky et al., 2019; Makransky & Petersen, 2019). Asimismo, se ha documentado que los entornos inmersivos incrementan la motivación, el compromiso cognitivo y la retención del conocimiento, factores críticos para la capacitación en contextos industriales altamente demandantes (Rupp & King, 2019; Yeh et al., 2024).

En el ámbito específico de la industria automotriz, investigaciones recientes han demostrado aplicaciones exitosas de la realidad virtual en áreas como la ergonomía laboral, la simulación de procesos productivos y el diseño de estaciones de trabajo, contribuyendo a la reducción de errores, la mejora de la seguridad y la optimización del desempeño humano (Carnazzo et al., 2024; Faccio et al., 2019). No obstante, también se han identificado desafíos asociados a su implementación, tales como los costos iniciales de desarrollo, la necesidad de estandarización metodológica y los riesgos de sobrecarga cognitiva en entornos altamente inmersivos (Borsci et al., 2015; Tümler et al., 2020).

En este contexto, el presente ensayo tiene como objetivo analizar de manera crítica las aplicaciones de la capacitación inmersiva en la industria automotriz, examinando sus principales beneficios, limitaciones y aportes estratégicos a la formación del capital humano, así como su papel dentro del marco de la Industria 4.0.

Desarrollo

La capacitación inmersiva se fundamenta en los principios del aprendizaje experiencial, donde la adquisición del conocimiento ocurre a través de la interacción activa del individuo con entornos simulados que reproducen condiciones reales de trabajo. En el contexto industrial, y particularmente en la industria automotriz, la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) han sido ampliamente utilizadas para la formación en procesos de ensamblaje, mantenimiento y diagnóstico, permitiendo a los trabajadores desarrollar competencias técnicas y procedimentales antes de enfrentarse a escenarios productivos reales (Bottani & Vignali, 2023; Mujber et al., 2004).

Uno de los beneficios más consistentes reportados en la literatura es la reducción de errores durante las etapas iniciales de aprendizaje. La posibilidad de ejecutar tareas complejas de manera repetitiva, sin consecuencias físicas ni económicas, favorece una curva de aprendizaje más eficiente y segura, especialmente en actividades que implican toma de decisiones en tiempo real

(Gavish et al., 2015; Renganayagalu et al., 2021). Estudios empíricos y metaanálisis han demostrado que los entornos inmersivos contribuyen a una mayor retención del conocimiento y a una transferencia más efectiva de habilidades procedimentales en comparación con los métodos tradicionales de capacitación (Makransky et al., 2019; Makransky & Petersen, 2019).

No obstante, la implementación de la capacitación inmersiva en entornos industriales presenta desafíos relevantes que deben ser considerados de manera crítica. Entre ellos destacan los costos iniciales asociados al desarrollo de software especializado, la adquisición de dispositivos de visualización inmersiva y la formación de instructores capacitados para su correcta integración pedagógica (Bottani & Vignali, 2023; Palmarini et al., 2018). Asimismo, diversos autores advierten sobre el riesgo de sobrecarga cognitiva cuando los entornos virtuales incorporan altos niveles de estímulos sin un diseño instruccional adecuado, lo que puede afectar negativamente el desempeño y la experiencia de aprendizaje de los usuarios (Borsci et al., 2015; Tümler et al., 2020).

Aplicaciones de la capacitación inmersiva en la industria automotriz

La literatura científica reporta un amplio abanico de aplicaciones de la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) en la industria automotriz, particularmente en actividades que requieren altos niveles de precisión, seguridad y eficiencia operativa. Entre las aplicaciones más relevantes se encuentran la capacitación en procesos de ensamblaje de componentes, la simulación de tareas de mantenimiento y diagnóstico, el entrenamiento en seguridad industrial y la formación técnica especializada en contextos educativos estrechamente vinculados a la industria (Bottani & Vignali, 2023; Palmarini et al., 2018).

Uno de los campos de aplicación con mayor impacto es la ergonomía laboral, donde los entornos inmersivos permiten evaluar de manera anticipada la interacción entre el trabajador, la tarea y el entorno productivo. Carnazzo et al. (2024) demuestran que los sistemas de realidad virtual combinados con dispositivos portables facilitan el análisis de posturas de trabajo y la identificación de riesgos ergonómicos sin recurrir a prototipos físicos. Este enfoque no solo contribuye a la reducción de costos asociados al rediseño de estaciones de trabajo, sino que también promueve un diseño preventivo orientado a la disminución de lesiones musculoesqueléticas y a la mejora del bienestar laboral (Faccio et al., 2019).

Asimismo, la capacitación inmersiva ha mostrado resultados positivos en el ámbito de la seguridad industrial, al permitir la recreación de escenarios peligrosos o de emergencia que resultarían inviables o riesgosos de reproducir en entornos reales. La simulación de fallas operativas, incidentes críticos y situaciones de riesgo fortalece la capacidad de respuesta de los trabajadores y mejora la toma de decisiones bajo presión, contribuyendo al desarrollo de una cultura organizacional orientada a la prevención y la seguridad (Renganayagalu et al., 2021; Yeh et al., 2024). En este sentido, la incorporación de entornos inmersivos en los programas de capacitación automotriz representa una estrategia efectiva para reducir accidentes laborales y mejorar el desempeño humano en contextos productivos complejos.

Discusión

El análisis crítico de la literatura revisada permite afirmar que la capacitación inmersiva

basada en realidad virtual y realidad aumentada constituye una herramienta eficaz para responder a los retos formativos de la industria automotriz contemporánea, caracterizada por procesos altamente complejos, entornos de trabajo dinámicos y estrictos requerimientos de calidad y seguridad. Sin embargo, diversos estudios coinciden en que su efectividad no depende únicamente de la sofisticación tecnológica, sino de su integración coherente con metodologías pedagógicas sólidas y de su alineación con las competencias técnicas y cognitivas demandadas por la industria (Radianti et al., 2023; Makransky et al., 2019).

En este sentido, la capacitación inmersiva no debe concebirse como un sustituto absoluto de los métodos tradicionales de formación, sino como un complemento estratégico que potencia el aprendizaje experiencial y facilita una transición progresiva y segura hacia la práctica real. La combinación de entornos virtuales con estrategias instruccionales bien diseñadas permite optimizar la adquisición de habilidades procedimentales, mejorar la toma de decisiones en tiempo real y reducir los errores durante las fases iniciales del aprendizaje, particularmente en tareas de alto riesgo o elevado costo operativo (Bottani & Vignali, 2023; Gavish et al., 2015).

Asimismo, la evidencia empírica resalta el valor de la capacitación inmersiva en áreas críticas como la ergonomía y la seguridad industrial. La posibilidad de analizar posturas de trabajo, simular escenarios peligrosos y evaluar el desempeño humano en condiciones controladas contribuye no solo a la mejora del rendimiento operativo, sino también a la prevención de riesgos laborales y al bienestar integral de los trabajadores (Carnazzo et al., 2024; Renganayagalu et al., 2021). No obstante, algunos autores advierten que un diseño inadecuado de los entornos inmersivos puede generar sobrecarga cognitiva y limitar los beneficios del aprendizaje, lo que subraya la necesidad de considerar principios de usabilidad, interacción humano-computadora y carga cognitiva en el desarrollo de estas soluciones formativas (Borsci et al., 2015; Tümler et al., 2020).

En conjunto, la literatura sugiere que el valor estratégico de la capacitación inmersiva en la industria automotriz radica en su implementación planificada y contextualizada, donde la tecnología actúa como un habilitador del aprendizaje y no como un fin en sí mismo. Esta perspectiva refuerza la importancia de adoptar enfoques integradores que articulen tecnología, pedagogía y necesidades organizacionales para maximizar el impacto formativo y sostenible de las soluciones inmersivas en el sector automotriz.

Conclusiones

La capacitación inmersiva basada en tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada se consolida como una de las tendencias más relevantes de la Industria 4.0 aplicada al sector automotriz, particularmente en contextos caracterizados por procesos productivos complejos, altos estándares de calidad y elevados riesgos operativos. A partir del análisis de literatura científica de alto impacto, este ensayo concluye que dichas tecnologías aportan beneficios significativos en la adquisición de habilidades técnicas, la reducción de errores durante las etapas iniciales de aprendizaje, la mejora en la retención del conocimiento y el fortalecimiento de la seguridad laboral, en comparación con los enfoques tradicionales de capacitación (Bottani & Vignali, 2023; Makransky et al., 2019; Radianti et al., 2023).

No obstante, la evidencia analizada indica que la efectividad de la capacitación inmersiva no

depende exclusivamente de la incorporación tecnológica, sino de su integración estratégica dentro de modelos pedagógicos bien estructurados y alineados con las competencias específicas demandadas por la industria automotriz. Desafíos como los costos iniciales de implementación, la necesidad de estandarización metodológica y el diseño instruccional de los entornos virtuales representan factores críticos que deben ser considerados para maximizar el impacto formativo y evitar efectos adversos, como la sobrecarga cognitiva o la baja transferencia del aprendizaje (Borsci et al., 2015; Tümler et al., 2020).

Desde una perspectiva organizacional y social, la aplicación de tecnologías inmersivas en áreas como la ergonomía y la seguridad industrial refuerza su valor estratégico, al contribuir a la prevención de riesgos laborales, al bienestar de los trabajadores y a la mejora del desempeño humano en entornos productivos complejos. La simulación de escenarios peligrosos y el análisis ergonómico anticipado permiten a las organizaciones automotrices adoptar enfoques preventivos que trascienden la capacitación técnica y fortalecen una cultura de seguridad sostenible (Carnazzo et al., 2024; Renganayagalu et al., 2021).

Finalmente, se concluye que la capacitación inmersiva debe concebirse como un complemento estratégico de los métodos formativos tradicionales y no como un sustituto total de los mismos. Su implementación exitosa requiere una planificación integral que articule tecnología, pedagogía y objetivos organizacionales. Futuras líneas de investigación deberían profundizar en la evaluación del impacto a largo plazo de estas tecnologías, así como en el desarrollo de modelos estandarizados y escalables que faciliten su adopción en distintos contextos del sector automotriz, consolidando su contribución al desarrollo del capital humano en la era de la Industria 4.0 (Yeh et al., 2024; Palmarini et al., 2018).

Referencias

Bottani, E., & Vignali, G. (2023).

Augmented and virtual reality for training in manufacturing: A systematic literature review. Sustainability, 15(5), 4216.

https://doi.org/10.3390/su15054216

Carnazzo, C., Spada, S., Lamacchia, S., Manuri, F., Sanna, A., & Cavatorta, M. P. (2024).

Virtual reality in ergonomics by wearable devices: Experiences from the automotive sector. Journal of Workplace Learning, 36(7), 621–635.

https://doi.org/10.1108/JWL-03-2024-0064

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2023).

A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education. Computers & Education, 192, 104641.

https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641

Yeh, C.-C., Peng, H.-T., & Lin, W.-B. (2024).

Virtual reality applications in Industry 4.0. Applied Sciences, 14(2), 789.

https://doi.org/10.3390/app14020789

Makransky, G., Petersen, G. B., & Immersive Learning Research Group. (2019).

Immersive virtual reality and learning: A meta-analysis. Educational Psychology Review, 31, 1109–1139.

https://doi.org/10.1007/s10648-019-09499-1

Renganayagalu, S. K., Mallam, S. C., & Nazir, S. (2021).

Effectiveness of virtual reality training in industrial safety. Safety Science, 133, 104997.

https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104997

de Pace, F., Manuri, F., & Sanna, A. (2018).

Augmented reality in industry 4.0. Applied Sciences, 8(11), 2197.

https://doi.org/10.3390/app8112197

Borsci, S., Lawson, G., & Broome, S. (2015).

Empirical evidence, evaluation criteria and challenges for human–computer interaction in industry. International Journal of Human-Computer Studies, 80, 56–78.

https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2015.03.003

Cheng, Y., & Teizer, J. (2013).

Real-time resource location data collection and visualization using BIM and VR. Automation in Construction, 34, 1–15.

https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.10.002

Syberfeldt, A., Danielsson, O., & Holm, M. (2016).

Virtual reality visualization for product and production development. Procedia CIRP, 44, 193–198.

https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.02.058

Faccio, M., Ferrari, E., Gamberi, M., & Pilati, F. (2019).

Motion analysis system for ergonomics assessment in industrial environments. Procedia Manufacturing, 39, 1561–1568.

https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.314

Gavish, N., Gutierrez, T., Webel, S., Rodriguez, J., & Tecchia, F. (2015).

Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance. Computers & Graphics, 53, 46–59.

https://doi.org/10.1016/j.cag.2015.07.003

Freina, L., & Ott, M. (2015).

A literature review on immersive virtual reality in education. eLearning & Software for Education, 1, 133–141.

https://doi.org/10.12753/2066-026X-15-020

Wolfartsberger, J. (2019).

Analyzing the potential of virtual reality for engineering design review. Applied Sciences, 9(21), 4539.

https://doi.org/10.3390/app9214539

Mujber, T. S., Szecsi, T., & Hashmi, M. S. J. (2004).

Virtual reality applications in manufacturing process simulation. Journal of Materials Processing Technology, 155–156, 1834–1838.

https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.04.401

Pérez, L., Diez, E., Usamentiaga, R., & García, D. F. (2019).

Industrial augmented reality: A review. Computers in Industry, 104, 56–72.

https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.11.002

Rupp, M. A., & King, C. (2019).

Human performance in immersive virtual environments. Human Factors, 61(6), 999–1016.

https://doi.org/10.1177/0018720819845086

Makransky, G., & Petersen, G. B. (2019).

Immersive VR and learning outcomes. British Journal of Educational Technology, 50(1), 209–225.

https://doi.org/10.1111/bjet.12799

Palmarini, R., Erkoyuncu, J. A., Roy, R., & Torabmostaedi, H. (2018).

A systematic review of augmented reality applications in maintenance. Journal of Manufacturing Systems, 49, 215–228.

https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.002

Tümler, J., Meiner, M., & Krüger, A. (2020).

Evaluating cognitive load in immersive virtual environments. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 26(12), 3439–3449.

https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.3023572

Notas de los autores

Los autores del presente artículo Adiel Sotelo Méndez *https://orcid.org/0009-0009-1940-9715* y Claudia Marina Vicario Solórzano https://orcid.org/0000-0003-0144-3607, agradecen y dan crédito al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por el apoyo brindado a través de la Maestría de Informatica de la UPIICSA para la realización de la contribución y a la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del IPN el apoyo financiero recibido a través del proyecto 20254760.