

REVISIÓN DE LOS AMBIENTES VIRTUALES INMERSIVOS EN PROGRAMAS DE CIENCIAS COMPUTACIONALES EN MÉXICO

REVIEW OF IMMERSIVE VIRTUAL ENVIRONMENTS IN COMPUTER SCIENCE PROGRAMS IN MEXICO

J. Pérez Escamilla¹
M. Pérez Bautista²
C. A. Martínez Calva³
L. Mendoza Guzmán⁴

RESUMEN

La realidad virtual (VR, del inglés Virtual Reality) es la herramienta para crear un ambiente digital simulado, que permite la experimentación, el entrenamiento, la educación, aplicaciones de medicina, espaciales, etc. Mientras que la realidad aumentada (AR, del inglés Augmented Reality) toma ventaja de VR, pero el usuario experimenta un ambiente del mundo real apoyado de información superpuesta. El mercado internacional estima que para 2028, la participación del mercado de estas tecnologías se aproxime a los 55 mil millones de dólares. En México, se estima que el 25% de los profesionales y estudiantes, puedan acceder a tecnología para el desarrollo en educación por medios virtuales para 2025. Mediante una metodología descriptiva, se realiza una revisión formal del estado del arte, centrada en identificar las características de la implementación de ambientes inmersivos, considerando los aspectos éticos, de costos y de expectativa, retos y realidades de la implementación en programas de estudio relacionados a ingeniería en sistemas computacionales.

ABSTRACT

Virtual Reality (VR) is the tool to create a simulated digital environment, which allows experimentation, training, education, medical, space applications, etc. Augmented Reality (AR) takes advantage of VR, but the user experiences a real-world environment supported by superimposed information. The international market estimates that by 2028 the market share of these technologies will be close to 55 billion dollars. In Mexico, it is estimated that 25% of professionals and students will be able to access technology for the development of education through virtual media by 2025. Through a descriptive methodology, a formal review of the state of the art is carried out, focused on identifying the characteristics of the implementation of immersive environments, considering the ethical, cost and expectation aspects, challenges and realities of the implementation in study programs related to computer systems engineering.

ANTECEDENTES

Los dispositivos de realidad virtual (VR, del inglés Virtual Reality) han experimentado un crecimiento en su desarrollo y en el uso. El mayor impacto se da en el área de entretenimiento, como los videojuegos, pero también en áreas como la exploración espacial, la educación y otras. Los sistemas inmersivos, permiten una experiencia más enriquecedora, pues los sentidos se concentran en la actividad que se está desarrollando. La retroalimentación háptica, mejora sustancialmente la percepción del usuario.

¹ PTC del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo. javierperez@itsoeh.edu.mx

² PTC del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo. mperez@itsoeh.edu.mx

³ PTC del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo. camartinezc@itsoeh.edu.mx.

⁴ PTC del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo. lmendoza@itsoeh.edu.mx

El uso de realidad virtual (VR, del inglés Virtual Reality) en entornos de educación y capacitación, se puede dar en instituciones académicas y capacitación corporativa. Los ambientes virtuales inmersivos ofrecen la posibilidad de aprender temas complejos y que requieren experimentación sensorial y abstracta. El mercado de la VR en el contexto de la formación académica se espera que crezca hasta 21 mil millones de dólares para 2023 y que en 2028 llegue a 55 mil millones de dólares. Los factores que refuerzan esta tendencia son un mayor uso en educación en línea, las ventajas que ofrece el ambiente virtual, que el costo de implementación de dispositivos es mucho menor y la adopción en empresas de tecnología. (MordorIntelligence, 2023)

Network Information Center (s.f.) realizó un análisis del uso de las tecnologías de VR/AR, encontrando que durante la pandemia de Coronavirus (Covid-19), el uso creció durante el 2019. En la educación, los profesionales y estudiantes llevaron a cabo actividades remotas con una tendencia al alza de hasta el 25%, concluyendo en enero de 2024. La facilidad de adquisición de los medios físicos, como el Vision Pro de Apple, fue uno de los factores del crecimiento.

Históricamente, la primera tecnología de VR desarrollada por primera vez fue el dispositivo llamado Sensorama en el año de 1957. El término de “realidad virtual” fue acuñado en 1987 por Jaron Lanier, en un sistema de cine que permitía retroalimentación visual, háptica y olfativa (Poetker, 2019)

La realidad aumentada (AR, del inglés Augmented Reality) hace uso de información en forma de texto, gráficos, audio y otros elementos virtuales para realzar objetos del mundo real. AR integra y añade valor a las interacciones del usuario con el mundo real, versus una simulación (Gartner, s.f.).

Los sistemas de realidad virtual han sido usados para simulación de prácticas y seguridad. Por ejemplo, simular situaciones de alto riesgo permite entrenar la operación de máquinas. Este tipo de entrenamiento permite salvar la vida de las personas que combaten incendios ayudando a salvar vidas y recursos.

La VR en las aulas está ganando terreno con aplicaciones educativas. Kavanagh et al. (2017) revisan aspectos de literatura, resaltando que la mayoría de las aplicaciones están enfocadas en simulaciones para procesos técnicos. El enfoque está más en el uso de la tecnología, que en un método de enseñanza.

Venga (2022) hace énfasis en que el objetivo del proceso educativo es preparar estudiantes para el trabajo, sustentado en una educación basada en la competitividad. Entonces la experimentación y simulación cobran relevancia en el proceso de enseñanza. Para impactar en el proceso de aprendizaje se requiere que se esté enfocado en el objeto de estudio. Loftin et al. (1993) implementaron un laboratorio de física virtual, observando que, en un medio inmersivo, la atención es completa, la motivación es alta, donde la comprensión intuitiva de conceptos completos tiene una retención significativa.

La investigación del uso de los VR en la educación y los entornos colaborativos virtuales están lejos de poder implementarse. El uso de audio, video, comunicaciones y redes sociales

se integran a plataformas para trabajo en equipo, pero quedan aún debajo de la expectativa del usuario. La tarea de diseño es la parte medular de un curso práctico, requiere ser especificado de forma precisa y los miembros deben ser creativos (Häfner et al., 2013)

Román et al. (2020) conducen un análisis de la coexistencia entre los conceptos de industria 4.0 y educación 4.0 en México, consideran que la evolución de esta industria a nivel global, así como, la del enfoque educativo, requiere evidenciar el desarrollo de habilidades bajo la visión de la formación académica equiparable tecnológicamente. Un enfoque es el diseño e implementación de una secuencia didáctica de aprendizaje de tipo exploratorio, bajo la premisa del pensamiento computacional y activo. Usando una población de estudiantes de nuevo ingreso, (N = 63), de un programa educativo de ingeniería, los resultados muestran de manera preliminar, que se puede llevar a cabo el aprendizaje de conceptos de alto nivel a través del diseño de una secuencia didáctica de bajo costo y que no comprometa la calidad y profundidad de los conceptos abordados, así como, la contextualización, social y profesional, sobre sus actividades como futuros profesionistas.

Colás et al. (2018) hacen un recorrido por los efectos de la inclusión de las TIC en Educación Secundaria y Primaria dentro del sistema educativo español, desde una perspectiva general y amplia. Nuestro interés no pretende ofrecer una panorámica exhaustiva, detallada y minuciosa de la revisión de la producción científica sobre efectos o repercusiones, sino presentar únicamente aspectos que entendemos son relevantes para visualizar esa incidencia en la enseñanza y establecer algunas valoraciones. Esta revisión nos permite identificar una serie de rasgos que caracterizan la evolución y las transformaciones que generan estas tecnologías en la enseñanza en los niveles educativos no universitarios, así como analizar las principales dificultades para que se produzca una integración plena, valorando los posibles cambios y transformaciones que puedan facilitar dentro del sistema educativo.

Pirker et al. (2020) realizan una revisión sistemática de ambientes inmersivos usando la metodología PRISMA (del inglés, Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyse). De 211 publicaciones, 12 de los artículos se enfocan en el uso de VR y en la educación de las ciencias computacionales. Consideran que el tema ha repuntado desde la aparición de Oculus Rift y Kinect. Resumen que los entornos de aprendizaje inmersivos: la taxonomía de Bloom es usada para describir las actividades por el nivel de cognición del objetivo; el aprendizaje es de forma significativa entre lo que se aprende y las tareas a realizar; mejoran la creatividad y la intervención del usuario; el conocimiento se da por cognición; permiten la manipulación y la transformación de elementos empíricos; pueden tener un diseño jugable que mejora la experiencia.

El equipo de Huang realiza un caso de estudio desde la perspectiva de la adopción de tecnología centrada en el humano. Consideran los aspectos éticos, de trabajo físico y de expectativas en el uso de robots colaborativos, exoesqueletos y sensores “wearables”. La idea general, es que la adopción es buena, siempre que añada valor al trabajo humano. Los efectos positivos y negativos deben ser tratados al adoptar una tecnología. Concluyen que, mediante un estudio previo a la adopción, deberá proveerse una guía de recomendaciones para la alineación ética del artefacto (Huang et al., 2019).

Vesisenaho et al. (2019) exponen los aspectos de cómo la RV se puede implementar en la educación, considerando los efectos psicológicos y emocionales a los que los estudiantes serían sometidos. Experimentando con 6 estudiantes que fueron inmersos en diferentes experiencias virtuales como: de acción, exploración y relajación. Así documentaron sus reacciones y sus niveles cardíacos antes y durante las experiencias. Se complementa con una encuesta para cada estudiante después de cada experiencia vivida. Concluyen que, para la aplicación en las aulas, se debe considerar que los ambientes virtuales consideran las respuestas emocionales que se pueden desencadenar en los estudiantes, que objetos (elementos) del mismo sean interactivos. La priorización es la atención de los estudiantes sobre el tema de estudio. Los maestros, requieren de una preparación previa para poder entender los retos y beneficios que los dispositivos puedan ofrecer.

Sarosa et al. (2019) en equipo desarrollan un curso de formación de carácter ético, en este caso, utilizan el motor de juegos de la herramienta Unity y el software de Vuforia para hacerlo interactivo. Concluyen que, el costo de implementación es bajo, un desarrollo rápido para sistemas de AR y dispositivos montados en la cabeza (HMD, del inglés Head Mounted Device). Así demuestran que, aplicaciones simples, pueden incluirse en el desarrollo y que el uso no es limitado a ciencias exactas, sino también se pueden incluir aspectos de habilidades blandas.

Partiendo de una revisión documental, se seleccionaron artículos publicados y noticias del periodo de 2017 hasta el 2024 referente al uso de los ambientes inmersivos. Tomando un enfoque descriptivo, se realizaron exploraciones de las percepciones para la adopción de la realidad virtual. Se exploraron las expectativas, el uso, las posibles contribuciones y los efectos que no se han considerado. La muestra poblacional fue de 111 alumnos de programas afines a ciencias computacionales.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló mediante una metodología descriptiva, en este caso el objetivo es identificar la perspectiva, consideraciones éticas y experiencias del uso de la VR/AR en la educación, tomando en consideración a profesionales y estudiantes de un programa de estudio de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Las variables de estudio en la investigación se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. *Tipo y variable*

Tipo	Variable
Cuantitativa / Independiente	Conocer la diferencia entre realidad aumentada y realidad virtual
Cuantitativa / Independiente	Uso de dispositivos de realidad virtual.
Descriptiva / Dependiente	Conocer qué dispositivos se usan.

Descriptiva / Dependiente	Opinión sobre el uso de la realidad virtual para enseñar conceptos de ciencias computacionales.
Descriptiva / Dependiente	Familiarización de los conceptos de conocimiento cognitivo, significativo y empírico que respaldan la enseñanza de las ciencias computacionales.
Descriptiva / Dependiente	Aplicaciones potenciales de la realidad virtual en la educación.
Descriptiva / Dependiente	Identificar aspectos negativos puedes identificar en su uso, especialmente en términos físicos.
Descriptiva / Dependiente	Desventajas y viabilidad.
Cuantitativa / Independiente	Consideración del equipo de realidad virtual cómo apoyo la formación académica.

Derivado de las variables, se hacen las siguientes preguntas de investigación.

- 1.- ¿Cuál es la expectativa de uso de la tecnología de VR/AR en la educación?
- 2.- ¿Cuáles son las consideraciones sociales y éticas del uso de VR/AR en la educación?
- 3.- ¿Qué ventajas y desventajas se visualizan en la implementación de los VR/AR desde la perspectiva de los usuarios?

Como muestra, se tomaron a 191 estudiantes del programa de ingeniería en sistemas computacionales del Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo y un grupo de ellos experimentó con el uso de visores de inmersión en VR. Mediante el uso de la herramienta Google Forms se recolectaron las impresiones de la VR en la educación, desde la perspectiva de los usuarios.

RESULTADOS

La percepción de la comunidad estudiantil acerca de la aplicación de la RV es relevante porque ellos son actores principales en el proceso educativo y permite identificar la viabilidad de su implementación. Durante la consulta se comenzó a identificar si se conoce la diferencia con la AR y si ha experimentado en ambientes inmersivos.

La Figura 1 muestra que, el 71% de los 191 encuestados reconoce esta diferencia, pero sólo el 39% de los 135 que reconocen esa diferencia han tenido la experiencia de usar dispositivos de RV, principalmente con gafas como la PlayStation VR2, Apple Vision Pro, Lenovo AR y Oculus. El uso que se les dio fue para videojuegos inmersivos.

Figura 1. Conocimiento y uso de VR/AR

Nota: En la parte izquierda, el 71% de los estudiantes dice conocer la diferencia entre ambas. En la parte derecha el 61% no ha usado ningún dispositivo. Contrasta la diferencia de los resultados

La visión que tienen los estudiantes acerca de implementar la RV en el proceso educativo es entusiasta, afirmando que sería innovador, entretenido, dinámica, novedoso y una excelente herramienta para aprender, esta inquietud por la experiencia audiovisual inmersiva puede verse reducida por desconocimientos de los efectos, derivado de que un porcentaje reducido de estudiantes la han experimentado. Sin embargo, en menor medida observan las complicaciones para desarrollar modelos conceptuales y destacan su uso como simuladores para entender el comportamiento de sistemas abstractos de las ciencias de la computación.

Las propuestas que destacan los encuestados para potenciales aplicaciones en el ámbito educativo son: los paseos virtuales, conferencias web, simuladores o laboratorios virtuales. Considerando que la percepción que se tiene del proceso de enseñanza aprendizaje se limita al rol de estudiante y que desconocen de las teorías del aprendizaje a pesar de afirmar que se sienten familiarizados con el área de las ciencias de la educación. Estas propuestas representan un reto para desarrollar entornos que respondan a sus demandas tomando en cuenta los estilos de aprendizaje predominantes.

Desarrollar material didáctico, orientado a cubrir las necesidades de aprendizaje, no solo representa el reto tecnológico y pedagógico, también es importante tomar en cuenta los riesgos éticos que conlleva estas prácticas.

Los elementos éticos que destacan los estudiantes son: el riesgo de la privacidad, el uso responsable y equidad en el acceso a la tecnología. Sin embargo, es importante considerar que la interacción humana se vería reducida y existan riesgos a la salud por su uso.

Implementar la realidad virtual en el contexto educativo en México también representa retos que destacan la preparación del personal docente para hacer uso de la tecnología, el costo de adquisición de hardware y software, el desarrollo de material adecuado al plan de estudios, el mantenimiento, cuidado y actualización constante del equipo.

CONCLUSIONES

De la Figura 1 Puede interpretarse que menos del 50% de los estudiantes han tenido la experiencia inmersiva, y que el uso que se le da hasta ahora es principalmente el entretenimiento. Se concluye que para los encuestados no son accesibles los dispositivos de inmersión y con retroalimentación háptica. En contraste con lo previsto por Pirker et al. (2020), el estudio reveló que no se cuenta con experiencia sobre los productos que se pueden generar en el ámbito de ingeniería en sistemas computacionales.

En perspectiva con Huang et al. (2019) se concluye que, poco se conocen de las implicaciones éticas sociales y psicológicas del uso de la tecnología de inmersión. Y que deberían abonarse en el estudio y sus efectos.

El diseño interactivo, juega un papel importante y que no ha sido revisado a plenitud. De acuerdo con Román et al. (2020), la secuencia didáctica y la interacción, permiten mejorar la capacidad de aprendizaje de forma significativa.

Las tecnologías descritas por Sarosa et al. (2019) permiten entender que existe un ecosistema que permite el desarrollo de entornos virtuales inmersivos. De acuerdo con MordorIntelligence (2023), la experimentación en ambientes de bajo costo permite acercar los dispositivos wearables de VR/AR al entorno económico que predomina en los entornos educativos de México.

Es de suma importancia que se revisen los aspectos de salud y las implicaciones éticas del uso de los dispositivos a profundidad, considerando el formato de educación en México. Sin embargo, se visualiza que problemas de la vista, de agotamiento y temas psicológicos serán relevantes en el desarrollo e implementación de ambientes inmersivos. Una consideración importante es el costo de adopción de la tecnología y la obsolescencia programada de los dispositivos wearables que hacen posible la realidad virtual y aumentada.

Tomando en consideración el tema del desarrollo a nivel nacional e internacional, la perspectiva externa es que México adoptara la tecnología que salga de países desarrollados. Estos factores son propiciados por la falta de desarrollo tecnológico, técnico y científico. En este punto, no se conocen cuantos programas de asignatura están diseñados para la creación de ambientes virtuales, aunque existen las herramientas. Además, no se ha considerado en la política nacional, ya que no existe una gran cantidad de programas de estudio relacionados al tema.

Los autores hacemos un llamado a los investigadores de las diferentes áreas, para que motiven y se extiendan las investigaciones del uso y adopción de la tecnología de VR/AR y que las autoridades planteen un plan estratégico viable, que permita que se genere todo el ecosistema de ambientes virtuales. Así se dará el desarrollo económico y se puede realizar transferencia tecnológica a Latinoamérica.

BIBLIOGRAFÍA

- Colás, M., de Pablos, J. y Ballesta, J. (2018). Incidencia de las TIC en la enseñanza en el sistema educativo español: una revisión de la investigación. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, vol. 18(56). <https://revistas.um.es/red/article/view/321471>
- Gartner. (s.f.). *Augmented Reality (AR)*. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/augmented-reality-ar>
- Häfner, P., Häfner, V., & Ovtcharova, J. (2013). Teaching methodology for virtual reality practical course in engineering education. *Procedia Computer Science*, vol. 25, pp. 251-260. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050913012362>
- Huang, K., Ball, C., Francis, J., Ratan, R., Boumis, J., & Fordham, J. (2019). Augmented versus virtual reality in education: an exploratory study examining science knowledge retention when using augmented reality/virtual reality mobile applications. *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking*, 22(2), pp. 105-110. <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/cyber.2018.0150>
- Kavanagh, S., Luxton, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). A systematic review of virtual reality in education. *Themes in Science and Technology Education*, vol. 10(2), pp. 85-119. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1165633>
- Loftin, R., Engelberg, M., & Benedetti, R. (1993). *Applying virtual reality in education: A prototypical virtual physics laboratory*. Proceedings of 1993 IEEE research properties in virtual reality symposium (pp. 67-74). <https://www.semanticscholar.org/paper/Applying-virtual-reality-in-education%3A-A-virtual-Loftin-Engelberg/8a2d774a05e5598f702e9612619ea952ffee00f5>
- MordorIntelligence (2023). *Realidad virtual (VR) en el tamaño del mercado educativo y análisis de participación de tendencias de crecimiento y pronósticos (2023 - 2028)*. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/virtual-reality-vr-market-in-education>
- Network Information Center. (s.f.). *Realidad virtual aplicada a la educación*. <https://www.nicmexico.mx/leer-post?article=realidad-virtual-aplicada-a-la-educacion>
- Pirker, J., Dengel, A., Holly, M., & Safikhani, S. (2020). Virtual reality in computer science education: A systematic review. *VERST'20: Proceedings of the 26th ACM symposium on virtual reality software and technology*, núm. 8. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3385956.3418947>
- Poetker, B. (2019). The very real history of virtual reality (+ a look ahead). *Learning Hub*
- Psozka, J. (1995). Immersive training systems: Virtual reality and education and training. *Instructional science*, vol. 23, pp. 405-431. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00896880>

- Román, A., Román, J., Sandoval, S., Andrade, M. y Ramos, E. (Coords.) (2020). *Internet de las cosas. Teoría y práctica*. Universidad de Colima. http://www.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Internet-de-las-cosas-DIG_533.pdf
- Sarosa, M., Chalim, A., Suhari, S., Sari, Z., & Hakim, H. (2019, November). Developing augmented reality based application for character education using unity with Vuforia SDK. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1375(1).
- Venga, S. (2022). La Competitividad en el aula: un estudio de caso con grado séptimo. *Educación y Ciencia*, vol. 26. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/educacion_y_ciencia/article/view/10345/11732
- Vesisenaho, M., Juntunen, M., Häkkinen, P., Pöysä-Tarhonen, J., Fagerlund, J., Miakush, I., & Parviainen, T. (2019). Virtual reality in education: Focus on the role of emotions and physiological reactivity. *Journal of virtual worlds research*, vol. 12(1). <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/62925>