

Inteligencia artificial adaptativa para optimizar experiencias inmersivas en realidades extendidas XR

Carlos Humberto Araujo Mejía¹, Luis Mejía Puig², Daniel Gómez Marín¹

¹ Universidad Icesi. Cali, Colombia

² Universidad de la Florida. Gainesville, Estados Unidos

Resumen

Este artículo presenta una revisión sistemática sobre el uso de inteligencia artificial adaptativa para optimizar experiencias inmersivas en entornos de realidad extendida (XR), abarcando tecnologías como la realidad virtual, aumentada y mixta. La investigación identifica tres ejes clave de personalización: 1. monitoreo del estado del usuario, 2. personalización conversacional mediante modelos generativos, y 3. modulación dinámica del entorno inmersivo.

Los hallazgos evidencian un avance significativo hacia experiencias XR más empáticas, receptivas y centradas en el usuario. No obstante, también revelan desafíos importantes, como la fragmentación tecnológica, la escasa integración entre capas adaptativas y la limitada validación empírica en contextos abiertos. Este estudio ofrece una síntesis crítica de las tendencias emergentes y propone lineamientos estratégicos para diseñar entornos XR éticos, sensibles al contexto y potenciados por inteligencia artificial, convirtiéndose en una guía útil para investigadores, diseñadores y desarrolladores de experiencias inmersivas.

Palabras clave: realidades extendidas; inteligencia artificial adaptativa; interacción personalizada; HCI; experiencia inmersiva, teoría del flow; modelos generativos

Abstract

This article presents a systematic review of the use of adaptive artificial intelligence to optimize immersive experiences in extended reality (XR) environments, encompassing technologies such as virtual, augmented, and mixed reality. The research identifies three key axes of personalization: 1. user state monitoring, 2. conversational personalization through generative models, and 3. dynamic modulation of the immersive environment.

The findings reveal significant progress toward more empathetic, responsive, and user-centered XR experiences. However, they also highlight important challenges, such as technological fragmentation, limited integration between

Keywords: *extended reality; adaptative artificial intelligence; personalized interaction; HCI; immersive experience; flow theory; generative models*

1. Introducción

La realidad extendida (XR), que incluye tecnologías como la realidad virtual (VR), la realidad aumentada (AR) y la realidad mixta (MR), ha transformado diversos sectores, desde la educación hasta la medicina, permitiendo experiencias inmersivas que mejoran la comprensión, optimizan procedimientos y fortalecen la capacitación profesional (Radianti et al., 2020; Mourtzis et al., 2016; Araujo et al., 2024). Estas experiencias XR combinan sensores, motores gráficos y retroalimentación háptica para simular entornos envolventes que potencian la sensación de presencia (Slater et al., 2020).

Más allá de lo técnico, se reconoce que el impacto de XR depende de su capacidad para generar experiencias atractivas, accesibles y desafiantes, capaces de sostener el compromiso del usuario. Este equilibrio entre inmersión y usabilidad ya advertido por Hassenzahl (2010) sigue siendo un reto actual, pues diseños excesivamente realistas pueden inducir sobrecarga perceptual y afectar la experiencia (Weibel et al., 2020). En este contexto, la teoría del flow de Csikszentmihalyi (1990) ha sido ampliamente adoptada para guiar la creación de entornos inmersivos donde las habilidades del usuario y el desafío se mantengan en armonía (Nacke et al., 2019; Weibel et al., 2019).

A pesar del crecimiento en el uso de XR, muchas experiencias permanecen limitadas por arquitecturas estáticas que impiden una personalización dinámica en tiempo real (Bowman et al., 2024; Lohse et al., 2022). Frente a esta limitación, diversas investigaciones han comenzado a explorar el uso de inteligencia artificial adaptativa como una herramienta para ajustar dinámicamente la narrativa, la dificultad o los estímulos sensoriales del entorno XR según el estado del usuario. A partir de una revisión crítica de literatura reciente, este estudio identifica tres ejes conceptuales que emergen como componentes clave en la personalización inmersiva: el monitoreo del estado del usuario (D'Mello et al., 2017), la personalización conversacional mediante modelos generativos (Isbister & Doyle, 2002), y la modulación dinámica del entorno inmersivo (Slater et al., 2020).

2. Marco teórico

Teoría del Flow y estados óptimos en entornos inmersivos

La teoría del *flow*, desarrollada por Csikszentmihalyi, describe un estado de involucramiento profundo en el que las personas experimentan concentración total y disfrute, cuando se equilibran el nivel de desafío y las habilidades del individuo. En entornos XR, este estado ha sido vinculado

con mayor retención de conocimientos y engagement (Nacke et al., 2019; Weibel et al., 2020). Estudios como el de Faiola y Smyslova (2009) evidencian que la percepción de telepresencia y la capacidad de adaptación del entorno son claves para sostener este estado. La integración de mecanismos de ajuste dinámico que detectan rupturas del *flow* ha emergido como una estrategia efectiva para mejorar la experiencia inmersiva.

Interacción humano-computadora, inmersión y usabilidad en realidades extendidas

La HCI enfrenta desafíos particulares en XR por su naturaleza multisensorial y espacial. A diferencia de las interfaces tradicionales, los entornos XR requieren modelos de interacción tridimensional, navegación corporal e integración de gestos, voz y mirada (Bowman et al., 2024). Esta complejidad genera tensiones entre inmersión y usabilidad, donde el realismo extremo puede provocar desorientación o fatiga (Weibel et al., 2020). Autores como Hassenzahl (2020) plantean que el diseño debe equilibrar emoción y funcionalidad. En respuesta, se han propuesto enfoques centrados en el usuario que integran adaptabilidad, retroalimentación clara y diseño accesible para reducir la fricción y mejorar la sostenibilidad de la experiencia.

Fundamentos de adaptación y personalización en sistemas XR

Los sistemas XR adaptativos ajustan elementos de la experiencia como dificultad, estímulos visuales o feedback, con base en el estado del usuario, mejorando el aprendizaje, la motivación o la eficiencia operativa (Dey & Abowd, 2000; Patel et al., 2006). La inteligencia artificial permite estos ajustes en tiempo real mediante modelos que aprenden patrones de comportamiento, atención o emoción. Proyectos como VOXReality han demostrado el potencial de integrar modelos de lenguaje y visión artificial para personalizar interacciones multimodales (Maniatitis et al., 2023). Estudios aplicados muestran resultados prometedores en contextos educativos y clínicos (Chen et al., 2021; Lee et al., 2020), aunque persisten desafíos técnicos y éticos como el sesgo algorítmico o la transparencia adaptativa (Zhou et al., 2022).

Modelos generativos LLMs en entornos XR

Los modelos generativos, especialmente los modelos de lenguaje de gran escala (LLMs), han comenzado a transformar la interacción en entornos XR. Su capacidad para generar contenido personalizado y simular conversaciones contextuales permite el desarrollo de interfaces más empáticas y flexibles (Isbister & Doyle, 2002; Bozkir et al., 2024). Iniciativas como CUIfy the XR han explorado su uso para integrar NPCs conversacionales dentro de experiencias XR. Además, en educación y salud, los LLM han sido utilizados para simular pacientes o generar retroalimentación personalizada (Zhang et al., 2022; Sharma et al., 2021). Sin embargo, su implementación plantea riesgos de coherencia narrativa, control del contenido generado y privacidad del usuario (Floridi & Chiriatti, 2020), lo que exige marcos éticos y técnicos más robustos.

3. Método

Este estudio adoptó una metodología de revisión exploratoria con enfoque crítico, guiada por las directrices del marco PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). El objetivo fue identificar, analizar y sintetizar investigaciones relevantes sobre el uso de inteligencia artificial adaptativa en entornos XR, enfocándose en la personalización de la experiencia inmersiva.

La revisión se estructuró en cuatro fases. En la fase 1, Identificación se implementó una estrategia sistemática de búsqueda bibliográfica utilizando palabras clave relacionadas con XR, inteligencia artificial, adaptabilidad y experiencia del usuario. La búsqueda se realizó en bases de datos académicas reconocidas del área de tecnologías inmersivas e inteligencia artificial aplicada.

En la fase 2, Selección se aplicaron filtros de inclusión y exclusión enfocados en la pertinencia temática, tipo de documento y relación con los objetivos del estudio. Posteriormente, se realizó una lectura crítica de títulos y resúmenes para seleccionar los documentos con mayor alineación a los tres ejes conceptuales definidos.

La fase 3, Extracción de datos consistió en el análisis sistemático de cada estudio mediante variables como tipo de investigación, área de aplicación, tecnología XR empleada, variables monitoreadas y el papel de la inteligencia artificial en el proceso de personalización dinámica.

Finalmente, en la fase 4, Síntesis se categorizaron los estudios según su alineación con los tres ejes de análisis: 1 monitoreo del estado del usuario, 2 integración de modelos generativos para personalización conversacional, y 3 modulación dinámica del entorno inmersivo. Esta etapa permitió identificar patrones emergentes, vacíos conceptuales y enfoques prometedores para el diseño de experiencias XR adaptativas, contribuyendo a la construcción de una base conceptual sólida para futuras investigaciones en este campo.

4. Resultados

Esta sección presenta los hallazgos clave derivados de la revisión de literatura sobre la integración de inteligencia artificial adaptativa en entornos de realidad extendida (XR), que abarca tecnologías como la realidad virtual (VR), aumentada (AR) y mixta (MR). El análisis se centró en identificar cómo estas tecnologías, combinadas con enfoques de inteligencia artificial, aprendizaje automático y modelos generativos, están siendo aplicadas para personalizar experiencias inmersivas, optimizar la interacción humano-computadora y sostener estados óptimos como el *flow* en diversos contextos.

La clasificación de los estudios evidenció una notable diversidad en cuanto a tipos de investigación, áreas de aplicación, tecnologías XR empleadas y variables adaptativas monitoreadas. Esta heterogeneidad permitió construir una visión panorámica del campo, identificar líneas emergentes de desarrollo, patrones de colaboración internacional y tendencias en la evolución del enfoque adaptativo dentro de experiencias inmersivas.

En general, la producción científica reciente refleja un creciente interés por integrar capacidades adaptativas en entornos XR. Esta evolución ha sido documentada por Hirzle et al. (2023), quienes

destacan la convergencia sistemática entre inteligencia artificial y XR como motor de transformación interdisciplinaria. Dicha transformación se ve impulsada, por un lado, por el auge de modelos generativos de gran escala que permiten personalización en tiempo real a través de interfaces multimodales (Xu et al., 2025), y por otro, por el desarrollo de arquitecturas XR centradas en el usuario, cada vez más receptivas a su estado emocional, cognitivo y contextual (Evangelista Belo et al., 2022; Gehrke et al., 2025).

En este marco, los estudios analizados fueron organizados y sintetizados en tres ejes conceptuales que permiten comprender las principales direcciones que adopta la inteligencia artificial adaptativa en experiencias XR. La **Tabla 1** presenta una visión general de esta organización, vinculando tecnologías XR, variables adaptativas monitoreadas, tipo de personalización implementada y su dominio de aplicación. A partir de esta sistematización, se desarrollan los hallazgos detallados de cada eje.

Tabla 1. Relación entre tecnologías XR, Variables y mecanismo de adaptación dinámica

Artículo	Tecnología XR utilizada	Variable adaptativa identificada	Tipo de personalización IA	Aplicación
Influencing factors on undergraduate engagement in immersive virtual reality learning environments.	VR	Nivel de desafío, flow	Narrativas adaptativas con LLM	Educación
Revolutionizing learning; A journey into educational game design using virtual reality.	XR + IA	Carga cognitiva, percepción de control	Agente conversacional	Comercio Social
Examine the factors influencing the behavioral intention to adopt AI-based XR systems	VR/AR + IA	Rendimiento, metas	Asistente virtual adaptativo	Organizacional
AI-driven personalization: Unraveling consumer perceptions of adaptive content in immersive environments	AR	Atención, comprensión	ChatGPT con feedback personalizado	Educación STEM
Evolution and future of manufacturing systems: The role of adaptive XR in Industry 4.0	VR	Realismo, presencia	Interfaz conversacional con humano virtual	Salud (respiratoria)
Enhancing head and neck tumor management with artificial intelligence:	IA Conversacional	Respuestas del usuario	Simulación adaptativa de conversación	Salud mental

Integration and perspectives

AI support meets AR visualization for Alice and Bob: Personalized learning based on individual ChatGPT feedback in an AR quantum cryptography experiment for physics lab courses	No XR directo	Precisión contextual	Evaluación y ajuste de dificultad	Educación médica
Usability, acceptance, and the role of realism in virtual humans for breathing exercise training	Potencial XR	Asistencia creativa	Generación paso a paso adaptada	Diseño/ingeniería
A systematic review of the impact of artificial intelligence on educational outcomes in health professions education	XR	Estado emocional	IA emocional como agente de compañía	Bienestar digital
Me, my avatar, and my sneakers: The effect of avatar customization on the psychological ownership of virtual fashion items	Metaverso/XR	Motivación/Preferencias	Ajustes por estilo de exploración	Metaverso social
When algorithms meet emotions: Understanding consumer satisfaction in AI companion applications	XR (rehabilitación)	Progreso físico, esfuerzo	Guía terapéutica ajustada	Rehabilitación física

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en la Tabla 1, los estudios revisados evidencian una amplia gama de aplicaciones de la inteligencia artificial adaptativa en entornos XR, abarcando desde educación y salud hasta diseño creativo, comercio social y bienestar digital. Esta diversidad no solo refleja la versatilidad de las tecnologías involucradas, sino también la creciente sofisticación en el uso de modelos generativos, agentes conversacionales e interfaces adaptativas para personalizar la experiencia del usuario. A partir de esta caracterización, los hallazgos se organizan en tres ejes conceptuales que permiten analizar con mayor profundidad los enfoques predominantes y emergentes en la evolución de experiencias inmersivas adaptativas: (1) monitoreo del estado del



usuario, (2) personalización conversacional mediante modelos generativos y (3) modulación dinámica del entorno XR. A continuación, se desarrollan los principales hallazgos correspondientes a cada uno de estos ejes.

Monitoreo del estado del usuario

Los estudios de este eje subrayan el valor de integrar mecanismos que detecten y respondan a variables internas del usuario, como la atención, el *engagement*, la carga cognitiva o el estado emocional, para enriquecer la experiencia XR (Hirzle et al., 2023; Gehrke et al., 2025). Esta línea de investigación se aplica en educación, salud, entretenimiento, metaverso y bienestar digital, mostrando un creciente interés por personalizar la interacción desde la dimensión psicológica y fisiológica del usuario.

Algunos enfoques emplean estas variables para activar respuestas adaptativas en tiempo real. Por ejemplo, Coban et al. (2024) demostraron que la retroalimentación personalizada en un entorno educativo con AR mejora la comprensión y atención. Otros trabajos destacan la influencia del realismo percibido y la personalización emocional en la adherencia y satisfacción del usuario, como en los estudios de Dar et al. (2025) y Zhou et al. (2025).

Aunque no todos los estudios aplican IA directamente para el monitoreo, muchos reconocen su papel mediador al facilitar intervenciones adaptativas; por ejemplo, optimizando entornos clínicos o educativos mediante ajustes basados en indicadores del desempeño o del estado afectivo del usuario.

Modelos generativos y personalización conversacional

Este eje explora cómo los modelos de lenguaje de gran escala (LLMs) y los agentes conversacionales están transformando las interacciones en entornos XR. Estas tecnologías permiten experiencias más naturales y adaptativas, ofreciendo respuestas personalizadas en función del contexto, desempeño o emociones del usuario.

En educación, se ha demostrado que herramientas como ChatGPT pueden mejorar significativamente la comprensión y atención mediante retroalimentación individualizada en entornos de RA (Coban et al., 2024). De forma similar, en salud mental, el agente Lilobot permite simular escenarios empáticos con usuarios, adaptando el diálogo en función del progreso conversacional (Alowayyed et al., 2024). También se destaca su aplicabilidad en contextos creativos, como el diseño asistido por IA (Yao et al., 2024) y el entrenamiento profesional (Zhang et al., 2024).

Adicionalmente, los estudios evidencian un interés creciente en interfaces multimodales que integran voz, gestos o visión—como mecanismo de empatía tecnológica, lo cual refuerza la tendencia hacia interacciones más expresivas y centradas en el usuario (Zhou et al., 2025).

Modulación dinámica del entorno inmersivo

La modulación dinámica se refiere a la capacidad de los sistemas XR para ajustar en tiempo real elementos del entorno narrativa, complejidad o estímulos sensoriales en función del comportamiento o estado del usuario. Esta dimensión permite sostener estados óptimos como el flow, reduciendo la sobrecarga o el aburrimiento.

Entre los enfoques analizados, se identifican tres estrategias principales: modulación narrativa, que adapta el contenido según decisiones del usuario (Alowayyed et al., 2024); ajuste de la dificultad de tareas para mantener la atención y rendimiento (Yao et al., 2024); y modulación sensorial o afectiva, que adapta el ambiente a estados emocionales detectados (Zhou et al., 2025).

Estos mecanismos se han implementado en entornos educativos, clínicos, creativos y de bienestar digital, mostrando cómo la IA puede actuar como mediadora sensible del entorno para facilitar experiencias XR más equilibradas, responsivas y personalizadas.

Ahora bien, el análisis de los tres ejes conceptuales revela un avance hacia experiencias XR adaptativas, capaces de integrar variables del usuario, personalización del lenguaje y ajustes en tiempo real. No obstante, persisten desafíos importantes: la escasa convergencia entre capas adaptativas, la limitada validación empírica y la falta de estudios en contextos abiertos como el metaverso.

Para avanzar, será necesario diseñar arquitecturas XR holísticas que integren monitoreo, diálogo adaptativo y modulación ambiental de manera articulada, con mecanismos transparentes, éticamente responsables y centrados en la agencia del usuario.

5. Discusión

Los hallazgos evidencian una evolución significativa en la integración de inteligencia artificial en entornos XR, destacando avances en monitoreo del usuario, interacción con agentes generativos y modulación ambiental. Estos enfoques delinean un paradigma cada vez más adaptativo y centrado en la experiencia del usuario.

Sin embargo, persisten desafíos estructurales. La mayoría de los sistemas presenta una fragmentación funcional, priorizando solo una dimensión de personalización (como narrativa, dificultad o estímulo sensorial), lo que limita el desarrollo de experiencias XR integrales y sensibles al contexto. Además, la validación empírica sigue siendo limitada: muchos estudios dependen de medidas subjetivas y carecen de indicadores cognitivos o fisiológicos robustos, lo que dificulta evaluar el impacto real de estas adaptaciones.

También emergen preocupaciones éticas sobre la personalización automatizada. Riesgos como la pérdida de agencia, los sesgos algorítmicos o la manipulación emocional deben ser abordados desde una perspectiva crítica (Mittelstadt et al., 2016; Floridi & Chiriatti, 2020). Finalmente, se identifica una falta de investigación en contextos abiertos como el metaverso social o el bienestar

digital ubicuo, lo cual subraya la necesidad de desarrollar arquitecturas XR adaptativas que integren transparencia, sensibilidad contextual y participación del usuario.

6. Conclusiones

Esta revisión destaca el papel emergente de la inteligencia artificial adaptativa como motor clave en la transformación de experiencias inmersivas dentro de entornos XR. Se identificaron tres dimensiones fundamentales de personalización: monitoreo del estado del usuario, interacción conversacional mediante modelos generativos y modulación dinámica del entorno. Juntas, configuran un marco de adaptación progresiva que ha mostrado resultados prometedores en educación, salud y bienestar digital.

No obstante, los hallazgos también revelan limitaciones importantes: predominan desarrollos fragmentados enfocados en una sola dimensión, falta validación empírica sólida, y existe escasa exploración en contextos abiertos como el metaverso. Ante ello, se plantea la necesidad de avanzar hacia arquitecturas XR más holísticas, transparentes y éticamente responsables.

En última instancia, el verdadero potencial de la IA adaptativa no reside solo en su capacidad de ajustar contenidos, sino en su rol como mediador empático entre el usuario y el entorno: uno que acompañe, personalice y amplifique la experiencia humana respetando la agencia individual.

7. Referencias

- Berrio, A. C. and Perez, S. J. (2002). Towards a new concept on engineering education. *Journal of Educational Technology*, Vol. 24, No. 12, pp. 269-286.
- Berrio, A. C. and Perez, S. J. (2002). Towards a new concept on engineering education. *Journal of Educational Technology*, Vol. 24, No. 12, pp. 269-286
- Alowayyed, M., Heuvelink, A., & Neerincx, M. (2024). Lilobot: A cognitive conversational agent to train counsellors at children's helplines. In BNAIC/BeneLearn 2023. <https://bnaic2023.tudelft.nl>
- Araujo, C. H., Aguirre, J. A., & Puig, L. (2024). 3D printing applications and extended realities in medicine: Systematic review. *3D Printing and Additive Manufacturing*. <https://doi.org/10.1089/3dp.2024.0128>
- Barsom, E. Z., Graafland, M., & Schijven, M. P. (2020). Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training. *Journal of Surgical Education*, 77(6), 1650–1664. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2020.05.005>
- Bozkir, E., Buldu, K. B., Özdel, S., Lau, K. H. C., Wang, M., Saad, D., Schönbörn, S., Boch, A., & Kasneci, E. (2024). CUIfy the XR: An open-source package to embed LLM-powered conversational agents in XR. *arXiv preprint arXiv:2411.04671*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2411.04671>
- Bowman, D. A., Kruijff, E., LaViola, J. J., & Poupyrev, I. (2004). *3D user interfaces: Theory and practice*. Addison-Wesley Professional.
- Chen, X., Xu, W., Wang, L., & Wang, L. (2021). Adaptive guidance in virtual reality surgical training: A study on user performance and cognitive load. *Journal of Biomedical Informatics*, 115, 103682. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2021.103682>
- Coban, A., Dzsotjan, D., Küchemann, S., Durst, J., Kuhn, J., & Hoyer, C. (2024). AI support meets AR visualization for Alice and Bob: Personalized learning based on individual ChatGPT feedback in



- an AR quantum cryptography experiment for physics lab courses. *EPJ Quantum Technology*, 11(1). <https://doi.org/10.1140/epjqt/s40507-025-00310-z>
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row.
 - D'Mello, S., Kappas, A., & Gratch, J. (2017). The affective computing approach to affect measurement. *Emotion Review*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.1177/1754073917696583>
 - Dey, A. K., & Abowd, G. D. (2000). Towards a better understanding of context and context-awareness. In *Proceedings of the 2000 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2000)*.
 - Evangelista Belo, P., Brondi, R., Ferreira, C. A., & Andrade, A. M. (2022). Adaptive multimodal interfaces in XR environments: Toward emotionally aware design. *Multimedia Tools and Applications*, 81, 19873–19897.
 - Faiola, A., & Smyslova, O. (2009). Flow experience in Second Life: The impact of telepresence on human-computer interaction. In *Online Communities and Social Computing*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02774-1_62
 - Floridi, L., & Chiriatti, M. (2020). GPT-3: Its nature, scope, limits, and consequences. *Minds and Machines*, 30(4), 681–694. <https://doi.org/10.1007/s11023-020-09548-1>
 - Gehrke, H., Schulte, F. P., & Müller, B. C. N. (2025). Empathic responsiveness in adaptive XR systems: A systematic review. *International Journal of Human-Computer Interaction*. (en prensa)
 - Hassenzahl, M. (2010). Experience design: Technology for all the right reasons. *Morgan & Claypool*. <https://doi.org/10.2200/S00261ED1V01Y201003HCI008>
 - Hirzle, T., Bork, F., Daiber, F., & Pfeiffer, T. (2023). The convergence of AI and XR: A review of adaptive immersive systems. *Computers & Graphics*, 113, 29–48. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2023.03.006>
 - Isbister, K., & Doyle, P. (2002). Design and evaluation of embodied conversational agents. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 434–441). ACM.
 - Kleiber, D. A. (2022). Mihaly Csikszentmihalyi: A galvanizing force for the study of experience in the context of leisure. *Journal of Leisure Research*, 54(2), 175–178. <https://doi.org/10.1080/00222216.2021.2022416>
 - Krokos, E., Baker, C., & Varshney, A. (2023). Adaptive scaffolding in virtual reality medical training. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 29(8), 3721–3735. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2022.3209478>
 - Lan, Y. J. (2020). Immersive, task-based language learning through XR and AI: From design to implementation. *TechTrends*, 64(6), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11528-025-01048-2>
 - Lee, J., Jeong, H., & Rhee, J. (2020). Personalized learning in immersive environments: Adaptive support in VR-based science learning. *Educational Technology Research and Development*, 68(3), 1689–1712. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09721-2>
 - Lohse, K. R., Maslovat, D., & Hodges, N. J. (2022). Cognitive load and retention in immersive virtual environments: A critical review. *Computers in Human Behavior*, 135, 107342. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107342>
 - Maniatis, A., Bourou, S., & Anastasakis, Z. (2023). VOXReality: Immersive XR experiences combining language and vision AI models. In *AHFE International*. <https://doi.org/10.54941/ahfe1002938>
 - Mittelstadt, B. D., Allo, P., Taddeo, M., Wachter, S., & Floridi, L. (2016). The ethics of algorithms: Mapping the debate. *Big Data & Society*, 3(2), 2053951716679679. <https://doi.org/10.1177/2053951716679679>
 - Mourtzis, D., Zogopoulos, V., & Vlachou, E. (2016). Augmented reality application to support the assembly of highly customized products and to adapt to production re-scheduling. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 85(1–4), 389–400. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7973-6>



- Nacke, L. E., Drachen, A., & Göbel, S. (2019). Flow and immersion in video games: The aftermath of a conceptual challenge. *Frontiers in Psychology*, 10, 1689. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01689>
- Navarro, J., García, A., & Fernández, C. (2023). Dynamic visual aids in mixed reality assembly tasks: Balancing autonomy and guidance. *International Journal of Human-Computer Studies*, 179, 103120. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2023.103120>
- Park, M., Ko, J., Kim, S., & Rho, H. M. (2022). Designing inclusive adaptive XR systems: A user-centered framework for cognitive diversity. *Personal and Ubiquitous Computing*, 26, 435–450. <https://doi.org/10.1007/s00779-021-01549-2>
- Patel, S. N., Truong, K. N., & Abowd, G. D. (2006). PowerLine Positioning: A practical sub-room-level indoor location system for domestic use. In *Proceedings of the 8th International Conference on Ubiquitous Computing*.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rupp, M. A., Kozachuk, J., & Salas, E. (2019). Adaptive virtual reality training systems for flow preservation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 25(5), 2041–2049. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2019.2898736>
- Sharma, N., Wang, Y., & Liu, Y. (2021). Adaptive narrative delivery in educational XR environments using natural language models. *Journal of Educational Technology Systems*, 50(1), 97–115.
- Slater, M., Spanlang, B., & Corominas, D. (2020). Simulating virtual environments within virtual environments. *ACM Transactions on Graphics*, 39(4), 1–12. <https://doi.org/10.1145/3386569.3392412>
- Somarathna, D., Sandanayaka, H., Adikari, S., & Wickramasinghe, A. (2023). Exploring user engagement in immersive virtual reality games through multimodal body movements. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. <https://doi.org/10.1145/3544548.3581434>
- Weibel, D., Wissmath, B., & Mast, F. W. (2020). The role of challenge in the flow experience of virtual reality games. *Computers in Human Behavior*, 112, 106464. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106464>
- Yao, J., Zeng, L., Xie, H., & Wang, W. (2024). StepIdeator: Utilizing mixed representations to support step-by-step design with generative artificial intelligence. *Journal of Mechanical Design*, 147(7), 071703. <https://doi.org/10.1115/1.4067429>
- Zhang, H., Chen, J., & Lee, C. (2022). Virtual patients with generative AI: Conversational agents for immersive clinical training. *Simulation in Healthcare*, 17(2), 102–110.
- Zhou, L., Liu, F., & Tang, Y. (2025). When algorithms meet emotions: Understanding consumer satisfaction in AI companion applications. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 78, 102077. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2025.102077>
- Zhou, Y., Li, B., Wang, J., & Liu, Y. (2022). Intelligent interaction in XR: Integrating machine learning for adaptive experience design. *Multimedia Tools and Applications*, 81, 17123–17144. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11768-z>

Sobre los autores

- **Carlos Humberto Araujo Mejía:** Diseñador Visual, Máster en Gestión de la Innovación, Estudiante de Doctorado en Ingeniería de la Universidad Icesi. Profesor tiempo completo Universidad Icesi charaujo@icesi.edu.co



- **Luis Mejía Puig:** Diseñador Industrial, Máster en Diseño Y Creación de Producto de la Universidad Politécnica de Catalunya, Doctor en Filosofía de Oklahoma State University. Assistant Professor University of Florida luismejiapuig@ufl.edu
- **Daniel Gómez Marín:** Ingeniero de Producción, Máster en artes digitales Universitat Pompeu Fabra, Máster in Sound and Music Computing Universitat Pompeu Fabra, Doctor en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Universitat Pompeu Fabra. Profesor tiempo completo Universidad Icesi dgomez@icesi.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)