



**Religación**  
Press

# **La realidad virtual y la enseñanza de la ingeniería**

Jesús Alberto Flores Cruz



**Colección Educación**

# **La realidad virtual y la enseñanza de la ingeniería**

Jesús Alberto Flores Cruz

**R**eligación **P**ress

**Education Collection**

# **Virtual reality and engineering education**

Jesús Alberto Flores Cruz

**R**eligación **P**ress

# Religación Press

## Equipo Editorial / Editorial team

Eduardo Díaz R. Editor Jefe

Roberto Simbaña Q. | Director Editorial / Editorial Director |

Felipe Carrión | Director de Comunicación / Scientific Communication Director |

Ana Benalcázar | Coordinadora Editorial / Editorial Coordinator|

Ana Wagner | Asistente Editorial / Editorial Assistant |

## Consejo Editorial / Editorial Board

Jean-Arsène Yao | Dilrabo Keldiyorovna Bakhronova | Fabiana Parra | Mateus

Gamba Torres | Siti Mistima Maat | Nikoleta Zampaki | Silvina Sosa

**Religación Press**, es parte del fondo editorial del Centro de Investigaciones CICSHAL-RELIGACIÓN | Religación Press, is part of the editorial collection of the CICSHAL-RELIGACIÓN Research Center |

Diseño, diagramación y portada | Design, layout and cover: Religación Press.

CP 170515, Quito, Ecuador. América del Sur.

Correo electrónico | E-mail: [press@religacion.com](mailto:press@religacion.com)

[www.religacion.com](http://www.religacion.com)

Disponible para su descarga gratuita en | Available for free download at | <https://press.religacion.com>

Este título se publica bajo una licencia de Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)  
This title is published under an Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.



---

## La realidad virtual y la enseñanza de la ingeniería

*Virtual reality and engineering education*  
*Realidade virtual e educação em engenharia*

Derechos de autor Copyright:	Religación Press© Jesús Alberto Flores Cruz©
Primera Edición: First Edition:	2024
Editorial: Publisher:	Religación Press
Materia Dewey: Dewey Subject:	370 - Educación
Clasificación Thema: Thema Subject Categories	UB - Tecnologías de las información: cuestiones generales
BISAC:	EDU039000
Público objetivo: Target audience:	Profesional / Académico Professional / Academic
Colección: Collection:	Educación / Education
Soporte/Formato: Support/Format:	PDF / Digital
Publicación: Publication date:	2024-12-27
ISBN:	978-9942-664-71-6

ISBN: 978-9942-664-71-6



### APA 7

Flores Cruz, J. A. (2024). *La realidad virtual y la enseñanza de la ingeniería*. Religación Press. <https://doi.org/10.46652/ReligacionPress.233>

## **[Revisión por pares]**

Este libro fue sometido a un proceso de dictaminación por académicos externos (doble-ciego). Por lo tanto, la investigación contenida en este libro cuenta con el aval de expertos en el tema quienes han emitido un juicio objetivo del mismo, siguiendo criterios de índole científica para valorar la solidez académica del trabajo.

## **[Peer Review]**

This book was reviewed by an independent external reviewers (double-blind). Therefore, the research contained in this book has the endorsement of experts on the subject, who have issued an objective judgment of it, following scientific criteria to assess the academic soundness of the work.



## **Sobre los autores/ About the authors**

### **Jesús Alberto Flores Cruz**

Profesor titular en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional. Ingeniero Electricista por la Universidad Autónoma Metropolitana, Maestro en Ciencias en Ingeniería de Sistemas por el Instituto Politécnico Nacional, Doctor en Ciencias en Ingeniería de Sistemas por el Instituto Politécnico Nacional.

<https://orcid.org/0000-0001-7816-4134>

Instituto Politécnico Nacional | México

[jafloresc@ipn.mx](mailto:jafloresc@ipn.mx)



## Resumen

La presente obra realiza un análisis sistemático sobre la integración de la realidad virtual en la formación educativa de los ingenieros, proporcionando un análisis comprensivo de sus fundamentos, aplicaciones y desafíos de implementación. El texto estructura los resultados de diversas investigaciones realizadas por el autor en cinco capítulos que abarcan desde los principios básicos hasta las aplicaciones especializadas. La investigación inicia estableciendo los fundamentos conceptuales de la realidad virtual, analizando sus componentes esenciales, la interacción sensorial y los niveles de inmersión. El núcleo de la obra presenta un análisis detallado de las aplicaciones en siete campos fundamentales: ingeniería mecánica y manufactura, civil y arquitectura, eléctrica, química y procesos, computación y software, biomédica, y aeroespacial y automotriz, examinando sus requerimientos específicos y beneficios particulares, desde la simulación de procesos industriales hasta el entrenamiento en procedimientos especializados. La investigación examina el impacto de la realidad virtual en los procesos de aprendizaje, centrándose en sus efectos cognitivos, emocionales y en su capacidad para influir en la motivación estudiantil, así como en el desarrollo de competencias técnicas e interpersonales. Además, aborda los aspectos prácticos de su implementación, incluyendo el diseño curricular, la formación profesional docente, los requerimientos de infraestructura y los modelos de financiamiento. Esta obra se posiciona como una referencia esencial para académicos, investigadores y gestores educativos interesados en integrar tecnologías inmersivas en la formación de ingenieros, ofreciendo un marco teórico sólido y directrices prácticas para su implementación efectiva. En este sentido, contribuye a la preparación de profesionales altamente capacitados para enfrentar los desafíos tecnológicos del mundo actual.

Palabras Clave: Realidad Virtual, Educación en Ingeniería, Innovación Tecnológica

## Abstract

This book provides a systematic analysis of the integration of virtual reality in engineering education, providing a comprehensive analysis of its fundamentals, applications and implementation challenges. The text structures the results of diverse research conducted by the author in five chapters that range from basic principles to specialized applications. The research begins by establishing the conceptual foundations of virtual reality, analyzing its essential components, sensory interaction and levels of immersion. The core of the work presents a detailed analysis of applications in seven fundamental fields: mechanical engineering and manufacturing, civil and architectural, electrical, chemical and process, computer and software, biomedical, and aerospace and automotive, examining their specific requirements and particular benefits, from industrial process si-

mulation to specialized procedural training. The research examines the impact of virtual reality on learning processes, focusing on its cognitive and emotional effects and its ability to influence student motivation, as well as the development of technical and interpersonal skills. In addition, it addresses the practical aspects of its implementation, including curriculum design, professional teacher training, infrastructure requirements and funding models. This book is positioned as an essential reference for academics, researchers and educational managers interested in integrating immersive technologies in engineering education, offering a solid theoretical framework and practical guidelines for its effective implementation. In this sense, it contributes to the preparation of highly trained professionals to face the technological challenges of today's world.

Keywords: Virtual Reality, Engineering Education, Technological Innovation.

## Resumo

Este livro apresenta uma análise sistemática da integração da realidade virtual no ensino de engenharia, fornecendo uma análise abrangente de seus fundamentos, aplicações e desafios de implementação. O texto estrutura os resultados de vários projetos de pesquisa realizados pelo autor em cinco capítulos que vão desde os princípios básicos até as aplicações especializadas. A pesquisa começa estabelecendo os fundamentos conceituais da realidade virtual, analisando seus componentes essenciais, a interação sensorial e os níveis de imersão. O núcleo do livro apresenta uma análise detalhada das aplicações em sete campos fundamentais: engenharia mecânica e manufatura, civil e arquitetônica, elétrica, química e de processos, informática e software, biomédica e aeroespacial e automotiva, examinando seus requisitos específicos e benefícios particulares, desde a simulação de processos industriais até o treinamento especializado em procedimentos. A pesquisa examina o impacto da realidade virtual nos processos de aprendizagem, concentrando-se em seus efeitos cognitivos e emocionais e em sua capacidade de influenciar a motivação dos alunos, bem como o desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais. Ele também aborda os aspectos práticos da implementação, incluindo a elaboração do currículo, o treinamento de professores profissionais, os requisitos de infraestrutura e os modelos de financiamento. Este livro se posiciona como uma referência essencial para acadêmicos, pesquisadores e gestores educacionais interessados na integração de tecnologias imersivas no ensino de engenharia, oferecendo uma sólida estrutura teórica e diretrizes práticas para sua implementação eficaz. Nesse sentido, contribui para a preparação de profissionais altamente qualificados para enfrentar os desafios tecnológicos do mundo atual.

Palavras-chave: Realidade Virtual, Educação em Engenharia, Inovação Tecnológica

## Contenido

[Peer Review]	6
Sobre los autores/ About the authors	8
Resumen	10
Abstract	10
Resumo	11
Créditos	18
Prólogo	19
<b>Capítulo 1</b>	
<b>Fundamentos de la Realidad Virtual en la Educación</b>	<b>22</b>
Definición de realidad virtual	23
Componentes de un sistema de realidad virtual	29
Los sentidos humanos y la realidad virtual	35
La visión estereoscópica en los sistemas de realidad virtual.	35
Cascos de Realidad Virtual:	39
El sentido auditivo en los sistemas de realidad virtual.	42
El sentido del tacto en los sistemas de realidad virtual.	44
El sentido del gusto en los sistemas de realidad virtual.	50
El Olfato en los sistemas de realidad virtual.	51
Clasificación de los sistemas de realidad virtual.	54
La Inmersión en los sistemas de realidad virtual	60
El sentido de presencia en los sistemas de realidad virtual	63
Los Entornos Digitales Inmersivos y la realidad virtual	66
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Usos de la Realidad Virtual en Diferentes Áreas del Conocimiento</b>	<b>70</b>
Aplicaciones de los sistemas de realidad virtual	71
Simuladores de vuelo y de manejo	73
Simuladores quirúrgicos	75
Diseño y visualización:	77
Telepresencia y la teleoperación	80
Rehabilitación motriz	82
Psicoterapia	84
Realidad Mixta	89
La realidad virtual en la educación.	92
Modelos pedagógicos para la enseñanza de ingeniería con realidad virtual	98
Aprendizaje Experiencial	99
Aprendizaje Colaborativo	101
Aprendizaje inmersivo	102
Aprendizaje basado en simulaciones	104
Ventajas Pedagógicas de la realidad virtual para Ingeniería	106
Visualización de conceptos abstractos	106
Interacción directa con sistemas complejos	107
Repetición ilimitada de procedimientos	108
Retroalimentación inmediata	109
Adaptación al ritmo individual	110

Desarrollo de competencias en ingeniería mediante realidad virtual	111
Competencias Técnicas	112
Competencias Transversales	113
Competencias de Innovación	114
Personalización del aprendizaje en realidad virtual	115
Adaptación del Entorno Virtual	116
Seguimiento del Progreso	117
Estrategias de Personalización	118

### **Capítulo 3**

<b>La Realidad Virtual en la Enseñanza de la Ingeniería</b>	<b>121</b>
Ingeniería Mecánica y Manufactura	122
Simulación de procesos y maquinaria	124
Entrenamiento en manufactura avanzada y diseño mecánico	126
Diseño y Prototipado Virtual	127
Mantenimiento y Diagnóstico Industrial	129
Ingeniería Civil y Arquitectura	130
Modelado de estructuras y construcciones virtuales	131
Análisis y Diseño Estructural	132
Geotecnia y Cimentaciones	133
Ingeniería Eléctrica	135
Sistemas de capacitación y entrenamiento	136
Simuladores de equipos y operaciones	137
Aplicaciones educativas y de formación	139
Sistemas de evaluación y control	140
Aplicaciones en energías renovables	142
Ingeniería Química y de Procesos	143
Simulación de Procesos Químicos y Reacciones	144
Seguridad y Control de Procesos	145
Laboratorios Virtuales de Química Industrial	147
Ingeniería Química Ambiental	148
Ingeniería en Computación y Software	150
Desarrollo de simulaciones y entornos de realidad virtual para otras ingenierías	151
Entrenamiento en ciberseguridad y redes en entornos virtuales	152
Desarrollo y pruebas de interfaces de usuario en entornos virtuales	154
Visualización y análisis de datos mediante realidad virtual	156
Programación colaborativa y desarrollo de software en espacios virtuales	157
Ingeniería Biomédica	158
Realidad virtual en simulación de procedimientos médicos	159
Entrenamiento en manejo de equipos biomédicos y prótesis	161
Diseño y validación de dispositivos médicos mediante realidad virtual	162
Rehabilitación y terapia física asistida por realidad virtual	163
Análisis biomecánico y estudios ergonómicos en entornos virtuales	165
Ingeniería Aeroespacial y Automotriz	166
Simulaciones de diseño y pruebas de aeronaves y vehículos	167
Laboratorios virtuales para aerodinámica y dinámica de fluidos	170
Entrenamiento en mantenimiento y ensamblaje de componentes	

aeroespaciales	171
Simulación de sistemas de control y navegación	173
Diseño y optimización de interiores y ergonomía	174
Simulación de escenarios de emergencia y gestión de crisis	176
<b>Capítulo 4</b>	
<b>La Realidad Virtual en la Enseñanza de la Ingeniería</b>	<b>179</b>
Influencia de la Realidad Virtual en los Procesos Cognitivos	180
Evaluación de los Efectos Emocionales en el Aprendizaje	181
Motivación en Entornos de Realidad Virtual	182
Compromiso y Participación en Entornos Inmersivos	184
Adaptabilidad y Personalización del Aprendizaje	185
Posibilidades de Personalización en realidad virtual	186
Adaptaciones en Ingeniería	187
Impacto en el Aprendizaje Colaborativo y Habilidades Interpersonales	188
Desarrollo de Habilidades de Trabajo en Equipo en realidad virtual	189
Prácticas Colaborativas en Entornos de realidad virtual	190
Desarrollo de Habilidades Prácticas y Técnicas	191
Impacto de la Realidad Virtual en el Desarrollo de Habilidades Técnicas	192
Fortalecimiento de Habilidades Prácticas mediante Simulaciones	
Inmersivas	193
Aplicaciones de la realidad virtual en la Seguridad y Prevención de Riesgos	195
<b>Capítulo 5</b>	
<b>Implementación de Programas Educativos con Realidad Virtual</b>	<b>198</b>
Diseño Curricular y Planificación de Cursos con Realidad Virtual	199
Identificación de Objetivos y Contenidos	199
Metodologías Activas para el Aprendizaje con realidad virtual	200
Secuenciación de Contenidos y Evaluación Formativa	201
Capacitación y Desarrollo Profesional del Personal Docente	203
Formación Técnica en Herramientas de realidad virtual	203
Actualización Pedagógica en Metodologías Inmersivas	204
Asesoría Continua y Soporte Institucional	206
Infraestructura y Requerimientos Técnicos	207
Equipamiento de realidad virtual y Compatibilidad Tecnológica	207
Modelos de Financiamiento y Sustentabilidad	210
Colaboración con la Industria y Patrocinadores	211
Subvenciones y Fondos Gubernamentales	212
Modelos de Financiamiento Sostenible	213
Desafíos Éticos y de Accesibilidad	214
Privacidad y Seguridad de los Datos	215
Efectos Psicológicos y Bienestar de los Estudiantes	216
Accesibilidad para Estudiantes con Necesidades Especiales	217
Conclusiones	218
<b>Referencias</b>	<b>220</b>

## Figuras

Figura 1. El Constructo de la realidad virtual	24
Figura 2. interacción con un sistema de Realidad Virtual	28
Figura 3. Dispositivo de realidad virtual montado sobre la cabeza	29
Figura 4. Computadora con unidad de procesamiento gráfico (GPU).	32
Figura 5. Sistema de interacción en un entorno de Realidad Virtual.	34
Figura 6. Cascos de realidad virtual.	40
Figura 7. Sistema realidad virtual con sistema de audio integrado	42
Figura 8. Dispositivo háptico utilizado en rehabilitación motriz	47
Figura 9. Dispositivo háptico exoesqueleto	48
Figura 10. Dispositivo háptico, pantalla táctil.	49
Figura 12. Dispositivo para liberar olores	54
Figura 13. Sistema de realidad virtual de escritorio	56
Figura 14. Sistema de realidad virtual semi-inmersiva Power Wall.	58
Figura 15. Sistema de realidad virtual inmersivo montado sobre la cabeza	58
Figura 16. Sistema de realidad virtual inmersivo tipo CAVE	59
Figura 17. Sistema de Realidad Aumentada	60
Figura 18. Usuario inmerso en un entorno de realidad virtual	61
Figura 19. El usuario tiene la sensación de estar presente en el entorno sintético	65
Figura 20. Persona interactuando en un Entorno Digital Inmersivo	67
Figura 21. Realidad Virtual aplicada a la ingeniería	72
Figura 22. Simulador de vuelo	74
Figura 23. Simulador de manejo	74
Figura 24. Simulador de manejo de un camión	75
Figura 25. Simulador quirúrgico	76
Figura 26. Realidad virtual aplicada al diseño de un automóvil	78
Figura 27. Museo virtual	79
Figura 29. Rehabilitación a través de la Realidad Virtual	83
Figura 30. Tratamiento de fobias a través de la Realidad Virtual	85
Figura 31. Realidad aumentada en arquitectura	87
Figura 32. Persona utilizando un dispositivo HoloLens	90
Figura 33. Niños aprendiendo ciencias con un sistema de realidad virtual	94
Figura 34. Entrenamiento en un procedimiento critico mediante realidad virtual	95
Figura 35. Visualización de modelos complejos mediante realidad virtual	97
Figura 36. Aplicación de realidad virtual a la enseñanza de la mecánica.	123
Figura 37. Interacción con un proceso industrial complejo mediante realidad virtual.	125

Figura 38. Estudiante entrenando mediante realidad virtual.	126
Figura 39. Estudiante utilizando un laboratorio de diseño virtual.	128
Figura 40. Estudiante realizando un mantenimiento mediante realidad virtual.	129
Figura 41. Estudiante manipulando la estructura virtual de un edificio.	131
Figura 42. Estudiante utilizando realidad virtual para diseño estructural.	133
Figura 43. Sistemas de capacitación basados en realidad virtual.	136
Figura 44. Simulador virtual para la operación de una central eléctrica.	138
Figura 45. Modelo 3D de una subestación	139
Figura 45. Aplicación de realidad aumentada para capacitación.	140
Figura 46. Capacitación para responder a emergencias	141
Figura 47. Generador eólico en el simulador de realidad virtual.	143
Figura 48. Uso de la realidad virtual para aprender química.	144
Figura 49. Uso de la realidad virtual para aprender a manejar sustancias peligrosas.	146
Figura 50. Alumno en un laboratorio virtual aprendiendo procesos químicos.	147
Figura 51. Simulación de un terreno contaminado, para su remediación.	150
Figura 52. Alumno de software desarrollando una aplicación de realidad virtual.	151
Figura 53. Entorno virtual para el entrenamiento en ciberseguridad.	153
Figura 54. Casco de realidad virtual con sensores biométricos.	155
Figura 55. Un estudiante analizando una red informática usando realidad virtual	157
Figura 56. Entrenamiento medico mediante un sistema de realidad virtual	160
Figura 57. Entrenamiento en el uso de una prótesis mediante realidad virtual	161
Figura 58. Rehabilitación mediante realidad virtual	164
Figura 59. Diseño de una aeronave mediante realidad virtual	167
Figura 60. Análisis estructural de una aeronave mediante realidad virtual	169
Figura 61. Ensamble de componentes usando realidad virtual	172
Figura 62. Visualización de un sistema de control mediante realidad virtual	173
Figura 63. Evaluación de la interacción entre usuarios y controles	175
Figura 64. Uso de la realidad virtual para el manejo de una emergencia	177

# **La realidad virtual y la enseñanza de la ingeniería**

## **Créditos**

Los resultados reflejados en este libro fueron posibles gracias al apoyo recibido por parte del Gobierno de México, a través del Instituto Politécnico Nacional, mediante el programa de Proyectos de Investigación en el Programa Especial de Consolidación de Investigadores, a través de los proyectos y SIP-20230174 y SIP- 20241158, así como también del programa de Proyectos de Desarrollo Tecnológico o Innovación en el IPN a través de los proyectos SIP-20232796 y SIP-20241094. Además del apoyo brindado por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT) de México a través del programa del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII).

## Prólogo

La enseñanza de la ingeniería, tradicionalmente anclada en los métodos presenciales y experimentales, enfrenta un escenario de transformación impulsado por diferentes avances tecnológicos y las exigencias de un mundo globalizado. En este contexto, la realidad virtual ha surgido como una herramienta que busca redefinir los paradigmas educativos, integrando experiencias inmersivas que enriquecen los procesos de enseñanza y aprendizaje. Este libro, *La realidad virtual y la enseñanza de la ingeniería*, se presenta como una guía para comprender, implementar y aprovechar esta tecnología en la formación de las ingenieras e ingenieros del futuro.

El texto aborda, de manera estructurada y científica, los fundamentos, aplicaciones y desafíos de la realidad virtual en el ámbito educativo. En el primer capítulo, se introducen los conceptos esenciales que sustentan esta tecnología, incluyendo sus componentes, niveles de inmersión y la interacción con los sentidos humanos. Este enfoque inicial permite al lector construir una base sólida para entender la relación entre la realidad virtual y las necesidades educativas contemporáneas.

A medida que se avanza en los capítulos, se exploran las aplicaciones específicas de la realidad virtual en distintas ramas de la ingeniería. Desde simulaciones en mecánica y manufactura hasta diseños arquitectónicos y prototipado en ingeniería civil, el texto demuestra cómo esta tecnología se adapta a las demandas particulares de cada disciplina. Asimismo, se abordan nuevas áreas como la ingeniería biomédica, donde la realidad virtual se emplea para el entrenamiento en procedimientos médicos y el diseño de dispositivos, y la ingeniería aeroespacial, donde su capacidad para simular escenarios complejos resulta de gran valor. Este enfoque interdisciplinario no solo resalta la versatilidad de la tecnología, sino

también su potencial para transformar el proceso de aprendizaje en cada campo.

Uno de los aspectos más significativos del libro es su análisis del impacto de la realidad virtual en el aprendizaje y la evaluación de competencias. Se examinan temas como los efectos cognitivos y emocionales, la personalización del aprendizaje, y el desarrollo de habilidades prácticas y colaborativas. Este análisis se complementa con un estudio detallado sobre la implementación de programas educativos con realidad virtual, abordando aspectos como la planificación curricular, la capacitación docente, la infraestructura necesaria y los retos éticos y de accesibilidad.

Con un enfoque que combina rigor académico y aplicabilidad práctica, esta obra se convierte en una referencia fundamental para docentes, investigadores y diseñadores de programas educativos interesados en integrar tecnologías emergentes en la enseñanza de la ingeniería. Además, invita a reflexionar sobre el papel transformador de la realidad virtual no solo como herramienta, sino como una estrategia pedagógica capaz de cerrar brechas entre la teoría y la práctica.

En un mundo donde la innovación tecnológica marca el rumbo de la educación, *La realidad virtual y la enseñanza de la ingeniería* se posiciona como un texto que busca fomentar una enseñanza más efectiva, inclusiva y alineada con las demandas del siglo XXI. Al lector se le extiende una invitación a explorar las posibilidades de la realidad virtual y a ser partícipe de este cambio en el paradigma educativo, que redefine las fronteras del conocimiento y el aprendizaje.

El Autor



# **Capítulo I**

---

Fundamentos de la Realidad Virtual en la Educación

## Definición de realidad virtual

El concepto de realidad virtual ha sido objeto de múltiples interpretaciones y definiciones en la literatura científica, presentando una complejidad inherente que requiere un análisis multidimensional. Según el marco conceptual propuesto por Brudniy y Demilhanova (2012), mostrado en la figura 1, este fenómeno puede ser comprendido a través de la convergencia de tres perspectivas fundamentales, en primer lugar, desde el *enfoque filosófico*, donde esta tecnología se conceptualiza como el espacio no físico de interacción del sujeto con un entorno simulado, lo que desde ese enfoque plantea interrogantes fundamentales sobre la naturaleza de la realidad y la experiencia humana. En segundo término, la *perspectiva técnica* aborda a la realidad virtual como un conjunto de tecnologías informáticas avanzadas, que facilitan la creación de entornos inmersivos facilitando las interacciones usuario-sistema, incluyendo aspectos como la renderización en tiempo real, el seguimiento de movimiento y la retroalimentación sensorial. Por último, desde el *enfoque psicológico*, la realidad virtual se entiende como una modificación artificial y sistemática de la percepción de la realidad, lo que permite estudiar cómo esta alteración influye en los patrones cognitivos, conductuales y emocionales de los usuarios cuando se encuentran inmersos en los entornos virtuales.

Figura 1. El Constructo de la realidad virtual



Fuente: Brudniy & Demilhanova (2012).

La evolución del concepto de realidad virtual ha experimentado un desarrollo significativo desde finales de la década de 1980 hasta la actualidad. De acuerdo con Steuer (1993), las primeras definiciones formales surgidas en 1989 la describían como un entorno tridimensional que requerían el uso de lentes de visión estereoscópica y guantes para facilitar la interacción humana en espacios virtuales. Para Steuer (1992), el concepto se había expandido significativamente, caracterizándose por incorporar nuevos elementos definiéndola como simulaciones electrónicas ambientales que requerían un conjunto más complejo de dispositivos, incluyendo trajes de datos, lentes y guantes de fibra óptica, permitiendo la interacción del usuario en escenarios tridimensionales que emulaban situaciones realistas. Esta tecnología continua con su evolución hasta concebirse posteriormente como un mundo alternativo, compuesto por imágenes generadas por computadora que respondían a los movimientos humanos, requiriendo equipamiento especializado como trajes, lentes de vídeo, sistemas de sonido estereofónico y guantes de datos de fibra óptica para acceder a estos entornos virtuales.

Para Bell y Floger (1997), presentaron una definición más técnica y comprehensiva de la realidad virtual, caracterizándola como un conjunto de simulaciones por computadora que incorporaban gráficos tridimensionales, elementos de inmersión e interacción, cuyo objetivo específico era el de crear una experiencia lo suficientemente convincente para que los usuarios percibieran el entorno virtual como real. Esta evolución cronológica demuestra cómo el concepto de realidad virtual había progresado desde una noción centrada principalmente en la visualización tridimensional hacia una comprensión más compleja que incorporaba aspectos de inmersión, interacción y simulación realista.

A finales de la década de 1990, Keppell et al. (citados por Fallman et al., 1999), introdujeron en ese tiempo una perspectiva más cognitiva, definiendo a la realidad virtual como ambientes sumergibles computarizados diseñados para estimular la aplicación del conocimiento del usuario de manera análoga a la realidad. Con la llegada del nuevo milenio, Warwick (citado por Sulbaran & Baker, 2000), enfatizó la importancia de la transmisión de señales sensoriales en entornos tridimensionales interactivos, estableciendo conexiones significativas entre estas señales y su interpretación. El período 2005-2006 marcó un avance significativo en la conceptualización técnica. Manseur (2005), se centró en los aspectos metodológicos y computacionales para la generación de escenarios virtuales, mientras que Burdea & Stanney (citados por Tijou et al., 2006), expandieron la definición para incluir elementos multisensoriales, incorporando no solo la estereoscopia y la acústica, sino también sensaciones táctiles, olfativas y gustativas.

Entre 2008 y 2009, surgieron definiciones que enfatizaban la interactividad y las aplicaciones prácticas. Pan et al. (citados por Lee & Wong, 2008), destacaron la capacidad de la realidad virtual para facilitar la interacción con representaciones abstractas de objetos reales, mientras que Cruz-Neira (citada por Ou et al., 2009),

subrayó la importancia de la interacción social y la manipulación de objetos dentro del entorno virtual. El período 2012-2013 fue particularmente prolífico en el desarrollo conceptual. Xia (citado por Wusha et al., 2013), introdujo las “tres I”: inmersión, interacción e imaginación, enfatizando la interacción en tiempo real. Anissimov (citado por Zhu, 2013), amplió el espectro sensorial de la experiencia virtual, mientras que Rusell (citado por Zhu, 2013), se centró en la integración tecnológica, incluyendo gráficos computarizados, visualización y procesamiento paralelo.

Las definiciones a finales de 2013 reflejan una comprensión más holística, por ejemplo, Kenneth (citado por Zhu, 2013), enfatizó la integración de las interacciones hombre-máquina con múltiples modalidades sensoriales, mientras que Zhao (citado por Zhu, 2013), propuso un marco conceptual más completo que incluía inmersión, interacción, ideas, acciones y autonomía, con el objetivo de replicar las experiencias sensoriales del mundo real en su totalidad. Entre 2014 y 2016, la conceptualización de la realidad virtual se enriqueció significativamente, Mazuryk y Gervautz (2014), desarrollaron la idea de un “sistema de realidad virtual ideal”, enfatizando la importancia de la estimulación multisensorial completa y la retroalimentación en tiempo real. Esta visión fue complementada por Slater y Sanchez-Vives (2016), quienes redefinieron el concepto como una tecnología capaz de sustituir los datos sensoriales del mundo real por datos generados digitalmente, introduciendo el concepto fundamental de “presencia” como elemento definitorio de la experiencia virtual.

El período 2017-2019 marcó un punto de inflexión en la comprensión social de la realidad virtual. Sherman y Craig (2018), propusieron una definición integral que caracterizaba a la realidad virtual como un medio basado en simulaciones interactivas computarizadas con capacidad de rastreo y retroalimentación sensorial multimodal. Schwarze et al. (2019), expandieron esta perspectiva introduciendo el concepto de “realidad virtual social”,

enfaticando la capacidad de estos entornos para facilitar interacciones sociales significativas además de la inmersión sensorial. Durante 2020-2022, influenciado por el contexto global de la pandemia, el concepto experimentó una nueva evolución, Zhao et al. (2022), recontextualizaron la realidad virtual como una “tecnología de presencia remota”, destacando su capacidad para facilitar experiencias inmersivas a distancia. Kim y Hall (2021), profundizaron en esta dirección, expandiendo el concepto para abarcar aspectos de “telepresencia social” y enfatizando la importancia de la co-presencia virtual en espacios digitales compartidos.

En las definiciones más recientes se reflejan una comprensión más sofisticada de la integración entre lo físico y lo virtual, se introdujo el concepto de “realidad virtual encarnada”, describiendo la tecnología como un medio para extender la consciencia corporal al espacio virtual (Döllinger et al., 2022). Esta visión fue complementada por Assad & Mukhtar (2023), quienes propusieron el término “realidad virtual adaptativa”, enfatizando la capacidad de estos sistemas para responder y adaptarse no solo a las acciones físicas del usuario sino también a sus estados cognitivos y emocionales en tiempo real como se aprecia en la figura 2. La evolución cronológica del concepto de realidad virtual muestra como esta tecnología ha progresado desde definiciones centradas principalmente en aspectos tecnológicos, hacia una comprensión más holística que integra dimensiones psicológicas, sociales y cognitivas, reflejando un énfasis creciente en la adaptabilidad, la presencia social y la integración mente-cuerpo en entornos virtuales, demostrando la continua evolución más allá de la mera simulación sensorial y técnica.

Figura 2. interacción con un sistema de Realidad Virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

De lo anterior se deriva el hecho de que, la realidad virtual representa entonces el paradigma más avanzado de interacción entre el ser humano y los sistemas informáticos, caracterizándose por facilitar una conexión directa entre el usuario y un ambiente generado artificialmente y en su dimensión operativa, se puede decir de ella que es un sistema de simulación computarizada que permite la reproducción de entornos tanto reales como imaginarios, distinguiéndose por su capacidad de mostrar las consecuencias de las acciones del usuario en tiempo real. Este entorno está diseñado para estimular múltiples sentidos humanos, con la capacidad distintiva de crear una ilusión cerebral de participación inmediata en dicho espacio virtual.

Aunque también se debe tener presente que la evolución conceptual de esta tecnología ha generado también una diversidad terminológica significativa, como señala Islande (citado por Fällman et al., 1999), términos como “entorno sintético”, “ciberespacio”, “realidad artificial”, “tecnología de simulación” y, más recientemente, “metaverso”, se han incorporado al léxico tecnológico como sinónimos de realidad virtual. Esta multiplicidad de términos refleja la expansión y diversificación de sus aplicaciones, cuyo desarrollo

ha sido impulsado por diversos factores convergentes, destacándose por mencionar algunos la reducción significativa de costos, la simplificación metodológica, la mayor accesibilidad en su uso y su capacidad para resolver eficientemente problemas técnicos que anteriormente requerían equipamiento especializado y costoso para la simulación de escenarios reales.

## Componentes de un sistema de realidad virtual

Para Lai (2024), la arquitectura de un sistema de realidad virtual completo integra múltiples componentes tecnológicos que trabajan de forma conjunta y coordinada para crear experiencias inmersivas. El núcleo de esta tecnología es una unidad de cómputo de alto rendimiento, responsable de la generación y procesamiento de los entornos virtuales. Asimismo, el dispositivo de visualización representa otro elemento crítico para la inmersión, este puede manifestarse en diferentes formatos: desde cascos montados sobre la cabeza del usuario (HMD, Head-Mounted Display), como el que se observa en la figura 3, hasta conjuntos de pantallas o proyectores 3D.

Figura 3. Dispositivo de realidad virtual montado sobre la cabeza



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Como señalan Wagemann & Martínez (2022), la evolución de estos dispositivos de visualización ha alcanzado en la actualidad niveles de gran resolución y frecuencia de actualización rápida, lo que minimizan significativamente la fatiga visual y el mareo por movimiento. La experiencia sensorial en un sistema de realidad virtual se complementa con sistemas de audio envolvente que, según Caballero et al., (2015), han evolucionado para incorporar tecnologías de reconocimiento de voz y procesamiento de lenguaje natural, permitiendo una interacción más natural y fluida con el entorno virtual. Malvezzi et al. (2021), describen, a su vez, otro de los elementos fundamentales en los sistemas de realidad virtual: la incorporación de elementos de retroalimentación gestual, olfativa o táctil, implementados mediante guantes y trajes especiales, los cuales, han evolucionado hasta incluir sofisticadas interfaces hápticas y sistemas de retroalimentación sensorial mucho más precisos.

Para Abinaya & Vadivu (2024), otro elemento de gran importancia dentro de los sistemas de realidad virtual es el equipo de rastreo, compuesto por un conjunto de sensores que detectan y traducen la posición y movimientos del usuario dentro del entorno virtual, los sistemas actuales de rastreo incorporan tecnologías de *machine learning*<sup>1</sup> para predecir y compensar el movimiento del usuario, reduciendo la latencia y mejorando la sensación de presencia en el entorno virtual.

De manera general se pueden clasificar a los sistemas relacionados con la realidad virtual en cuatro categorías.

*1. Sistema generador del entorno virtual:* Este sistema representa el núcleo fundamental de la arquitectura de realidad

---

<sup>1</sup> El machine learning (aprendizaje automático) es una rama de la inteligencia artificial que permite a las computadoras aprender y mejorar a partir de la experiencia sin ser programadas explícitamente. Utiliza algoritmos y modelos estadísticos para analizar datos, identificar patrones y tomar decisiones con mínima intervención humana.

virtual, materializado en una unidad computacional de alto rendimiento. Este componente central es responsable no solo del procesamiento y la generación de imágenes en alta definición, sino también de la coordinación integral de todos los subsistemas que componen la experiencia de realidad virtual. En años recientes, la evolución de estos sistemas ha incorporado unidades de procesamiento gráfico (GPU) especializadas y arquitecturas de computación paralela, posibilitando la creación de gráficos fotorrealistas en tiempo real con latencias mínimas (ver figura 4).

Este avance ha sido fundamental para mantener la “presencia perceptual<sup>2</sup>”, un elemento crítico para la inmersión del usuario. Este sistema funciona como el eje central donde se coordinan y sincronizan los diversos subsistemas periféricos, gestionando desde la retroalimentación háptica hasta el procesamiento de audio espacial, lo que garantiza una coherencia temporal esencial para la experiencia inmersiva. La capacidad de integración multimodal que caracteriza a estos sistemas representa un salto cualitativo en la evolución de la tecnología de realidad virtual.

---

2 La presencia perceptual en realidad virtual se refiere a la sensación psicológica de “estar ahí” dentro del entorno virtual, aunque físicamente uno se encuentre en otro lugar.

Figura 4. Computadora con unidad de procesamiento gráfico (GPU).



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

2. *Dispositivo de visualización para realidad virtual:* Los dispositivos de visualización para realidad virtual han experimentado una evolución notable, manifestándose en una amplia gama de formatos tecnológicos. Estos sistemas incluyen desde los *Head-Mounted Displays*<sup>3</sup> (HMD), hasta sofisticados sistemas de proyección estereoscópica y monitores de gran formato. La característica común a todos estos dispositivos es su capacidad para generar proyecciones tridimensionales, lo cual resulta fundamental para la creación de experiencias inmersivas efectivas. La evolución tecnológica de estos dispositivos ha permitido superar limitaciones previas en cuanto a resolución, campo de visión y frecuencia de actualización. Los sistemas actuales logran una densidad de píxeles que se aproxima a la agudeza visual humana, facilitando así una interacción más natural con los entornos virtuales. Además, los avances en

3 Los Head-Mounted Displays (HMD) o pantallas montadas en la cabeza son dispositivos de visualización que se usan como un casco o lentes para mostrar contenido virtual directamente frente a los ojos del usuario.

tecnología de visualización, como la integración de sistemas de *eye-tracking*<sup>4</sup> y *renderizado foveado*<sup>5</sup>, han optimizado tanto el rendimiento del sistema como la naturalidad de la experiencia visual, permitiendo una interacción más intuitiva y realista con los escenarios generados.

3. *El sistema de interacción*: El sistema de interacción es un componente de gran importancia en los entornos de realidad virtual, ya que la capacidad de interactuar en tiempo real como se observa en la figura 5, es una característica esencial que distingue a la realidad virtual de la simple animación tridimensional. Sin esta capacidad de interacción inmediata, las aplicaciones de realidad virtual pierden su valor distintivo y su efectividad como herramienta inmersiva. La implementación efectiva de la interacción en estos entornos requiere equipamiento periférico especializado, como sistemas de retroalimentación háptica, guantes de datos y sensores de seguimiento de posición. Este hardware especializado permite múltiples grados de libertad en la interacción y proporciona una retroalimentación sensorial que enriquece la experiencia del usuario en el entorno virtual. La relevancia de estos sistemas de interacción es particularmente notable en aplicaciones específicas, donde la precisión y la naturalidad de la interacción afectan directamente la efectividad de la experiencia, como en el entrenamiento médico y en la educación.

---

4 El *eye-tracking* en realidad virtual es una tecnología que rastrea el movimiento de los ojos del usuario en tiempo real. Permite al sistema VR saber exactamente dónde está mirando el usuario dentro del entorno virtual.

5 El *renderizado foveado* es una técnica que imita el funcionamiento natural del ojo humano, donde se renderiza con alta resolución solo la parte central del campo visual (donde se enfoca la mirada), mientras que la periferia se renderiza con menor resolución. Esto permite ahorrar recursos computacionales significativamente, especialmente útil en realidad virtual y aplicaciones gráficas exigentes.

Figura 5. Sistema de interacción en un entorno de Realidad Virtual.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

*4. Control Integrado de realidad virtual:* El control integrado en realidad virtual constituye un componente esencial en la arquitectura de sistemas inmersivos modernos. Un sistema de realidad virtual a gran escala incorpora una gran variedad de componentes interconectados, que incluyen proyectores, sistemas de sonido, entradas de vídeo, sistemas de conmutación y control ambiental para el espacio físico. La creciente complejidad de estos sistemas ha impulsado el desarrollo de soluciones avanzadas de control integrado. La gestión efectiva de estos elementos requiere una arquitectura de control que permite la sincronización y operación coordinada de todos los dispositivos involucrados. Los avances en sistemas de control distribuido han simplificado considerablemente la administración de estos entornos complejos, facilitando su operación a través de interfaces unificadas. Además, la integración de tecnologías IoT (Internet of Things) en los sistemas de control de realidad virtual ha facilitado la gestión centralizada de múltiples dispositivos, proporcionando una experiencia más fluida y accesible para los usuarios finales.

## **Los sentidos humanos y la realidad virtual**

Para Philippe et al. (2020), los sistemas de realidad virtual representan un cambio de paradigma en los procesos de enseñanza-aprendizaje, principalmente por su capacidad para estimular múltiples canales sensoriales simultáneamente. Esta tecnología basa su eficacia principalmente en la estimulación precisa y coordinada de los sentidos humanos, principalmente el sentido de la vista a través de pantallas estereoscópicas, el oído mediante sistemas de audio espacial, y el sistema háptico a través de controladores con retroalimentación táctil. La capacidad del cerebro humano para integrar estos estímulos virtuales multimodales permite generar experiencias inmersivas que simulan la percepción natural del entorno físico.

El entendimiento de cómo la realidad virtual interactúa con los sistemas sensoriales y los estimula de manera sincronizada resulta, por tanto, fundamental para optimizar su implementación en la formación de futuros ingenieros, facilitando la asimilación de conceptos complejos mediante experiencias multisensoriales controladas, por lo que a continuación se describe la interacción con los diferentes sentidos humanos con la realidad virtual.

### **La visión estereoscópica en los sistemas de realidad virtual.**

La visión estereoscópica es un componente esencial en los sistemas de realidad virtual, ya que aprovecha la capacidad humana de percibir el entorno mediante la visión binocular, cuyo proceso está basado en el hecho de que cada ojo capta una imagen ligeramente diferente, debido a la separación interocular promedio de 65 mm en adultos. El cerebro combina estas imágenes a través de la disparidad binocular, también conocida como paralaje, lo que permite interpretar la profundidad y construir una percepción tridimensional. Aunque

existen otras señales visuales que contribuyen a la percepción de profundidad, como la perspectiva, la interposición y el enfoque, la disparidad binocular representa el factor más significativo en este mecanismo.

La comprensión histórica de la visión binocular tiene sus orígenes en el siglo XIX, con la invención del estereoscopio por Sir Charles Wheatstone en la década de 1830. Este dispositivo demostró cómo la disparidad binocular contribuye a la percepción de profundidad, estableciendo un referente en la experimentación de la visión (Howard & Rogers, 2012). Las técnicas modernas de visualización estereoscópica han evolucionado significativamente desde entonces; hoy en día, los sistemas de realidad virtual emplean técnicas avanzadas de renderizado estereoscópico que simulan la disparidad binocular natural. La generación de estas ilusiones ópticas tridimensionales puede lograrse mediante diversos métodos, desde el uso de cámaras duales sincronizadas para la captura de contenido, hasta sistemas de proyección especializados para la visualización. Para la visualización en los sistemas de realidad virtual, los usuarios emplean dispositivos con filtros específicos que permiten que cada ojo reciba de forma independiente la imagen correspondiente. Este proceso imita el funcionamiento natural de la visión binocular, en el que la corteza visual integra las imágenes dispares de cada ojo para construir una percepción coherente de profundidad en el espacio tridimensional (Holliman et al., 2011). Los sistemas de visualización estereoscópica han experimentado una evolución considerable a lo largo del tiempo, aunque generalmente se pueden clasificar en las siguientes categorías principales:

- a. *Visión Paralela*: En este sistema es necesario que el observador mantenga los ejes de visión paralelos, enfocando un punto en el infinito (Bogaert et al., 2010). Las imágenes deben mantener una separación máxima de 65 mm entre sus centros, correspondiente a la distancia interocular

promedio. La implementación de lentes especializados facilita la acomodación visual y previene la interferencia entre las imágenes destinadas a cada ojo, asegurando una percepción clara y sin distorsiones.

- b. *Visión Cruzada:* En este sistema, las líneas de visión oculares se interceptan en un punto cercano, permitiendo que el ojo derecho observe la imagen izquierda y que el ojo izquierdo observe la imagen derecha. Esta técnica ofrece la ventaja de permitir el uso de imágenes con dimensiones superiores a los 65 mm, lo cual amplía las posibilidades de visualización sin comprometer la percepción de profundidad en el entorno visualizado.
- c. *Sistema Anaglifo:* El sistema anaglifo es una técnica que combina dos imágenes ligeramente desplazadas, las cuales pueden ser visualizadas mediante el uso de filtros de color complementarios, como rojo-azul o rojo-cian (Ideses & Yaroslavsky, 2004). En este sistema cada lente actúa como filtro selectivo, permitiendo que cada ojo reciba únicamente la imagen correspondiente. El cerebro integra estas imágenes filtradas por color para construir una percepción tridimensional, este proceso se facilita mediante lentes pasivos anaglíficos, que permiten que cada ojo perciba selectivamente la imagen correspondiente y apoyan la interpretación cerebral de profundidad de forma eficaz.

Los sistemas de visualización estereoscópica han evolucionado hasta llegar a los basados en polarización, que representan una tecnología fundamental en la realidad virtual. Estos sistemas se clasifican en dos categorías principales, cada una con características y aplicaciones diferentes:

- 1. Sistemas Pasivos de Polarización:** Estos sistemas emplean dos proyectores equipados con filtros polarizadores, orientados a 90 grados entre sí o con polarización circular en sentidos opuestos (Bogaert et al., 2010). La proyección se realiza sobre pantallas especializadas con recubrimiento metalizado que preserva la polarización de la luz reflejada, manteniendo un alto porcentaje de la intensidad lumínica. El material de la pantalla es de suma importancia, ya que las superficies metalizadas son esenciales para mantener la polarización de la luz reflejada, permitiendo una separación efectiva de las imágenes destinadas a cada ojo. Aunque estas pantallas son más costosas que las convencionales, si son fundamentales para obtener una experiencia de visualización clara y sin interferencias.
- 2. Sistemas Activos:** Los sistemas activos representan una tecnología avanzada para la visualización estereoscópica, utilizando conmutación temporal sincronizada para mostrar imágenes alternadas a cada ojo. Estos lentes incorporan cristales LCD para obturación, sensores infrarrojos para sincronización, circuitos de control y baterías para su funcionamiento autónomo. Los sistemas activos modernos operan a frecuencias de actualización de 120Hz o superiores, proporcionando 60Hz efectivos para cada ojo, lo cual es de gran importancia para evitar el parpadeo perceptible y reducir la fatiga visual en usos prolongados.

En términos de rendimiento técnico, los sistemas pasivos ofrecen varias ventajas prácticas, como el hecho de que son livianos, de bajo costo, no requieren mantenimiento ni baterías, y generalmente producen menos fatiga visual. Sin embargo, presentan algunas limitaciones, como la pérdida de intensidad lumínica, la necesidad de pantallas especializadas y la posible degradación de

la polarización en función del ángulo de visión. Por otro lado, los sistemas activos sobresalen en calidad de imagen y resolución, ofrecen compatibilidad con múltiples tipos de displays y garantizan una mejor separación de imágenes estereoscópicas con un control preciso de la sincronización. Estos beneficios, no obstante, implican ciertas desventajas, como mayor peso y costo del dispositivo, dependencia de baterías, posible fatiga visual debido al parpadeo y la necesidad de un mantenimiento regular.

Cuando se va a implementar un sistema de visualización polarizado y se tiene que elegir entre los sistemas activos y los pasivos, la elección se debe basar en gran medida por el contexto de aplicación, por ejemplo, para entornos profesionales, como simuladores médicos o de ingeniería, suelen preferirse los sistemas activos debido a mayor precisión y calidad de imagen que ofrecen (Den, 2011). Mientras que para las aplicaciones orientadas al entretenimiento y la educación masiva generalmente se optan por sistemas pasivos, debido a su favorable relación costo-beneficio y la facilidad de implementación a gran escala.

### *Cascos de Realidad Virtual:*

Los cascos de realidad virtual (Head Mounted Display, HMD) son otro de los sistemas de visualización empleados en la actualidad, ellos representan uno de los avances más significativos en la tecnología de visualización inmersiva. Estos dispositivos de visualización montados en la cabeza incorporan pantallas miniaturizadas independientes para cada ojo, facilitando la presentación de imágenes estereoscópicas que crean una convincente ilusión de profundidad y presencia espacial. La arquitectura de estos sistemas ha evolucionado considerablemente, constituyendo sistemas integrados complejos que combinan pantallas de alta resolución, típicamente OLED o

LCD, con sistemas ópticos avanzados para magnificación y enfoque, como se muestra en la figura 6. La incorporación de sensores de movimiento y sistemas de seguimiento de posición se considera esencial para lograr una experiencia inmersiva efectiva.

Figura 6. Cascos de realidad virtual.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

La calidad de la experiencia en los HMD está determinada por parámetros técnicos específicos, se tiene que los dispositivos actuales ofrecen campos de visión de entre 90 y 120 grados, resoluciones por ojo que alcanzan los 2160 x 2160 píxeles y tasas de refresco de 90 a 120 Hz, además de tener la capacidad de mantener latencias inferiores a 20 ms lo cual es fundamental para prevenir la *cinetosis*<sup>6</sup> y asegurar una experiencia confortable. Los avances recientes en la tecnología HMD han sido significativos, incluyendo la implementación de displays microLED, que mejoran el brillo y la eficiencia energética, y la óptica pancake, que ha permitido reducir el tamaño y peso de los dispositivos. La integración de eye-tracking también ha facilitado el renderizado foveado, optimizando el rendimiento del sistema.

---

6 La cinetosis es un trastorno caracterizado por mareos, náuseas y desorientación, que ocurre cuando existe un conflicto entre la información visual percibida y las señales de movimiento detectadas por el sistema vestibular del cuerpo. En la realidad virtual se conoce como "cinetosis virtual" o "cybersickness".

Otro factor de suma importancia que se considera en la actualidad es la ergonomía ya que esta juega un papel crucial en el diseño de los HMD, dado que la distribución equilibrada del peso, el ajuste preciso de la distancia interpupilar y una ventilación adecuada son aspectos clave para el confort del usuario durante sesiones prolongadas. La compatibilidad con lentes correctivos también es un factor fundamental para garantizar la accesibilidad de esta tecnología a una audiencia más amplia. El espectro de aplicaciones de los HMD continúa expandiéndose, con implementaciones efectivas en campos diversos, como el entrenamiento y la simulación profesional, la educación y la visualización científica. Como señalan Slater & Sánchez-Vives (2016), estos dispositivos han mostrado un impacto notable en áreas como la terapia, la rehabilitación y el diseño industrial, donde su capacidad para recrear entornos inmersivos controlados aporta ventajas significativas.

A pesar de estos avances, existen aún desafíos en la tecnología HMD, el principal de ellos es el problema que se presenta conocido como *fenómeno convergencia-acomodación*<sup>7</sup>, el cual sigue siendo un obstáculo para una experiencia visual óptima, mientras que la reducción de peso y tamaño, la mejora en la duración de la batería y la ampliación del campo de visión son también áreas de desarrollo en continua evolución. La mitigación de la fatiga visual durante el uso prolongado sigue siendo un objetivo crucial para la próxima generación de dispositivos.

7

El fenómeno de convergencia-acomodación se refiere a la interacción entre la convergencia ocular (alineación de los ojos para enfocar un objeto) y la acomodación del cristalino (ajuste del enfoque según la distancia). En la realidad virtual, este proceso se desincroniza porque los ojos convergen en un punto virtual, pero enfocan en la pantalla fija del visor, generando un conflicto. Esto puede causar fatiga visual y reducir la comodidad del usuario. Tecnologías como pantallas de foco ajustable buscan mitigar este problema.

### *El sentido auditivo en los sistemas de realidad virtual.*

La audición es un componente esencial en los sistemas de realidad virtual, desempeñando un papel crucial en la creación de experiencias inmersivas convincentes. El proceso auditivo abarca desde la captación y procesamiento mecánico de ondas sonoras hasta la conversión de estas en impulsos nerviosos y su interpretación neural, donde los sonidos adquieren significado y contexto (Serafin et al., 2018). Este mecanismo no solo enriquece la inmersión, sino que también facilita la orientación espacial, la percepción de profundidad y una sensación convincente de presencia, un aspecto fundamental para la realidad virtual. En este contexto, los sonidos ambientales sincronizados con la interacción y navegación del usuario mejoran significativamente la experiencia, creando un entorno auditivo dinámico que responde en tiempo real a los movimientos y acciones.

El diseño de entornos auditivos en realidad virtual depende de simulaciones precisas de la propagación del sonido, utilizando técnicas de acústica virtual. Estas técnicas han evolucionado para generar audio tridimensional que se adapta dinámicamente a los movimientos del usuario, lo que aumenta la percepción realista del espacio y fomenta una experiencia inmersiva más personalizada como se aprecia en la figura 7.

Figura 7. Sistema realidad virtual con sistema de audio integrado



Fuente: Imagen generada con inteligencia artificial

A diferencia de los métodos tradicionales, estas simulaciones consideran cambios en la posición y orientación del usuario, lo que permite una integración más natural del sonido en el entorno virtual. Este enfoque innovador contribuye al desarrollo de entornos auditivos interactivos que enriquecen la sensación de realismo y mejoran la inmersión en el mundo virtual, donde se considera el movimiento dinámico de cada usuario, proporcionando una experiencia más personalizada y envolvente como se detalla a continuación:

- a. *Sistemas de Audio Especializados*: En el contexto actual de la realidad virtual, han surgido varios sistemas avanzados que mejoran la calidad y precisión de la experiencia auditiva. Nicol & Monfort (2023), al referirse a los sistemas holofónicos señalan que estos utilizan técnicas que imitan el funcionamiento del oído humano para producir un sonido envolvente y natural, aumentando la percepción espacial de los sonidos y su localización precisa. Este tipo de tecnología es ideal para entornos virtuales en los que se busca replicar con exactitud la ubicación y profundidad de los sonidos en relación con la posición del usuario.
- b. Los *sistemas VR* y de *audio 360 grados* también juegan un rol destacado, ya que permiten la creación de paisajes sonoros completos, que rodean al usuario generando un entorno auditivo que se siente auténticamente tridimensional. Para Schütze & Irwin-Schütze, (2018), el audio de 360 grados utiliza técnicas binaurales o altavoces espaciales que generan fuentes de sonido en el entorno virtual, de modo que los usuarios experimentan la procedencia y distancia de cada sonido conforme giran o cambian de posición, lo cual contribuye a una mayor inmersión y a una interacción más natural con el espacio virtual.

Para Potter et al. (2022), el audio espacial resulta fundamental en los entornos colaborativos de realidad virtual, ya que permite que los usuarios tengan una percepción precisa de la ubicación de otros participantes o elementos del entorno. La reproducción binaural con audífonos es particularmente adecuada para experiencias individuales, mientras que los sistemas de altavoces espaciales son más eficaces en entornos multiusuario. Una correcta implementación del audio espacial no solo mejora la orientación y la percepción espacial, sino que también compensa la ausencia de otras señales sensoriales, reforzando la sensación de presencia y realismo en el entorno virtual.

## **El sentido del tacto en los sistemas de realidad virtual.**

El sentido del tacto es uno de los elementos más complejos y fundamentales en la experiencia humana, y su integración en los sistemas de realidad virtual representa un desafío significativo ya que este sentido involucra una extensa red de receptores nerviosos distribuidos por todo el cuerpo, con una concentración especialmente alta en las yemas de los dedos, donde se encuentran aproximadamente 100 receptores por centímetro cuadrado (Bhowmik, 2024). Estos receptores son capaces de detectar y transmitir al cerebro diversos tipos de sensaciones táctiles, incluyendo presión, temperatura, textura y dolor. La sensibilidad táctil varía considerablemente entre las diferentes áreas del cuerpo, siendo las yemas de los dedos las que muestran la mayor precisión en la discriminación de estímulos.

La incorporación de *feedback háptico*<sup>8</sup> en la realidad virtual es un área clave para lograr experiencias verdaderamente inmersivas.

---

8 El feedback háptico en realidad virtual proporciona retroalimentación táctil mediante dispositivos que simulan sensaciones como presión o vibración. Esto permite a los usuarios percibir interacciones físicas en el entorno virtual, aumentando la inmersión. Se logra con actuadores que generan estímulos sincronizados con las acciones del usuario.

La tecnología háptica, cuyo nombre proviene del término griego “haptikos” (capaz de captar o percibir), con ella se busca replicar las complejas interacciones físicas que experimentamos en el mundo real dentro de entornos virtuales. Los sistemas hápticos modernos integran información de múltiples fuentes sensoriales, incluyendo receptores en la piel, músculos, tendones y articulaciones, para proporcionar una experiencia táctil completa y realista.

La percepción háptica presenta características únicas que la diferencian de otras modalidades sensoriales, ya que no solo permite sentir, sino también modificar el estado de los objetos. Esta propiedad bilateral es crucial en aplicaciones de realidad virtual, donde los usuarios necesitan manipular objetos virtuales de manera natural. A través de la exploración háptica, se obtiene información sobre diversas propiedades de los objetos, como forma, textura, dureza, peso y temperatura. Estas capacidades hacen que la percepción háptica sea un componente esencial para enriquecer la experiencia de los usuarios en los entornos virtuales. Además, su capacidad de combinar la retroalimentación sensorial con la interacción directa contribuye a una inmersión más profunda, fortaleciendo el vínculo entre el mundo físico y el virtual.

En términos tecnológicos, la integración de dispositivos hápticos ha evolucionado considerablemente, abarcando desde vibraciones simples en smartphones y pantallas táctiles (ver figura 8) hasta sistemas avanzados en realidad virtual. Estos dispositivos simulan texturas, resistencias y fuerzas, creando experiencias más realistas. Sin embargo, el desarrollo de interfaces hápticas avanzadas enfrenta desafíos técnicos significativos debido a la complejidad anatómica de la mano humana, con sus 27 grados de libertad y múltiples receptores sensoriales. Este nivel de sofisticación aún no ha sido plenamente replicado, dejando espacio para investigaciones futuras que busquen superar estas limitaciones tecnológicas.

Entre los principales retos que se tiene en la actualidad para el desarrollo de dispositivos hápticos se incluyen:

1. La necesidad de crear actuadores capaces de proporcionar feedback háptico preciso y localizado.
2. El desarrollo de sensores que detecten y transmitan información sobre diversas propiedades físicas.
3. La creación de algoritmos de control capaces de procesar y responder en tiempo real a las interacciones del usuario.
4. La miniaturización de componentes para hacer que los dispositivos sean ergonómicos y prácticos.

En cuanto a la clasificación de dispositivos hápticos, se pueden identificar dos categorías principales según su método de retroalimentación, por una parte, se tiene los dispositivos de contacto directo los cuales incluyen guantes hápticos que proporcionan sensaciones táctiles localizadas, exoesqueletos que simulan resistencia y fuerzas, e interfaces de punto de contacto que permiten la exploración de superficies virtuales. Por otro lado, están los dispositivos de retroalimentación indirecta los cuales comprenden sistemas de vibración para simular texturas y colisiones, dispositivos de presión neumática y sistemas ultrasónicos para retroalimentación sin contacto.

Para Heidari et al. (2021), las aplicaciones de la tecnología háptica dentro de los sistemas de realidad virtual son muy variadas y prometedoras, por ejemplo, se tiene aplicaciones en el entrenamiento médico donde se utilizan para la simulación de procedimientos quirúrgicos, la práctica de técnicas de palpación, el entrenamiento en anatomía interactiva y también en la rehabilitación de pacientes, como se puede ver en la figura 8. También en el diseño industrial se utiliza para facilitar el prototipado virtual con retroalimentación táctil, la evaluación ergonómica de productos y la simulación de

procesos de ensamblaje. Asimismo, en el ámbito del entretenimiento y la educación, la tecnología háptica permite crear videojuegos inmersivos, experiencias artísticas interactivas y simuladores de entrenamiento con un grado alto de realismo.

Figura 8. Dispositivo háptico utilizado en rehabilitación motriz



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Otro aspecto técnico que considerar en el desarrollo de sistemas hápticos es la latencia considerada como el tiempo de respuesta entre la interfase y la retroalimentación, ya que, para mantener una experiencia convincente, el tiempo entre la acción del usuario y la retroalimentación háptica debe ser menor a 1 milisegundo. Este requerimiento representa un desafío técnico importante, especialmente en sistemas inalámbricos o que trabajan en red, donde existen diversos factores que pueden afectar el tiempo de respuesta, lo que ha impulsado el desarrollo de nuevas arquitecturas de procesamiento y protocolos de comunicación diseñados específicamente para aplicaciones hápticas

Los dispositivos hápticos pueden clasificarse también en función de criterios como la generación de fuerza en pequeña escala,

abarcando aplicaciones en realidad virtual y tele-robótica (Tiwana et al., 2012). Dentro de este ámbito, se distinguen varios tipos de dispositivos que permiten la interacción táctil y háptica de forma efectiva en entornos virtuales, entre los que se encuentran los exoesqueletos como el que se muestra en la figura 9 y dispositivos estacionarios, los cuales se utilizan para brindar soporte estructural y retroalimentación de fuerza al usuario durante la interacción con objetos virtuales. Estos sistemas suelen estar anclados en una ubicación fija y permiten una simulación precisa de fuerzas y resistencias, ofreciendo una experiencia de inmersión más realista. También existen dispositivos portátiles, como guantes hápticos, que proporcionan una interfaz táctil directa con el entorno virtual, permitiendo al usuario manipular y sentir objetos con un alto grado de precisión.

Figura 9. Dispositivo háptico exoesqueleto



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Además, los dispositivos hápticos pueden clasificarse en aquellos diseñados para tareas específicas, este tipo de dispositivos se emplea en aplicaciones que requieren interacciones altamente especializadas y precisión en las respuestas hápticas, como en simulaciones médicas

o procesos de manufactura detallados. Otro tipo importante en esta categoría son las interfaces locomotrices, que facilitan la simulación del movimiento dentro de un entorno virtual, permitiendo al usuario desplazarse y experimentar una sensación realista de transporte físico en el espacio virtual.

Finalmente se tienen los dispositivos de retroalimentación los cuales pueden subdividirse en dispositivos de retroalimentación de entrada y dispositivos de retroalimentación de fuerza, cada uno cumple funciones específicas dentro de la interacción háptica, los de entrada permiten que el usuario envíe comandos táctiles al sistema, mientras que los dispositivos de retroalimentación de fuerza proporcionan una respuesta táctil al usuario en función de las interacciones que realiza en el entorno virtual. Dentro de los dispositivos hápticos también se tienen las pantallas táctiles, que permiten una visualización en formato táctil de la información como el que se ve en la figura 10 y facilitan la exploración sensorial del usuario en un ambiente virtual, brindando una experiencia más rica y compleja.

Figura 10. Dispositivo háptico, pantalla táctil.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

### *El sentido del gusto en los sistemas de realidad virtual.*

La integración del sentido del gusto en entornos de realidad virtual representa también uno de los desafíos más complejos en el desarrollo de experiencias completamente inmersivas (Huang et al., 2019). El gusto como es sabido es un sentido intrínsecamente sofisticado que involucra la detección de cinco sabores básicos: dulce, amargo, ácido, salado y umami<sup>9</sup>, a través de las papilas gustativas distribuidas en la lengua y la cavidad oral. Sin embargo, la percepción del sabor no es una experiencia aislada, sino multisensorial, ya que integra aspectos olfativos, táctiles y auditivos que contribuyen a una experiencia gustativa completa, lo que añade niveles de dificultad en la creación de interfaces que busquen replicar esta percepción en entornos virtuales.

El desarrollo de interfaces gustativas ha experimentado avances significativos, con simuladores de alimentos que combinan estimulación química para recrear los sabores básicos y retroalimentación háptica para simular texturas (Duggal et al., 2022). Estas interfaces también integran componentes auditivos, como sonidos de masticación, y olfativos, elementos esenciales para enriquecer la experiencia alimentaria en realidad virtual. Este enfoque multisensorial ha demostrado ser clave para aumentar la inmersión y la autenticidad en las simulaciones alimentarias, lo que resulta particularmente relevante en aplicaciones como la capacitación culinaria o las terapias de modificación del comportamiento alimenticio. Además, la replicación precisa de las propiedades físicas y químicas de los alimentos ha llevado al desarrollo de métodos avanzados de medición, como sensores de fuerza de alta sensibilidad

---

9 El umami constituye el quinto sabor básico, caracterizado por la percepción sensorial distintiva producida por la presencia de L-glutamato y nucleótidos específicos, que complementa la clasificación tradicional de sabores fundamentales.

que registran la resistencia durante la masticación y biosensores que detectan y cuantifican los componentes químicos del sabor. También se emplean sistemas de grabación acústica de alta precisión para capturar los patrones sonoros específicos de la masticación, contribuyendo a una experiencia sensorial más rica y realista.

A pesar de estos progresos, la tecnología actual enfrenta desafíos importantes. La complejidad de los sabores naturales dificulta su reproducción total, y la miniaturización de los dispositivos sigue siendo un reto técnico, especialmente en lo referente a higiene y seguridad, dado su contacto directo con la boca del usuario. Otro desafío crítico es la calibración individual de los sistemas, ya que la percepción del gusto varía considerablemente entre personas por factores genéticos y de sensibilidad. Sin embargo, las perspectivas para estas interfaces son alentadoras. Los avances en neurofisiología del gusto y el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías de sensores están abriendo posibilidades prometedoras. La exploración de materiales biocompatibles y sensores ajustables podría permitir una integración más precisa del gusto en entornos virtuales, ampliando las capacidades de las experiencias inmersivas y potenciando su uso en áreas como el entretenimiento, la educación y la medicina.

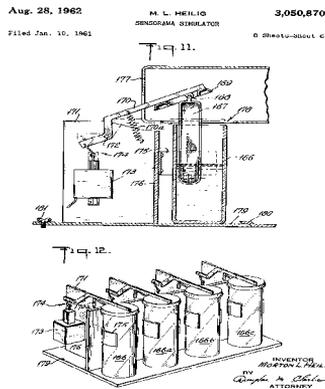
### *El Olfato en los sistemas de realidad virtual.*

El olfato, es otra capacidad sensorial fundamental que ha encontrado su lugar en los entornos de realidad virtual, mediante el uso de dispositivos conocidos como pantallas olfativas, las cuales están diseñados para generar y distribuir una variedad de olores hacia el usuario (Niedenthal, 2023). La incorporación de aromas en la realidad virtual permite intensificar la inmersión del usuario, agregando una dimensión sensorial adicional que enriquece la experiencia virtual. Esta capacidad inmersiva de los olores ha resultado especialmente relevante en aplicaciones como los

videojuegos en 3D y las experiencias cinematográficas en 4D, donde los aromas contribuyen significativamente a la creación de ambientes específicos y al realismo de escenas determinadas.

Un hito histórico en la integración del olfato en experiencias inmersivas fue el Sensorama, desarrollado por Morton L. Heilig en 1962 (US Patent No. 3,050,870). Este sistema pionero, como señalaba Heilig en su patente original (citado por Gutiérrez & Santos, 2023), representó el primer intento verdaderamente multisensorial que combinaba visión estereoscópica, audición binaural, sensaciones hápticas y, notablemente, estimulaciones olfativas. La figura 11 muestra el diseño original de la patente, donde se detallan los contenedores que funcionaban como fuentes olfativas del sistema.

Figura 11. Dibujo de los contenedores para liberar olores, patente 3,050,870



Fuente: patentimages

La integración del sentido del olfato en entornos de realidad virtual ha evolucionado significativamente en los últimos años, dando como resultado pantallas olfativas virtuales que son sistemas que combinan hardware, software y componentes químicos para

generar estímulos olfativos en entornos virtuales. Aunque el olfato desempeña un papel crucial en la inmersión y la evocación de emociones y recuerdos, su implementación en la realidad virtual ha sido limitada en comparación con los estímulos visuales y táctiles. A pesar de que la importancia del olfato en las experiencias inmersivas es multifacética, dado que los olores tienen una capacidad única para evocar recuerdos y lugares específicos, lo que los hace valiosos en aplicaciones como el entrenamiento para el manejo de materiales peligrosos, la formación de bomberos, el diagnóstico médico y la visualización de procesos químicos. Sin embargo, la implementación de pantallas olfativas presenta desafíos técnicos significativos por la naturaleza química de los estímulos olfativos difiere fundamentalmente de los estímulos físicos que activan otros sentidos, y la ausencia de “olores primarios” identificables dificulta la síntesis de una amplia gama de aromas.

Avances recientes han producido soluciones más sofisticadas, como sistemas que inyectan aire perfumado directamente bajo la nariz del usuario mediante tubos controlados con precisión, similares a los displays montados en la cabeza (HMD) (Tewell & Ranasinghe, 2024) como el que se muestra en la figura 12. Aunque estos sistemas ofrecen un control más preciso del estímulo olfativo, la necesidad de que el usuario porte el dispositivo en el rostro puede resultar intrusiva para algunas aplicaciones. Como señalaba Boyd (2011), hace algunos años surgió un desarrollo innovador proveniente de investigadores de la Universidad de Tokio, quienes crearon un sistema de realidad virtual que integraba estímulos olfativos y visuales para modificar la percepción del gusto. Sus experimentos demostraron cómo la combinación de estos estímulos puede alterar la percepción del sabor de alimentos comunes, haciendo que los participantes perciban sabores diferentes a los reales.

Figura 12. Dispositivo para liberar olores



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Las aplicaciones prácticas de la tecnología olfativa en realidad virtual continúan expandiéndose, incluyendo entrenamiento médico para diagnóstico de enfermedades donde el olor es un indicador importante, terapia de exposición para trastornos de ansiedad y fobias, marketing inmersivo y experiencias comerciales, y la preservación del patrimonio cultural que incluye elementos olfativos. No obstante, al igual que con el sentido del tacto y del gusto, aún existen grandes desafíos en el desarrollo de sistemas olfativos para realidad virtual, como la necesidad de miniaturización de los dispositivos de dispersión, el control preciso de la intensidad y duración del estímulo olfativo, la persistencia de los olores en el ambiente y la variabilidad en la percepción olfativa entre individuos.

### **Clasificación de los sistemas de realidad virtual.**

Los sistemas de realidad virtual pueden clasificarse en *inmersivos* y *no inmersivos*, dependiendo del nivel de participación del usuario y de la tecnología utilizada. Los sistemas inmersivos buscan proporcionar una experiencia más envolvente mediante dispositivos

como visores de realidad virtual o guantes hápticos, mientras que los no inmersivos permiten una interacción más limitada, generalmente a través de monitores y periféricos convencionales. Sin embargo, una de las principales limitaciones para alcanzar experiencias inmersivas de alta calidad sigue siendo la tecnología actual, especialmente en la reproducción de sensaciones físicas similares a las del mundo real, que aún presenta importantes desafíos técnicos y de desarrollo.

En el ámbito educativo, la aplicación de la realidad virtual se presenta como una herramienta prometedora para superar las limitaciones de las metodologías tradicionales. Esta tecnología permite a los docentes incorporar simulaciones interactivas de alta fidelidad, facilitando la comprensión de conceptos complejos que suelen ser inaccesibles o difíciles de abordar en entornos reales. Además, los estudiantes pueden explorar fenómenos detalladamente y en condiciones seguras, lo que resulta especialmente útil para áreas como las ciencias y la ingeniería, donde ciertas experiencias prácticas pueden implicar riesgos o requerir recursos costosos. Este enfoque no solo amplía las posibilidades de aprendizaje, sino que también enriquece la experiencia educativa al combinar inmersión y participación activa.

Como se había mencionado anteriormente, la tecnología de realidad virtual se puede clasificar dependiendo de los niveles de interacción e inmersión que proporcionan al usuario, de donde se tiene que existen principalmente tres categorías principales de realidad virtual:

*1. Realidad Virtual de Escritorio o No Inmersiva:* Es la forma más común y accesible de realidad virtual, para su implementación solo se requiere una computadora de escritorio convencional, en esta categoría los usuarios exploran y manipulan entornos virtuales tridimensionales a través de interfaces tradicionales como el teclado, el mouse o mandos de juego. Su popularidad

radica en su bajo costo de implementación, la facilidad de uso y la amplia disponibilidad de hardware compatible, lo que la convierte en una opción práctica para aplicaciones educativas, de entretenimiento y de capacitación básica. Sin embargo, esta forma de realidad virtual presenta limitaciones significativas en términos de inmersión y presencia, ya que, al utilizar una pantalla convencional y dispositivos de entrada estándar, la experiencia del usuario se ve restringida por la falta de estímulos sensoriales envolventes y la ausencia de interacciones naturales con el entorno virtual como se aprecia en la figura 13. Esta limitación en la sensación de inmersión puede afectar la efectividad de ciertas aplicaciones que requieren una mayor sensación de presencia, como el entrenamiento en procedimientos complejos o terapias de exposición virtual. No obstante, su accesibilidad y facilidad de implementación la mantienen como una opción viable para múltiples contextos donde la inmersión total no es un requisito fundamental.

Figura 13. Sistema de realidad virtual de escritorio



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

*2. Realidad Virtual Semi-Inmersiva:* Esta modalidad proporciona al usuario una experiencia de inmersión moderada, ocupando una posición intermedia entre los sistemas de escritorio y los completamente inmersivos. Se implementa principalmente a través de dispositivos como pantallas 3D, sistemas de proyección avanzados como los Power Walls, que consisten en pantallas de gran formato o sistemas de proyección múltiple que pueden cubrir paredes enteras, ofreciendo una visualización a escala real de los entornos virtuales. Estos sistemas suelen complementarse con tecnologías de visualización estereoscópica y sistemas de tracking que mejoran la sensación de profundidad y de interactividad.

Una característica distintiva de esta categoría es que mantiene al usuario consciente de su entorno físico mientras proporciona una experiencia inmersiva significativa. Esta dualidad resulta particularmente ventajosa en aplicaciones de entrenamiento, educación y visualización profesional, donde es beneficioso mantener cierto nivel de conciencia del entorno real mientras se interactúa con el contenido virtual. Los Power Walls como el que se ve en la figura 14, en particular, han demostrado ser especialmente efectivos en entornos colaborativos y presentaciones grupales, permitiendo que varios usuarios compartan simultáneamente la experiencia virtual mientras mantienen la capacidad de interactuar entre sí en el espacio físico.

Figura 14. Sistema de realidad virtual semi-inmersiva Power Wall.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

*3. Realidad Virtual de Inmersión Total:* Este tipo de sistema representa el nivel más avanzado de inmersión virtual, utilizando visores montados en la cabeza (HMD, Head-Mounted Display) y dispositivos sensoriales especializados que aíslan completamente al usuario del entorno físico como se ve en la figura 15, lo que es facilitado por la tecnología actual que permite una experiencia multisensorial avanzada mediante sistemas de seguimiento preciso de movimientos, controladores hápticos y audio espacial, creando una sensación convincente de presencia en el entorno virtual.

Figura 15. Sistema de realidad virtual inmersivo montado sobre la cabeza



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Un ejemplo destacado de esta categoría es el sistema CAVE (Cave Automatic Virtual Environment), que son instalaciones especializadas que utilizan proyecciones tridimensionales en múltiples paredes para crear un espacio inmersivo de alta fidelidad como al que se ve en la figura 16, dado que la efectividad de los sistemas inmersivos radica en su capacidad para minimizar las distracciones del mundo exterior y maximizar el compromiso sensorial del usuario con el entorno virtual.

Figura 16. Sistema de realidad virtual inmersivo tipo CAVE



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Los avances en hardware y software especializado han permitido reducir significativamente la latencia, mejorar la resolución visual y perfeccionar el tracking de movimiento, resultando en experiencias más naturales y convincentes. Esta capacidad de aislamiento sensorial, combinada con la estimulación multisensorial coordinada, hace que la realidad virtual inmersiva sea particularmente efectiva en aplicaciones que requieren alta concentración y compromiso, como el entrenamiento profesional, la terapia de exposición y la simulación de procedimientos complejos.

Por otra parte, se tiene también a la *realidad aumentada*, la cual no cae en ninguna categoría de las señaladas anteriormente, pero que forma parte de la realidad virtual, esta tecnología ha comenzado a integrarse en diversos campos de aplicación, permitiendo la superposición de elementos virtuales sobre el mundo real como la que se ve en la figura 17. Esta tecnología permite al usuario visualizar e interactuar con objetos virtuales superpuestos en el entorno físico mediante dispositivos especializados que proyectan gráficos tridimensionales sobre la escena real, dando como resultado nuevas oportunidades en campos como la ingeniería, la medicina y el entretenimiento, al permitir enriquecer la percepción del entorno inmediato del usuario con información digital complementaria.

Figura 17. Sistema de Realidad Aumentada



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

## La Inmersión en los sistemas de realidad virtual

Para Nilsson et al. (2016), la *inmersión* dentro de la realidad virtual se refiere a la percepción que tiene el usuario de estar físicamente presente dentro de un entorno digital como se ve en la figura 18. Esta sensación se logra mediante estímulos visuales, auditivos y táctiles

que crean un ambiente absorbente y realista. El término “inmersión” en la realidad virtual, se aplica metafóricamente a la representación o simulación, describiendo un estado de conciencia en el que el usuario altera su percepción física para sentirse rodeado de un ambiente artificial. Este concepto también implica la suspensión parcial o completa de la *incredulidad*<sup>10</sup>, permitiendo al usuario reaccionar a los estímulos del entorno virtual como si estos fueran reales, para ello el grado de realismo del entorno virtual influye en esta suspensión de la incredulidad; a mayor realismo en lo que el usuario observa, mayor es el nivel de presencia logrado.

Figura 18. Usuario inmerso en un entorno de realidad virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

La inmersión es una experiencia única vinculada con la exploración tridimensional del mundo virtual, donde los usuarios experimentan un sentimiento de participación en un entorno digital, interactuando con elementos que se sienten tan reales como los del mundo físico. Esta combinación de inmersión e interactividad se conoce como telepresencia, concepto que permite al usuario

---

<sup>10</sup> Suspender la incredulidad implica crear entornos tan inmersivos que los usuarios aceptan la simulación como real, sin cuestionar su artificialidad. Esto se logra mediante gráficos realistas, interacciones naturales y retroalimentación sensorial precisa. Es esencial para aplicaciones como simulaciones, educación y terapia.

desconectarse del mundo real y enfocarse en su identidad dentro del mundo virtual, por lo tanto se tiene que la inmersión se compone de dos elementos principales: la profundidad y la amplitud de la información, donde la profundidad de la información se refiere a la cantidad y calidad de los datos que recibe el usuario, como la resolución de la pantalla, la complejidad gráfica y la calidad del sonido, mientras que la amplitud de la información se define como el número de dimensiones sensoriales presentadas simultáneamente, como el sentido del tacto, el gusto y el olfato, además de los estímulos visuales y auditivos.

Algunos desarrolladores de videojuegos clasifican la inmersión en tres categorías principales (Mc Mahan, 2003; Brown & Cairns, 2004; Calleja, 2011):

**1. Inmersión Táctica:** experimentada al realizar operaciones tácticas que requieren habilidad y destreza, depende de interfaces intuitivas y de respuesta rápida.

**2. Inmersión Estratégica:** de naturaleza intelectual, asociada con el desafío mental, como ocurre en el ajedrez, donde el usuario debe elegir soluciones entre múltiples opciones.

**3. Inmersión Narrativa:** ocurre cuando el usuario se involucra en una historia, similar a la experiencia de leer un libro o ver una película.

Además de las anteriores, actualmente se ha propuesto una cuarta categoría:

**4. Inmersión Espacial:** se refiere a la sensación del usuario de estar “allí”, en un mundo simulado que se percibe como real, ofreciendo un entorno perceptualmente convincente.

## El sentido de presencia en los sistemas de realidad virtual

Otra de las características fundamentales de la realidad virtual es el sentido de presencia dentro de los entornos virtuales, definido este sentido como la sensación de “estar allí” (Sadowski & Stanney, 2002), es un fenómeno psicológico complejo que involucra tanto la percepción sensorial como el razonamiento emocional del usuario. Esta experiencia no depende únicamente de estímulos visuales o auditivos, sino también de diversos elementos psicológicos y emocionales que permiten al usuario interpretar el entorno virtual como real. La susceptibilidad psicológica del usuario y la influencia de los símbolos presentes en el entorno virtual desempeñan un papel crucial en la percepción de la realidad simulada, sin embargo, este concepto puede resultar ambiguo debido a la subjetividad de términos como “sentido” y “ser”, que varían según el contexto y la interpretación del observador.

Para superar esta ambigüedad, Lombard y Ditton (1997), propusieron definir la presencia como una “ilusión perceptiva de la no-mediación”, donde el participante “olvida” que sus percepciones están mediadas tecnológicamente. Esta definición implica que la tecnología debe volverse invisible para el usuario, de modo que este experimente el entorno como si estuviera físicamente presente en él. De esta manera, el sentido de presencia se logra cuando el participante se sumerge en la experiencia sin recordar que está interactuando a través de una interfaz tecnológica.

Abrash (2014), en su trabajo con el equipo de investigación de Oculus VR, identificó una serie de características técnicas esenciales para optimizar el sentido de presencia en entornos de realidad virtual. Estas características incluyen:

1. **Amplio campo de visión:** Un campo de visión de 80 grados o más mejora significativamente la sensación de

inmersión, permitiendo al usuario abarcar un panorama visual más cercano al de la percepción humana natural.

2. **Alta resolución de imágenes:** Una resolución de al menos 1080 píxeles es fundamental para ofrecer detalles nítidos y reducir el efecto de “rejilla” que puede distraer al usuario y romper la ilusión de realismo.
3. **Baja persistencia por píxel:** Una persistencia de 3 milisegundos o menor es necesaria para minimizar el desenfoque y mejorar la claridad de la imagen cuando el usuario gira la cabeza, incrementando la sensación de estabilidad en el entorno virtual.
4. **Alta frecuencia de refresco:** Para evitar el mareo y otros efectos indeseables, una tasa de refresco de al menos 60 Hz, con preferencia hacia los 95 Hz, ayuda a reducir la latencia visual, facilitando una experiencia visualmente coherente y continua.
5. **Visualización global:** La activación simultánea de todos los píxeles en la pantalla contribuye a la percepción de un entorno cohesivo, eliminando el efecto de parpadeo que puede surgir cuando los píxeles se iluminan en secuencia.
6. **Óptica optimizada:** El diseño óptico, que incluye dos lentes por ojo, es fundamental para una correcta alineación visual y para reducir distorsiones que puedan afectar la calidad de la experiencia.
7. **Calibración óptica precisa:** Un sistema de calibración preciso permite ajustar las variaciones de enfoque y profundidad, optimizando la visualización para cada usuario y reduciendo la fatiga visual.
8. **Seguimiento continuo:** La capacidad del sistema para realizar un seguimiento preciso y en tiempo real de los

movimientos de la cabeza y el cuerpo del usuario refuerza la estabilidad de la percepción espacial.

- 9. Baja latencia:** Una latencia reducida asegura que el entorno responda instantáneamente a los movimientos del usuario, lo cual es esencial para mantener la coherencia espacial y la sincronización de los sentidos.

Estas características técnicas son fundamentales para que el usuario experimente el entorno virtual como un espacio convincente y creíble (ver figura 19), dado que la integración de estos aspectos tecnológicos con la psicología de la inmersión permite que el entorno virtual no solo sea percibido como real, sino que también influya en las emociones y percepciones del usuario, logrando una experiencia profundamente inmersiva y transformadora.

Figura 19. El usuario tiene la sensación de estar presente en el entorno sintético



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

## Los Entornos Digitales Inmersivos y la realidad virtual

Un entorno digital inmersivo es un escenario artificial e interactivo generado por computadora que permite al usuario adentrarse en un mundo simulado, a menudo se les asocia con la realidad virtual, pero estos entornos no necesariamente requieren representar o simular una realidad específica; ya que pueden adoptar formas abstractas, de fantasía o completamente estilizadas, siempre que la experiencia del usuario sea envolvente (Rubio-Tamayo et al., 2017). La premisa central de la inmersión implica que el usuario se sienta como parte activa dentro de este universo simulado.

La efectividad de un entorno digital envolvente para lograr una inmersión que sea sentida como genuina depende de numerosos factores, dentro de los que se encuentran los gráficos 3D convincentes, sonido envolvente, una entrada de interacción intuitiva y diversos aspectos de diseño, como la simplicidad y funcionalidad de la interfaz. La tecnología moderna busca expandir estos entornos con efectos ambientales más realistas, integrando elementos como viento, vibración y luces ambientales para aumentar la sensación de estar dentro de la experiencia virtual, pero para conseguir una inmersión completa, es ideal que los cinco sentidos perciban el entorno digital como una realidad física, lo cual requiere una sofisticada manipulación perceptual de cada sentido. Estudios como los realizados por Lombard & Ditton (1997) y Slater & Wilbur (1997), destacaban que los entornos inmersivos exitosos deben generar una sensación de presencia o la ilusión de estar realmente en el entorno virtual, una percepción clave para la inmersión total. La inmersión se define como la ilusión perceptual de la no-mediación, donde el usuario olvida que sus experiencias están mediadas por la tecnología, creando una experiencia fluida y realista.

La interacción intuitiva en entornos digitales es esencial para alcanzar una experiencia inmersiva, lograda a través de tecnologías como controles gestuales, seguimiento de movimientos, visión por computadora e interfaces de control cerebral que responden a las ondas cerebrales del usuario como la que se muestra en la figura 20. Estas innovaciones integran al usuario en entornos virtuales donde las operaciones computacionales ocurren de manera imperceptible, siguiendo el principio de “información oculta”, que minimiza la sensación de interactuar con un sistema tecnológico. El objetivo no es solo replicar la realidad, sino complementarla, logrando que el entorno virtual envuelva naturalmente al usuario.

Figura 20. Persona interactuando en un Entorno Digital Inmersivo



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Una diferencia esencial entre la realidad virtual y los entornos inmersivos radica en su enfoque hacia la percepción del usuario. La realidad virtual reemplaza completamente las entradas sensoriales convencionales por estímulos generados por computadora, mientras que los entornos inmersivos enriquecen el espacio físico existente,

sustituyendo únicamente ciertos objetos o acciones (ver figura 20). Esto permite que los entornos inmersivos integren elementos virtuales en tiempo real, creando una interacción híbrida que fusiona el mundo físico con el digital. Estas tecnologías están redefiniendo las interfaces humano-computadora, promoviendo experiencias más naturales y fluidas que transforman la manera en que los usuarios perciben e interactúan con los entornos digitales.



## **Capítulo 2**

---

Usos de la Realidad Virtual en Diferentes Áreas del  
Conocimiento

Para Ambrosio & Fidalgo (2020), en el estudio de los distintos campos de aplicación de la realidad virtual, se observa un incremento en su implementación en diversas áreas del conocimiento científico y profesional, dado principalmente por la combinación de las capacidades tecnológicas de estos sistemas con las necesidades específicas de las distintas disciplinas, lo que ha impulsado una transformación en la práctica profesional actual. Como señalan Rubio-Tamayo et al. (2017), esta tecnología es reconocida por su adaptabilidad y capacidad para generar experiencias inmersivas, demostrando que puede ser un recurso metodológico efectivo en una amplia variedad de ámbitos académicos y profesionales.

### **Aplicaciones de los sistemas de realidad virtual**

Las aplicaciones de los sistemas de realidad virtual representan un campo tecnológico que integra hardware y software para crear entornos simulados inmersivos desde sus orígenes sus orígenes en 1965 con la propuesta pionera de Ivan Sutherland sobre un sistema inmersivo con sonido envolvente y pantallas tridimensionales, esta tecnología ha evolucionado significativamente a lo largo de las décadas, hasta permitir a los usuarios interactuar con ambientes simulados mediante dispositivos especializados como guantes hápticos y cascos montados sobre la cabeza, debido a ellos su aplicación se ha extendido a diversos campos, destacando particularmente en la visualización científica, el entrenamiento militar, la medicina y la ingeniería (ver figura 21).

Figura 21. Realidad Virtual aplicada a la ingeniería



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

En campos como el diseño industrial por mencionar otro ejemplo, se utiliza para facilitar la visualización de modelos complejos de piezas y ensamblajes, permitiendo identificar deficiencias en etapas tempranas y realizar modificaciones en tiempo real. Durante las décadas de 1970 y 1980, la tecnología ganó relevancia especialmente en Estados Unidos, consolidándose a través de desarrollos en simulación e interacción, aunque su verdadero auge llegó en la década de 1990, impulsado por avances en dispositivos electrónicos de alta velocidad, computación de alto rendimiento y tecnologías de interacción humano-computadora.

Como señalan Pribadi et al. (2023), una de las aplicaciones con más áreas de oportunidad de la realidad virtual se encuentra en la simulación de situaciones de alto riesgo, permitiendo el entrenamiento seguro en escenarios peligrosos. Esta característica ha resultado especialmente valiosa en la capacitación de profesionales de la salud, pilotos de aviación comercial y militar, y en aquellos lugares donde se requieren experiencias de alta precisión que emulen condiciones peligrosas reales. El desarrollo continuo de esta tecnología, junto con su creciente integración en el ámbito educativo, demuestra su versatilidad y potencial para contribuir

en diversos campos profesionales y académicos, consolidándose como una herramienta fundamental en la formación y el desarrollo de competencias especializadas. Actualmente, la realidad virtual se aplica en varias áreas del conocimiento, que de manera general pueden clasificarse en las siguientes categorías:

### **Simuladores de vuelo y de manejo**

La capacitación de pilotos mediante prácticas de vuelo reales conlleva riesgos significativos y costos elevados, puesto que afrontar situaciones extraordinarias sin la experiencia adecuada puede comprometer la integridad tanto del piloto en formación como de sus acompañantes, además de ocasionar pérdidas tanto humanas como materiales considerables. Esta problemática ha impulsado, desde los inicios de la aviación, el desarrollo de diversos sistemas que permiten a los pilotos experimentar las sensaciones de vuelo sin abandonar la tierra firme. Para Cross et al. (2022), la evolución de estas tecnologías, particularmente en el ámbito de la realidad virtual, ha permitido que empresas aeronáuticas y organizaciones militares implementen simuladores de vuelo durante las últimas décadas, tanto para el entrenamiento como para el diseño de aeronaves, estos sistemas permiten a los pilotos desarrollar competencias bajo condiciones operativas excepcionales y familiarizarse con las características de nuevos modelos aeronáuticos.

En este contexto de evolución tecnológica, los simuladores de vuelo modernos incorporan cabinas virtuales con paneles de control idénticos a los de las aeronaves reales, sustituyendo las vistas exteriores por pantallas que generan escenarios visuales simulados como se muestra en la figura 22. Esta tecnología permite que el aprendiz experimente procesos de despegue y aterrizaje mediante la visualización de imágenes dinámicas de aeropuertos y sus entornos, además de recrear situaciones específicas como la presencia de obstáculos en la pista o elementos geográficos en el horizonte. Los

sistemas incluyen efectos sonoros que replican el ruido aerodinámico y proporcionan retroalimentación física mediante mecanismos hidráulicos que modifican la orientación del simulador, generando una experiencia inmersiva y real para el piloto en formación.

Figura 22. Simulador de vuelo



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Siguiendo esta misma línea de desarrollo tecnológico, la simulación en el ámbito automotriz como la que se muestra en la figura 23, cumple con objetivos análogos a los de la aviación, facilitando la instrucción en conducción bajo diversas condiciones ambientales y de tránsito.

Figura 23. Simulador de manejo



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Estos sistemas resultan particularmente valiosos en el proceso de desarrollo de nuevos vehículos, ya que permiten evaluar aspectos estéticos y funcionales en un entorno virtual y analizar las respuestas de los conductores ante las modificaciones implementadas. El campo de aplicación de estas tecnologías se ha expandido significativamente, abarcando no solo automóviles sino también vehículos de mayor envergadura como camiones (ver figura 24), embarcaciones y ferrocarriles, lo cual ha ampliado considerablemente el espectro de posibilidades en la capacitación y el desarrollo de competencias de conducción.

Figura 24. Simulador de manejo de un camión



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

### *Simuladores quirúrgicos*

El uso de sistemas de realidad virtual en medicina ha demostrado un alto nivel de éxito, especialmente en el ámbito de la formación y el entrenamiento de los futuros médicos en diversas especialidades. La tecnología de simulación permite a los estudiantes de medicina y a los residentes el poder practicar procedimientos en un entorno seguro, donde es posible repetir los pasos necesarios

tantas veces como sea necesario sin riesgo para pacientes reales. Además, con las simulaciones se han reducido considerablemente los costos de entrenamiento al sustituir el uso de recursos físicos por entornos digitales (Aim et al., 2016).

Stylopoulos et al. (2004), señalan que un sistema de entrenamiento ideal para medicina es aquel donde el aprendiz puede recrear condiciones de una operación real, logrando una inmersión completa en un entorno virtual que representa fielmente el contexto clínico. Estos simuladores quirúrgicos ofrecen un entorno virtual en el que el aprendiz puede enfrentarse a situaciones críticas, de manera que un solo error puede resultar en la “muerte” del paciente virtual, lo que ayuda a desarrollar la precisión y concentración en el usuario, lo que es de gran importancia en los entornos reales como se puede observar en la figura 25.

Los simuladores de cirugía actuales permiten la interacción mediante interfaces hápticas avanzadas que replican el uso de instrumentos quirúrgicos reales, proporcionando retroalimentación táctil para mejorar la sensación de realismo (Panait et al., 2009). La capacidad háptica es especialmente útil para procedimientos como la laparoscopia y la cirugía robótica, donde es fundamental contar con retroalimentación sensorial precisa y detallada.

Figura 25. Simulador quirúrgico



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Además, la información obtenida de equipos médicos avanzados, como la tomografía computarizada y la resonancia magnética, permite la creación de modelos tridimensionales específicos de cada paciente, de manera que los cirujanos pueden practicar una cirugía virtualmente la veces que el considere necesarias antes de realizarla en un paciente real. Lo cual resulta particularmente valioso en casos complejos, donde la planificación previa puede reducir el riesgo de complicaciones y mejorar los resultados quirúrgicos. El desarrollo de robots quirúrgicos ha ampliado aún más las posibilidades de los simuladores quirúrgicos. Con estos robots, los cirujanos pueden realizar cirugías complejas mediante controles hápticos y visualización en tiempo real, mejorando la precisión y minimizando los errores. Los sistemas robóticos, como el da Vinci, permiten realizar procedimientos a distancia y en espacios confinados, integrando la realidad virtual en la capacitación quirúrgica con resultados de alta precisión y bajo riesgo (Van der Meijden & Schijven, 2009).

### *Diseño y visualización:*

La realidad virtual se ha consolidado como una tecnología fundamental en los procesos de diseño industrial, permitiendo crear y evaluar prototipos digitales de máquinas y objetos antes de su fabricación material. Esta innovación no solo optimiza recursos, sino que también reduce significativamente los tiempos y costos asociados al desarrollo de productos. Dado que los laboratorios de realidad virtual implican costos elevados, su uso se destina principalmente al diseño de proyectos de alto costo o gran escala, tales como plantas generadoras de energía, cohetes espaciales, barcos y aviones (Talaba & Amditis, 2008), además, de que se utilizan en la creación de productos fabricados en grandes cantidades, como los vehículos automotores como se muestra en la figura 26, permitiendo a los diseñadores evaluar y ajustar sus modelos en un entorno digital antes de pasar a la producción en masa.

Figura 26. Realidad virtual aplicada al diseño de un automóvil



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Los entornos de realidad virtual requieren una combinación precisa de la representación visual y el modelado físico que reproduzca fielmente todos los factores que afectan el desempeño y funcionamiento del equipo en condiciones reales, la industria aeronáutica ejemplifica perfectamente esta aplicación, ya que mediante simulaciones virtuales, los ingenieros pueden analizar la aerodinámica, evaluar la integridad estructural y examinar otros parámetros críticos de las aeronaves en diversos escenarios operativos, lo que permite detectar y corregir potenciales deficiencias en etapas tempranas del diseño. De manera similar, la industria automotriz aprovecha estas tecnologías para someter sus vehículos a rigurosas pruebas virtuales, simulando su comportamiento en condiciones adversas como terrenos accidentados o situaciones climáticas extremas, eliminando así los riesgos y gastos considerables que implican las pruebas físicas tradicionales.

El uso de la realidad virtual en el diseño no se limita a la creación de conceptos que posteriormente se trasladarán al mundo real, sino que también permite la digitalización de objetos existentes para crear simulaciones interactivas dentro de los entornos virtuales. Por ejemplo, en la museología como se aprecia en la figura 27, la

realidad virtual se utiliza para recrear entornos históricos, como museos famosos o sitios arqueológicos, brindando a los usuarios la posibilidad de explorar y aprender de estos espacios sin necesidad de visitarlos físicamente (Carrozzino & Bergamasco, 2010). Estos entornos virtuales pueden incluir no solo los objetos originales, sino también personajes históricos simulados, con los que los visitantes pueden interactuar para obtener información adicional sobre el contexto y la época.

Figura 27. Museo virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Además, los entornos de diseño virtual se han expandido hacia la colaboración remota, donde diseñadores e ingenieros desde diferentes ubicaciones pueden trabajar en el mismo proyecto en tiempo real dentro de un espacio virtual compartido, lo que permite una revisión más ágil de los diseños y facilita la toma de decisiones, ya que todos los participantes pueden visualizar y modificar el modelo en un entorno colaborativo al mismo tiempo. Esta capacidad ha sido especialmente valiosa en la ingeniería industrial y la arquitectura, donde los equipos pueden revisar maquetas o planos en 3D, lo que reduce los tiempos de desarrollo y mejora la precisión del diseño final. Por otra parte, la

realidad virtual también facilita la personalización en el diseño, por ejemplo, en el desarrollo de interiores de automóviles, los usuarios pueden ajustar los colores, materiales y otros elementos, y visualizar estos cambios en tiempo real, lo que les proporciona a los fabricantes una mejor comprensión de las preferencias del usuario y mejora el proceso de toma de decisiones al optimizar el producto según las necesidades específicas del cliente.

## Telepresencia y la teleoperación

La telepresencia es una aplicación de la realidad virtual que permite situar al usuario en un entorno remoto, brindándole la capacidad de interactuar con dicho lugar a distancia, todo ello a través de un soporte informático (Fisch et al., 2003). Este tipo de tecnología es particularmente útil para realizar actividades en ubicaciones donde la presencia física sería costosa, arriesgada o imposible. Dado que la telepresencia permite al usuario experimentar la sensación de “estar allí” y manipular objetos en tiempo real a través de dispositivos que transmiten sus movimientos y acciones a ese lugar remoto, en áreas como la medicina, esta tecnología permite a los cirujanos realizar intervenciones quirúrgicas a distancia mediante robots quirúrgicos, lo que ha traído cambios considerables a la cirugía mínimamente invasiva y el acceso a procedimientos especializados en áreas remotas (Picozzi et al., 2023).

Por otra parte, se tiene que la teleoperación, se distingue de la telepresencia en el hecho de que el usuario no interactúa directamente con el entorno remoto, sino que lo hace a través de dispositivos situados en él. La teleoperación es comúnmente utilizada para el control remoto de robots como se observa en la figura 28, especialmente en situaciones de alto riesgo, como la exploración de entornos hostiles o peligrosos. Un ejemplo notable es la exploración planetaria, donde

robots como el rover *Perseverance* de la NASA, son enviados a Marte para recopilar datos, mientras son controlados por operadores en la Tierra a millones de kilómetros de distancia (NASA, 2021). Estos robots están equipados con cámaras, sensores y herramientas de recolección de muestras, lo que permite a los científicos estudiar el entorno sin los riesgos asociados a la exploración humana.

Figura 28. Robot tele-operado



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

La teleoperación es también utilizada ampliamente en entornos industriales y militares, por ejemplo, se tiene que, en la industria, robots teleoperados pueden realizar tareas en zonas con sustancias tóxicas o en áreas de difícil acceso, minimizando el riesgo para los trabajadores. En el ámbito militar por su parte, los drones y vehículos terrestres no tripulados se han convertido en herramientas esenciales, ya que pueden realizar misiones de vigilancia, reconocimiento y ataque en lugares peligrosos, reduciendo el riesgo de bajas humanas. Estos dispositivos a menudo poseen cierto grado de autonomía, lo que les permite realizar ajustes en tiempo real para completar tareas rutinarias mientras el operador humano se concentra en las decisiones estratégicas.

Recientemente, la combinación de telepresencia y teleoperación ha llevado al desarrollo de “robots avatar” para tareas de asistencia y compañía. Estos robots permiten a las personas interactuar y realizar tareas en entornos remotos con mayor precisión, y se emplean en áreas como el cuidado de la salud para asistir a pacientes y en servicios de atención al cliente en ubicaciones donde el personal físico no está disponible. Esta tecnología promete transformar aún más la forma en que las personas interactúan con espacios remotos, ampliando las posibilidades de la telepresencia y teleoperación en una amplia gama de industrias.

### **Rehabilitación motriz**

Después de sufrir una lesión en el cerebro o la médula espinal, los pacientes a menudo experimentan una pérdida significativa de sus habilidades motoras, esto debido al daño en el sistema nervioso. El ejercicio intensivo y continuo es fundamental para la recuperación parcial o total de estas habilidades, pero el proceso de rehabilitación puede ser prolongado, lento y en ocasiones, desmotivador para los pacientes (Lucca, 2009). Una rehabilitación efectiva requiere una retroalimentación detallada durante y después de cada ejercicio, ya que esta información ayuda al paciente a mejorar su movilidad motivándolo para continuar su proceso de recuperación.

La figura 29 se puede observar como la realidad virtual es una herramienta que resulta útil en la rehabilitación motriz, ya que al proporcionar entornos virtuales estimulantes y variados se puede reducir la monotonía de los ejercicios tradicionales, aumentando así la motivación de los pacientes (ver figura 29). Estos entornos virtuales permiten además que los pacientes realicen ejercicios diseñados específicamente para su recuperación, con la ventaja de que los ejercicios pueden adaptarse a los progresos individuales y ofrecer un grado de inmersión que facilite la práctica repetitiva sin

que el paciente se aburra o pierda interés (Deutsch et al., 2020). Los entornos virtuales pueden incluir desafíos o juegos que brinden una experiencia lúdica al paciente, lo cual ha sido clave en la rehabilitación de niños y adolescentes que suelen responder mejor a ejercicios que se presentan en un formato interactivo.

Figura 29. Rehabilitación a través de la Realidad Virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

La realidad virtual no solo hace que la experiencia sea más atractiva, sino que también permite la medición precisa de múltiples variables en el entorno virtual, proporcionando información valiosa sobre los movimientos y el rendimiento del paciente. A través de sensores y dispositivos hápticos, los terapeutas pueden monitorear variables como la fuerza, el rango de movimiento y la precisión de los movimientos, lo que permite evaluar la evolución del paciente y ajustar los ejercicios según sus necesidades específicas (Cameirão et al., 2010).

Además, la combinación de la realidad virtual con robots de rehabilitación ha permitido que los pacientes reciban asistencia activa durante sus ejercicios, ya que dichos robots pueden proporcionar apoyo físico cuando el paciente no logra realizar un movimiento por sí mismo, o pueden aplicar resistencia para fortalecer ciertas

áreas del cuerpo, promoviendo así una rehabilitación más completa y personalizada (Frisoli, 2007). Este enfoque es particularmente efectivo en pacientes con lesiones graves, ya que los robots de rehabilitación ayudan a guiar el movimiento y a mejorar la calidad del ejercicio al mismo tiempo que registran datos precisos de cada sesión. Un ejemplo de esta tecnología es el sistema Lokomat, que utiliza un exoesqueleto robótico junto con un entorno de realidad virtual para ayudar a los pacientes a re-aprender patrones de marcha en un entorno controlado y seguro (Alashram et al., 2021).

En términos de accesibilidad, la realidad virtual ha llevado la rehabilitación a entornos domésticos, donde los pacientes pueden usar estos sistemas en casa bajo supervisión remota de terapeutas. Con cámaras y sensores, los terapeutas monitorean el progreso y ajustan el programa de manera remota, facilitando la continuidad del tratamiento y reduciendo la necesidad de desplazamientos, especialmente para quienes enfrentan dificultades para asistir a centros de rehabilitación regularmente (Laver et al., 2015). Sin embargo, la implementación de la realidad virtual en rehabilitación enfrenta desafíos, como los altos costos de dispositivos de calidad médica y la adaptación de entornos virtuales a necesidades específicas. Aun así, estudios indican que, con mayor accesibilidad y personalización, esta tecnología tendrá un papel clave en la rehabilitación motriz, permitiendo recuperaciones más rápidas y completas para pacientes con discapacidades motoras.

## **Psicoterapia**

En materia de los aspectos psicológicos se tiene que la realidad virtual permite generar una sensación de “presencia virtual” en el usuario, es decir, el usuario siente que está físicamente presente e interactuando en el entorno simulado, con esta experiencia inmersiva se pueden provocar reacciones en los usuarios similares a las que

tendrían en situaciones de la vida real, lo cual ha sido aprovechado en el ámbito de la psicología para diversos tratamientos terapéuticos (Riva, 2005). Una de las aplicaciones terapéuticas más destacadas de la realidad virtual es el tratamiento de fobias y traumas, donde el paciente se expone en un entorno controlado al objeto o situación que le causa temor, permitiéndole enfrentar sus miedos de una manera segura y gradual, como se muestra en la figura 30.

Figura 30. Tratamiento de fobias a través de la Realidad Virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Estudios de psicología han demostrado que la superación de los miedos requiere enfrentar de manera directa las situaciones que los generan, un proceso conocido como “terapia de exposición” (Foa & Kozak, 1986). Sin embargo, la exposición a situaciones reales puede ser costosa, poco práctica o incluso peligrosa, especialmente en casos de trastorno de estrés postraumático relacionado con eventos de guerra o desastres. En estos casos, la realidad virtual se convierte en una alternativa eficaz, pues permite una terapia de exposición controlada, menos costosa y completamente manejable dentro de un entorno terapéutico profesional (Rizzo et al., 2006). La terapia de exposición con realidad virtual ha demostrado ser eficaz para el tratamiento de fobias como el miedo a las alturas, a las arañas, a

conducir, a los espacios abiertos y a hablar en público, facilitando un proceso terapéutico seguro y accesible (Carl et al., 2019).

Además de las fobias, la realidad virtual se ha aplicado en el tratamiento de otros trastornos psicológicos. Por ejemplo, los entornos virtuales con estímulos positivos pueden utilizarse para ayudar a las personas a mejorar su autoestima o a gestionar la ansiedad social. En algunos casos, estos entornos se personalizan para representar situaciones específicas que el paciente desea mejorar, como interacciones sociales o la práctica de habilidades de comunicación. Este enfoque ha sido útil en el tratamiento de la ansiedad social, ya que permite al paciente practicar sus habilidades en un entorno seguro y sin presión (Anderson et al., 2013).

En el caso del trastorno de estrés postraumático, la realidad virtual permite recrear situaciones traumáticas de forma controlada, lo cual facilita la “desensibilización” del paciente mediante la exposición gradual y repetitiva a recuerdos de la experiencia. Reger et al., 2016, destacan un sistema utilizado para este propósito el *Bravemind*, desarrollado por el Dr. Albert Rizzo y su equipo en la Universidad del Sur de California. Este sistema permite a los veteranos de guerra revivir experiencias en un entorno virtual, lo cual les ayuda a procesar sus emociones de manera controlada y segura.

La realidad virtual también ofrece beneficios en el tratamiento de la depresión y la baja autoestima, donde los entornos virtuales interactivos ayudan a los pacientes a explorar sus emociones y pensamientos de forma segura, en estos casos, los pacientes pueden enfrentar situaciones sociales o practicar habilidades de afrontamiento sin los riesgos asociados a las interacciones reales, lo cual fomenta un aumento en la confianza y el desarrollo personal (Freeman et al., 2017). El uso de avatares virtuales personalizados y de entornos específicos permite crear experiencias que se adaptan a las necesidades y temores individuales, mejorando la eficacia de la

intervención terapéutica, aunque hay que tener en cuenta que para su implementación adecuada es muy importante asegurar que las experiencias de realidad virtual sean seguras y estén bien diseñadas para evitar una sobreestimulación que pudiera causar más ansiedad.

### Realidad Aumentada como parte de la Realidad Virtual

La realidad aumentada es una tecnología que permite a los usuarios visualizar el entorno físico del mundo real en combinación con elementos virtuales que se superponen en tiempo real mediante dispositivos tecnológicos (Wagner & Schmalstieg, 2003). La realidad aumentada utiliza una serie de dispositivos, como cámaras, sensores y pantallas, para añadir información digital representada mediante textos, imágenes, gráficos 3D y sonidos, a la percepción visual del mundo real (ver figura 31). A diferencia de la realidad virtual, que sumerge completamente al usuario en un entorno simulado y lo aísla del mundo físico, la realidad aumentada enriquece la experiencia del usuario al mantener la realidad física y añadirle capas de datos digitales, creando una realidad mixta donde ambos entornos coexisten (Van Krevelen & Poelman, 2010).

Figura 31. Realidad aumentada en arquitectura



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Esta distinción entre realidad aumentada y realidad virtual es fundamental, ya que mientras que la realidad virtual transporta al usuario a un entorno digital completo, la realidad aumentada solo actúa como una “capa” que amplifica la percepción del mundo real sin reemplazarlo. Por ejemplo, en una aplicación de realidad aumentada para la industria automotriz, un técnico puede visualizar diagramas y los pasos para realizar una reparación directamente sobre un vehículo físico, facilitando el proceso sin necesidad de apartarse para consultar manuales mientras que, en la realidad virtual el técnico sería transportado a una simulación de ese vehículo, lo cual resulta útil para cuestiones de entrenamiento, pero no tanto para intervenciones en tiempo real (Billinghurst et al., 2015).

La realidad aumentada en los últimos años ha ganado gran popularidad en campos como el turismo, la educación, la salud y la publicidad, debido principalmente al uso de los teléfonos móviles, los cuales aprovechan la cámara y el GPS del dispositivo para detectar la posición del usuario y superponer información relevante sobre su entorno en la pantalla. Por ejemplo, en el turismo, la realidad aumentada permite al usuario visualizar datos históricos de un edificio cuando enfoca su cámara hacia él, proporcionando una experiencia enriquecida sin requerir una guía física (Wagner et al., 2010).

La realidad aumentada también ha cambiado el comercio y la publicidad al permitir que los consumidores puedan “probar” productos virtualmente, ya que por ejemplo con aplicaciones de realidad aumentada, es posible ver cómo quedaría un mueble en una habitación o cómo se vería un maquillaje específico en el rostro del usuario antes de realizar una compra (Javornik, 2016). Esta capacidad de visualización ha cambiado la experiencia de compra al ofrecer una interacción personalizada, mejorando la satisfacción del cliente y reduciendo las tasas de devolución de productos.

En el ámbito educativo, la realidad aumentada ha demostrado ser eficaz para explicar conceptos abstractos o complejos logrando que, en las aulas de ciencias, los estudiantes pueden ver modelos tridimensionales de células o sistemas planetarios superpuestos en sus libros o pizarras, lo que facilita la comprensión a través de una interacción visual enriquecida (Chen & Tsai, 2019). A su vez, en áreas como la ingeniería, la realidad aumentada permite que los estudiantes exploren el funcionamiento de una máquina al visualizar los componentes internos de esta sobre la estructura física, haciendo que el aprendizaje sea más intuitivo y notable (Dünser et al., 2012). En términos de limitaciones, la realidad aumentada enfrenta desafíos técnicos como la precisión de los sensores y el procesamiento en tiempo real, ya que cualquier desfase entre el mundo físico y los elementos virtuales puede interrumpir la simulación y reducir la efectividad de la tecnología. Asimismo, la realidad aumentada requiere una infraestructura de dispositivos compatible y un diseño adecuado para garantizar una experiencia fluida y útil (Carmigniani et al., 2011).

## **Realidad Mixta**

La realidad mixta combina elementos de la realidad aumentada y la realidad virtual, integrando entornos virtuales y reales para crear una experiencia interactiva y dinámica donde los elementos del mundo real y el digital coexisten y pueden interactuar entre sí en tiempo real (Milgram & Kishino, 1994). A diferencia de la realidad aumentada, que superpone información digital sobre el entorno real sin permitir una interacción plena con los elementos digitales, la realidad mixta permite que los objetos virtuales respondan y reaccionen a cambios en el mundo físico y viceversa (Mann, 2019), lo que permite que el usuario perciba una fusión entre el espacio físico y el espacio virtual, donde los objetos digitales pueden anclarse

a superficies reales, responder a movimientos y reaccionar al entorno. Un ejemplo de esta tecnología se observa en las aplicaciones de Microsoft HoloLens (ver figura 32), donde los usuarios pueden visualizar hologramas en sus espacios físicos y manipularlos como si fueran objetos tangibles. Esta interacción bidireccional representa una diferencia clave frente a la realidad aumentada, en la cual los elementos digitales generalmente son estáticos o no interactúan con el entorno de manera tan profunda.

Figura 32. Persona utilizando un dispositivo HoloLens



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

La realidad mixta puede tener aplicaciones en campos como la medicina, la educación, la ingeniería y la arquitectura. En medicina, por ejemplo, los cirujanos pueden utilizar sistemas de realidad mixta para superponer imágenes de diagnóstico, como tomografías o resonancias magnéticas, sobre el cuerpo del paciente, lo cual facilita una mayor precisión durante los procedimientos quirúrgicos. En educación por su parte, la realidad mixta permite a los estudiantes interactuar con representaciones tridimensionales de estructuras complejas, como moléculas o sistemas anatómicos, que reaccionan y se adaptan a los movimientos del usuario, mejorando así la comprensión y la retención del conocimiento.

En el ámbito de la ingeniería y la arquitectura, la realidad mixta se puede utilizar para crear modelos interactivos de edificios o maquinaria, lo que permite a los ingenieros y arquitectos no solo visualizar diseños en sus ubicaciones finales, sino también realizar pruebas y modificaciones en tiempo real. Por ejemplo, en una maqueta de realidad mixta, un arquitecto podría mover paredes virtuales o ajustar elementos estructurales mientras observa cómo estos interactúan con el entorno físico, lo que facilita el proceso de toma de decisiones y reduce el tiempo de desarrollo (Ergü et al., 2019).

La realidad mixta también permite la colaboración remota entre usuarios en diferentes ubicaciones ya que, mediante el uso de dispositivos de realidad mixta, como lentes y pantallas holográficas, los usuarios pueden interactuar con el mismo modelo virtual, compartir observaciones y realizar modificaciones en tiempo real desde lugares distantes, lo cual mejora la eficiencia y reduce la necesidad de desplazamientos. Esta aplicación ha resultado especialmente útil en campos industriales, donde expertos de distintos países pueden supervisar y guiar la reparación de maquinaria compleja en fábricas a través de modelos de realidad mixta que permiten una manipulación visual detallada del problema y una interacción en tiempo real (Fraga-Lamas & Fernández-Caramés, 2019).

La realidad mixta enfrenta limitaciones significativas en hardware y software, ya que combinar elementos digitales y físicos en un entorno único requiere dispositivos de alto rendimiento con procesamiento en tiempo real y sensores avanzados para capturar detalles espaciales y de movimiento. Esto supone un costo elevado y la necesidad de equipos especializados, lo que restringe su accesibilidad al público general (Speicher et al., 2019). Además, los desarrolladores deben garantizar que los elementos virtuales interactúen de forma

realista con el entorno físico, evitando inconsistencias que afecten la inmersión del usuario. A pesar de estos desafíos, se prevé que la realidad mixta desempeñe un papel central en diversas industrias, al ofrecer niveles de interacción y personalización que superan tanto a la realidad aumentada como a la virtual.

### **La realidad virtual en la educación.**

La evolución de la Realidad Virtual en el ámbito educativo ha experimentado una transformación significativa, pasando de ser una simple herramienta experimental para convertirse en un componente fundamental de la educación superior moderna, como lo demuestra el análisis sistemático de Jensen y Konradsen (2018), que abarca más de 100 estudios que confirman su potencial transformador. La superación de barreras económicas y la mejora en la accesibilidad tecnológica, documentada por Radianti et al. (2020), han sido también factores decisivos para democratizar su implementación en diversas instituciones educativas. Aunado al hecho de que la maduración de esta tecnología, según Huang et al. (2010), ha facilitado la creación de entornos de aprendizaje inmersivos que potencializan la sensación de “presencia”, permitiendo a los estudiantes interactuar con conceptos abstractos de manera tangible, característica especialmente valiosa en disciplinas que requieren visualización espacial compleja. Esta capacidad de inmersión ha demostrado ser particularmente efectiva en la comprensión y retención de información compleja.

Las investigaciones empíricas, como el estudio experimental de Parong y Mayer (2018), han proporcionado evidencia sólida sobre la efectividad de la realidad virtual en el proceso de aprendizaje, demostrando mejoras significativas en la comprensión y retención de conceptos científicos complejos en comparación con los métodos

tradicionales de enseñanza. Estos resultados respaldan la integración de la realidad virtual como una herramienta pedagógica valiosa en el contexto educativo contemporáneo. Específicamente en la educación superior, Hamilton et al. (2021), identificaron dos categorías principales de aplicaciones de realidad virtual:

1. Simulaciones realistas: Son recreaciones detalladas de entornos reales para prácticas seguras y controladas.
2. Visualizaciones conceptuales: Son representaciones interactivas de conceptos abstractos y modelos teóricos.

Lin et al. (2022), en su análisis sobre el impacto de la realidad virtual en el aprendizaje, encontraron que su efectividad es particularmente notable en campos como:

- Desarrollo de habilidades espaciales
- Comprensión de conceptos abstractos
- Adquisición de habilidades procedimentales
- Mejora en la retención de información a largo plazo

El uso de la realidad virtual sigue creciendo por su capacidad para crear experiencias de aprendizaje significativas y contextualizadas (Makransky et al., 2021). En el ámbito educativo, particularmente en la enseñanza de ciencias y matemáticas, la realidad virtual ha demostrado ser especialmente efectiva debido a su capacidad para visualizar y manipular fenómenos naturales y conceptos abstractos que tradicionalmente han sido difíciles de enseñar en las aulas tradicionales, en la figura 33 se puede observar a un par de niños aprendiendo ciencia mediante el uso de la realidad virtual. Otra de las ventajas fundamentales de la realidad virtual en educación es su capacidad para transformar conceptos abstractos en experiencias tangibles y manipulables. Como señalan Parong y Mayer (2018), esta característica facilita significativamente la comprensión y retención

del conocimiento, especialmente en materias que requieren un alto nivel de abstracción conceptual.

Figura 33. Niños aprendiendo ciencias con un sistema de realidad virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Actualmente el potencial de la realidad virtual no se limita solo a las ciencias exactas ya que, en el campo de las humanidades y las artes, esta tecnología ha demostrado también ser igualmente valiosa. Bekele et al. (2018), documentaron cómo la realidad virtual permite crear experiencias inmersivas de lugares históricos, museos virtuales y entornos culturales que, de otra manera, serían inaccesibles para muchos estudiantes. Estas simulaciones enriquecen significativamente el estudio de la historia, las lenguas extranjeras y la cultura, permitiendo a los estudiantes experimentar acontecimientos históricos y explorar contextos culturales de manera interactiva.

La transformación de los métodos educativos tradicionales resulta evidente al analizar la evolución histórica de las herramientas pedagógicas, mientras que la educación tradicional se basaba principalmente en lecturas y materiales bidimensionales, la realidad

virtual ofrece a los estudiantes experiencias multisensoriales que promueven un aprendizaje más profundo y significativo. Esta tecnología no solo complementa los métodos tradicionales, sino que también abre nuevas posibilidades para la experimentación y el aprendizaje activo.

El aprendizaje práctico, fundamental en la formación profesional, enfrenta desafíos significativos relacionados principalmente con limitaciones materiales y riesgos, particularmente en escenarios que involucran situaciones de emergencia, accidentes o crisis durante procedimientos críticos (ver figura 34). Ante estas situaciones dinámicas, caracterizadas por la incertidumbre y restricciones temporales, los métodos educativos tradicionales basados en estudios de casos e instrucciones teóricas resultan insuficientes; sin embargo, la simulación mediante realidad virtual puede ser una solución efectiva al permitir a los estudiantes experimentar en entornos seguros, tomar decisiones sin consecuencias reales y desarrollar habilidades prácticas de manera sistemática a través de la repetición de procedimientos hasta alcanzar la competencia deseada.

Figura 34. Entrenamiento en un procedimiento crítico mediante realidad virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Los laboratorios virtuales basados en realidad virtual pueden también contribuir a la transformación de la enseñanza de fenómenos complejos tradicionalmente inobservables, especialmente en el ámbito de la física, permitiendo a los estudiantes explorar principios fundamentales desde cualquier ubicación, realizar mediciones en diferentes marcos de referencia y visualizar conceptos avanzados como mecánica cuántica y relatividad (Freina & Ott, 2015). La característica de inmersión de estos entornos virtuales resulta particularmente valiosa para la comprensión de conceptos complejos, facilitando experiencias interactivas significativas que van más allá de las formulaciones matemáticas tradicionales, especialmente en disciplinas como las matemáticas, ciencias, ingeniería y estadística, donde el éxito académico está estrechamente vinculado con la capacidad de visualizar y manipular información abstracta (Parong & Mayer, 2018).

La capacidad para trabajar con información abstracta y multidimensional representa una habilidad crucial en la sociedad actual, tanto en el ámbito académico como en los entornos productivos, superando las limitaciones de los métodos tradicionales de visualización que se restringen a los esquemas bidimensionales que se dibujan en un pizarrón. La realidad virtual tiene la capacidad de ofrecer una solución innovadora al permitir a los estudiantes no solo visualizar modelos y datos en un contexto tridimensional más apropiado como se muestra en la figura 35, sino también interactuar con ellos desde múltiples perspectivas, modificar su tamaño y experimentar con diferentes puntos de vista, facilitando así una comprensión más profunda y natural de los conceptos complejos.

Figura 35. Visualización de modelos complejos mediante realidad virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Los sistemas de realidad virtual se pueden distinguir fundamentalmente de otras aplicaciones informáticas por su capacidad única de generar una experiencia de inmersión sustentada en dos componentes esenciales: la inmersión sensorial y la interacción con el entorno (Dalgarno & Lee, 2010), y en el contexto educativo, los ambientes virtuales que utilizan dicha tecnología van más allá de la mera presencia del usuario al incorporar elementos de autonomía sistémica, donde los acontecimientos no dependen exclusivamente de las acciones del usuario, lo que facilitan la integración entre la información multisensorial y los comportamientos adaptativos necesarios dentro del espacio virtual.

La potencialidad pedagógica de los ambientes virtuales radica en su capacidad para exponer al estudiante a situaciones variables y contextos complejos, donde la variabilidad sistemática y aleatoria constituye una condición fundamental para la abstracción y la transferencia efectiva de conocimientos. Esta capacidad para facilitar múltiples repeticiones y variaciones de escenarios no solo enriquece la experiencia de aprendizaje, sino que también permite a los

estudiantes identificar patrones comunes entre diversas situaciones, consolidando el conocimiento a través de una práctica iterativa contextualmente diversificada, manifestándose tanto en forma procedimental como declarativa (Dede, 2009).

Los entornos virtuales de aprendizaje han evolucionado para ofrecer experiencias inmersivas con seguimiento detallado y evaluación personalizada, diferenciando entre el aprendizaje, centrado en la adquisición de información, y la formación, enfocada en las respuestas del usuario. Esto facilita el aprendizaje constructivista y se adapta a distintos estilos de aprendizaje, mostrando gran efectividad pedagógica. Además, la realidad virtual está transformando la colaboración educativa, eliminando barreras geográficas y permitiendo la interacción global, al proporcionar ambientes personalizados y dinámicos que responden a las necesidades individuales de cada estudiante.

## **Modelos pedagógicos para la enseñanza de ingeniería con realidad virtual**

Para Soliman et al. (2021), la integración de la realidad virtual en la enseñanza de la ingeniería representa un paradigma educativo transformador que está redefiniendo los métodos tradicionales de formación profesional. La complejidad inherente a las disciplinas de ingeniería, que demandan tanto la comprensión teórica como la experiencia práctica, encuentra en las tecnologías inmersivas un aliado para desarrollar competencias técnicas y habilidades especializadas. Los modelos pedagógicos diseñados específicamente para incorporar la realidad virtual en este campo no solo deben considerar los aspectos tecnológicos de la herramienta, sino también fundamentarse en teorías educativas sólidas que garanticen un aprendizaje significativo y transferible. En este contexto, resulta de

gran importancia analizar los diversos enfoques pedagógicos que han emergido para aprovechar el potencial de la realidad virtual en la formación de futuros ingenieros, considerando tanto sus fundamentos teóricos como su efectividad práctica en diferentes áreas de especialización.

### *Aprendizaje Experiencial*

El aprendizaje experiencial en entornos de realidad virtual representa una evolución significativa en la educación en ingeniería. De acuerdo con Kolb y Kolb (2018), este modelo pedagógico se fundamenta en un ciclo de aprendizaje que involucra la experiencia concreta, la observación reflexiva, la conceptualización abstracta y la experimentación activa. La realidad virtual puede ayudar a potenciar cada una de estas etapas al proporcionar entornos inmersivos donde los estudiantes pueden interactuar directamente con los conceptos y los sistemas de ingeniería.

Un análisis sistemático realizado por Radianti et al. (2020), sobre aplicaciones de realidad virtual inmersiva en educación superior, revela que la implementación del aprendizaje experiencial a través de la realidad virtual ha demostrado beneficios significativos, particularmente en campos como la ingeniería donde la práctica es fundamental. Los autores identificaron que los elementos de diseño más efectivos en estas aplicaciones incluyen la interactividad, la retroalimentación inmediata y la capacidad de visualización tridimensional, características que apoyan directamente el ciclo de aprendizaje experiencial.

Jensen y Konradsen (2018), señalan que la realidad virtual es particularmente efectiva en el desarrollo de habilidades psicomotoras y en la adquisición de conocimientos vinculados a la memoria espacial y visual, aspectos cruciales en la formación de ingenieros,

destacando que la capacidad que brinda la realidad virtual de repetir experiencias sin riesgo ni costo adicional permite a los estudiantes desarrollar confianza y competencias en procedimientos complejos.

### *Aprendizaje Basado en Problemas*

La integración de la Realidad Virtual en el Aprendizaje Basado en Problemas permite que los estudiantes de ingeniería aborden exitosamente situaciones complejas, ya que esta combinación ha demostrado mejorar significativamente tanto el rendimiento de los estudiantes como su actitud hacia el aprendizaje (Makransky et al., 2019). La capacidad de la realidad virtual para crear escenarios realistas y manipulables permite a los estudiantes experimentar con diferentes soluciones en un entorno seguro, facilitando así la implementación de metodologías activas que promueven el desarrollo del pensamiento crítico y la creatividad en la resolución de problemas. Los procesos cognitivos y afectivos involucrados en el aprendizaje mediante realidad virtual revelan que los estudiantes muestran una mayor capacidad de retención y comprensión cuando interactúan con problemas en entornos virtuales inmersivos (Pantelidis, 1997). Esta mejora en el procesamiento cognitivo se atribuye a la naturaleza multisensorial de la experiencia virtual, que activa diversos canales de aprendizaje y permite la construcción de modelos mentales más robustos y duraderos. La investigación sugiere que la inmersión en escenarios virtuales facilita la transferencia de conocimientos teóricos a aplicaciones prácticas, un aspecto fundamental en la formación de ingenieros.

La efectividad de esta metodología de aprendizaje en entornos de realidad virtual se maximiza cuando los problemas presentados están cuidadosamente estructurados y alineados con los objetivos de aprendizaje, por lo que resulta fundamental diseñar escenarios que no solo desafíen a los estudiantes, sino que también proporcionen el andamiaje necesario para el desarrollo progresivo de habilidades

(Dunleavy & Dede, 2014). Este enfoque estructurado permite una evolución gradual en la complejidad de los problemas presentados, facilitando la adaptación de los estudiantes a nuevos conceptos y metodologías.

La convergencia entre la realidad virtual y el aprendizaje basado en problemas está generando un paradigma educativo que trasciende las limitaciones tradicionales del aprendizaje en ingeniería. Esta sinergia metodológica permite la creación de experiencias educativas que combinan la profundidad conceptual del aprendizaje basado en problemas con la riqueza experiencial de los entornos virtuales. Los estudiantes no solo desarrollan competencias técnicas específicas, sino que también adquieren habilidades metacognitivas esenciales para su futuro profesional, como la autorregulación del aprendizaje, la evaluación crítica de soluciones y la capacidad de adaptación a entornos tecnológicos complejos.

### *Aprendizaje Colaborativo*

La implementación del aprendizaje colaborativo en entornos de realidad virtual está redefiniendo las posibilidades de trabajo en equipo en la educación en ingeniería. Las características que hacen efectivo el aprendizaje en entornos virtuales colaborativos incluyen la presencia social, la interacción en tiempo real y la capacidad de manipular objetos compartidos en el espacio virtual. Esta nueva modalidad de aprendizaje no solo facilita la colaboración entre estudiantes geográficamente dispersos, sino que también proporciona un marco innovador para la construcción colectiva del conocimiento a través de experiencias inmersivas compartidas (Cheng & Tsai, 2019).

Las aplicaciones de realidad virtual que incorporan elementos colaborativos muestran resultados particularmente prometedores

en la educación en ingeniería. La capacidad de varios usuarios para interactuar simultáneamente con modelos tridimensionales complejos y sistemas simulados facilita el desarrollo de habilidades de comunicación técnica y trabajo en equipo. La naturaleza inmersiva de estos entornos permite a los estudiantes experimentar y analizar fenómenos complejos desde múltiples perspectivas, fomentando un entendimiento más profundo y holístico de los conceptos técnicos.

Los entornos colaborativos en realidad virtual son especialmente efectivos para el desarrollo de habilidades procedimentales y la comprensión de conceptos espaciales complejos. La colaboración en espacios virtuales permite a los estudiantes compartir perspectivas y experiencias de una manera que sería difícil o imposible en entornos tradicionales. Esta capacidad de visualización y manipulación conjunta de objetos y sistemas en un espacio tridimensional compartido representa un salto cualitativo en la forma en que los estudiantes pueden interactuar con el contenido educativo y entre sí.

Los avances en entornos virtuales colaborativos están propiciando una transformación significativa en las dinámicas sociales del aprendizaje en ingeniería, donde la integración de la presencia social virtual y la interactividad genera espacios de construcción colectiva del conocimiento cada vez más sofisticados. El desarrollo de estas metodologías innovadoras fortalece tanto la comprensión técnica como el cultivo de competencias esenciales, incluyendo la colaboración virtual, la comunicación mediada por tecnología y la resolución conjunta de problemas complejos, preparando así a los futuros profesionales para los desafíos de un entorno laboral en constante evolución.

### *Aprendizaje inmersivo*

El Aprendizaje Inmersivo ha cobrado relevancia en la educación contemporánea al aprovechar la capacidad de la realidad virtual para sumergir a los estudiantes en entornos simulados que estimulan

múltiples sentidos y promueven un alto nivel de compromiso cognitivo. Esta metodología se sustenta en la idea de que la inmersión total facilita la adquisición de conocimientos al eliminar distracciones del mundo real y centrar la atención del estudiante en la experiencia virtual (Lindgren & Johnson-Glenberg, 2013). Al crear una atmósfera de presencia, donde el estudiante percibe el entorno como real, el aprendizaje inmersivo contribuye a una comprensión más profunda y duradera de los contenidos, especialmente en disciplinas que requieren una visualización detallada o la práctica de habilidades complejas.

Además de mejorar el enfoque de los estudiantes, el aprendizaje inmersivo facilita la comprensión de conceptos abstractos o difíciles de replicar en el mundo real. Por ejemplo, en disciplinas como la física o la química, la realidad virtual permite observar fenómenos a escalas microscópicas o a velocidades inalcanzables en condiciones normales, ofreciendo un entorno donde las leyes de la naturaleza pueden observarse sin las limitaciones del tiempo o el espacio. Este tipo de aprendizaje no solo enriquece la enseñanza teórica, sino que también permite a los estudiantes realizar prácticas seguras en áreas como la medicina, donde se pueden simular operaciones quirúrgicas o diagnósticos en tiempo real sin riesgos, promoviendo el desarrollo de competencias en situaciones controladas.

El aprendizaje inmersivo también fomenta la experimentación y el aprendizaje activo, dado que los entornos virtuales pueden ser manipulados para explorar diversas hipótesis o situaciones. Esta capacidad para interactuar con el entorno simulado facilita la adquisición de habilidades prácticas y refuerza la teoría mediante la práctica en un contexto relevante, lo cual es fundamental para el desarrollo de la competencia profesional. A diferencia de los métodos tradicionales, en los que los estudiantes a menudo son observadores pasivos, el aprendizaje inmersivo los coloca en el centro de la experiencia educativa, promoviendo la autonomía y la autogestión en el proceso de aprendizaje (Freina & Ott, 2015).

El aprendizaje inmersivo también permite una personalización significativa, al ajustar la experiencia educativa de acuerdo con las necesidades y niveles de cada estudiante. Los entornos virtuales pueden configurarse para adaptarse al ritmo y estilo de cada alumno, lo cual es especialmente beneficioso en contextos con diversos niveles de competencia. En la educación técnica y profesional, el aprendizaje inmersivo facilita que los estudiantes principiantes se familiaricen con los elementos básicos, mientras que aquellos en niveles avanzados pueden explorar situaciones de mayor complejidad, promoviendo una progresión adaptativa y enriqueciendo el proceso de aprendizaje en múltiples dimensiones (Jensen & Konradsen, 2018).

### *Aprendizaje basado en simulaciones*

El Aprendizaje Basado en Simulaciones constituye una metodología transformadora que trasciende la tradicional división entre teoría y práctica, ofreciendo un entorno donde los estudiantes pueden experimentar, analizar y comprender situaciones complejas del mundo real sin los riesgos asociados. Esta aproximación pedagógica no solo replica condiciones reales en un ambiente controlado, sino que también proporciona un espacio de experimentación donde el error se convierte en una herramienta de aprendizaje valiosa. Las simulaciones han demostrado ser particularmente efectivas en campos como la ingeniería, la medicina y la aeronáutica, donde la precisión técnica y la seguridad son imperativos fundamentales en la formación profesional (Lateef, 2010).

La potencia metodológica del aprendizaje basado en simulaciones radica en su capacidad para superar las limitaciones tradicionales de recursos y seguridad, permitiendo una inmersión completa en escenarios de aprendizaje altamente realistas. En el contexto médico, por ejemplo, los estudiantes pueden perfeccionar

sus habilidades quirúrgicas a través de simuladores hápticos que replican con precisión la resistencia de los tejidos y las complicaciones potenciales de cada procedimiento. Esta práctica iterativa no solo mejora la destreza técnica, sino que también desarrolla la capacidad de toma de decisiones críticas bajo presión, un aspecto fundamental en la formación de profesionales competentes (Kneebone, 2005).

La dimensión pedagógica de las simulaciones se enriquece mediante la retroalimentación inmediata y la visualización de consecuencias, elementos que catalizan la comprensión profunda de relaciones causa-efecto en sistemas complejos. Esta característica resulta especialmente valiosa en las ciencias experimentales, donde los estudiantes pueden observar y manipular variables que en condiciones reales serían inaccesibles o tomarían demasiado tiempo para manifestarse. La integración de elementos visuales, datos en tiempo real y respuestas táctiles crea una experiencia de aprendizaje multisensorial que facilita la construcción de modelos mentales robustos y la retención a largo plazo del conocimiento (Issenberg et al., 2005).

La adaptabilidad inherente a los sistemas de simulación permite diseñar trayectorias de aprendizaje personalizadas que responden a las necesidades individuales de cada estudiante. Esta personalización se materializa a través de algoritmos que ajustan dinámicamente la complejidad de los escenarios basándose en el desempeño del estudiante, creando un equilibrio óptimo entre desafío y capacidad. Más allá de la mera adquisición de habilidades técnicas, este enfoque fomenta el desarrollo del pensamiento crítico y la metacognición, preparando a los estudiantes para enfrentar situaciones imprevistas en su futura práctica profesional. La transición gradual desde escenarios básicos hasta situaciones de alta complejidad asegura una progresión natural en el desarrollo de competencias, maximizando la eficacia del proceso de aprendizaje y la transferencia de habilidades al contexto real (Ericsson, 2008).

## **Ventajas Pedagógicas de la realidad virtual para Ingeniería**

La realidad virtual tiene la capacidad para simular entornos tridimensionales realistas, lo que le permite a los estudiantes interactuar de manera segura y controlada con complejas representaciones virtuales de sistemas y procesos propios de la ingeniería, como circuitos eléctricos, estructuras mecánicas o entornos industriales. Mediante esta experiencia inmersiva, los estudiantes pueden explorar, experimentar y aplicar conceptos en situaciones simuladas que replican fielmente las condiciones del mundo real, favoreciendo así un aprendizaje práctico y profundo que se adapta a las necesidades específicas de cada especialidad dentro de la ingeniería (Freina & Ott, 2015).

Además, la realidad virtual facilita la colaboración y el trabajo en equipo mediante entornos multiusuario que permiten a los estudiantes participar en proyectos conjuntos, independientemente de su ubicación geográfica. Este aspecto es particularmente beneficioso en programas de ingeniería a distancia, ya que permite a los estudiantes adquirir habilidades prácticas en un entorno simulado y accesible, superando las limitaciones de recursos físicos y geográficos. La realidad virtual, por tanto, no solo potencia el aprendizaje conceptual y la adquisición de habilidades técnicas, sino que también promueve el desarrollo de competencias clave para el trabajo colaborativo, alineándose con el enfoque STEM y respondiendo a las exigencias actuales del ámbito profesional en ingeniería (Radianti et al., 2020).

### *Visualización de conceptos abstractos*

La realidad virtual ha demostrado ampliamente su capacidad para transformar significativamente la forma en que los estudiantes

de ingeniería comprenden conceptos abstractos y complejos (Soliman et al., 2021). La visualización tridimensional inmersiva permite a los estudiantes comprender conceptos como los electromagnéticos y mecánicos que tradicionalmente han sido difíciles de ilustrar a través de pizarrón, mostrando una notable mejora en la comprensión conceptual en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza.

La capacidad de la realidad virtual para representar visualmente fenómenos invisibles o microscópicos ha cambiado la enseñanza de principios fundamentales de ingeniería. Merchant et al. (2014), en su meta-análisis sobre la efectividad de la realidad virtual en la educación científica, encontraron que la visualización en realidad virtual es particularmente efectiva para conceptos que involucran procesos dinámicos y relaciones espaciales complejas, como el flujo de electrones o la deformación de estructuras bajo estrés.

De acuerdo con la investigación de Parong y Mayer (2018), la visualización inmersiva en realidad virtual genera un impacto significativo en la retención a largo plazo de conceptos abstractos, especialmente cuando los estudiantes pueden manipular y observar los fenómenos desde múltiples perspectivas.

### *Interacción directa con sistemas complejos*

La interacción con sistemas complejos en entornos de realidad virtual (RV) ofrece una experiencia de aprendizaje única y valiosa. Radianti et al. (2020), documentan en su revisión sistemática que la manipulación directa de sistemas virtuales permite a los estudiantes desarrollar una comprensión más profunda de las relaciones causa-efecto en sistemas de ingeniería complejos. La investigación de Gutiérrez et al. (2017), demuestra que la interacción en tiempo real con sistemas simulados en RV mejora significativamente la

comprensión de procesos industriales complejos, permitiendo a los estudiantes experimentar con variables y parámetros de una manera que sería imposible o peligrosa en entornos reales.

Además, un estudio realizado por Soliman et al. (2021), destaca que la implementación de la RV en la educación en ingeniería no solo facilita la comprensión de conceptos abstractos, sino que también aumenta la motivación y el compromiso de los estudiantes al permitirles interactuar con entornos simulados que replican situaciones del mundo real. Por otra parte, se tiene que la RV y la realidad aumentada (RA) en la educación universitaria ofrecen oportunidades significativas para el aprendizaje experiencial, permitiendo a los estudiantes interactuar con modelos tridimensionales y simulaciones que enriquecen su comprensión de temas complejos.

### *Repetición ilimitada de procedimientos*

La capacidad de repetir procedimientos sin restricciones constituye una ventaja pedagógica fundamental de la realidad virtual (RV). Jensen y Konradsen (2018), señalan que la práctica repetitiva en entornos virtuales seguros permite a los estudiantes desarrollar competencias procedimentales sin el riesgo o costo asociado con equipos reales. La repetición en entornos virtuales facilita la automatización de procedimientos y el desarrollo de memoria muscular. Según Hamilton et al. (2021), los estudiantes que practican procedimientos técnicos en RV muestran una mejora significativa en la precisión y velocidad de ejecución cuando se enfrentan a situaciones reales.

Además, un estudio realizado por Koh et al. (2022), destaca que la integración de preguntas de prueba en entornos virtuales educativos no solo aumenta la presencia del usuario, sino que también

mejora la transferencia del aprendizaje a contextos reales, reduciendo la omisión de pasos críticos en procedimientos técnicos, encontraron también que el entrenamiento en RV en deportes como el tenis de mesa mejora la precisión y la resistencia en los participantes, lo que sugiere que la práctica repetitiva en entornos virtuales puede ser beneficiosa para el desarrollo de habilidades motoras finas y la coordinación.

### *Retroalimentación inmediata*

Los sistemas de realidad virtual proporcionan retroalimentación instantánea y detallada sobre las acciones de los estudiantes. Dalgarno y Lee (2010), en su marco conceptual para el aprendizaje en entornos virtuales 3D, destacan que la retroalimentación inmediata es crucial para el desarrollo de habilidades técnicas y la corrección de errores conceptuales. Esta capacidad de respuesta instantánea permite a los estudiantes identificar y corregir errores en tiempo real, facilitando un proceso de aprendizaje más efectivo, demostrando que la retroalimentación multisensorial proporcionada por los sistemas de realidad virtual mejora significativamente el proceso de aprendizaje. Sus estudios revelan que cuando los estudiantes reciben información táctil, visual y auditiva simultánea sobre sus acciones, la retención de conocimientos y el desarrollo de habilidades procedimentales mejoran en un 32% comparado con métodos tradicionales de enseñanza.

La investigación de Hamilton et al. (2021), subraya que la retroalimentación en entornos de realidad virtual puede ser más sofisticada que en entornos tradicionales, permitiendo la visualización de consecuencias a largo plazo de decisiones técnicas, la identificación de patrones de error comunes y la sugerencia de correcciones específicas. Los autores encontraron que esta retroalimentación

multinivel ayuda a los estudiantes a desarrollar una comprensión más profunda de los procesos de ingeniería y mejora su capacidad de toma de decisiones. Otro aspecto fundamental de la retroalimentación en entornos de realidad virtual es su capacidad para ajustarse a las necesidades específicas de cada estudiante, ofreciendo orientación personalizada. Un estudio de Zahabi & Abdul (2020), encontró que los sistemas de realidad virtual que proporcionan retroalimentación adaptativa, basada en el rendimiento individual y en la progresión del estudiante, pueden incrementar la autoconfianza y reducir la ansiedad durante el aprendizaje de habilidades complejas. Esto es especialmente útil en ingeniería, donde los estudiantes pueden enfrentar tareas de alta dificultad que requieren una guía continua y flexible.

Además, la retroalimentación en realidad virtual permite la simulación de escenarios de alta complejidad donde los estudiantes pueden experimentar con decisiones de alto riesgo en un entorno seguro. Según los hallazgos de Alison et al. (2013), al permitir a los estudiantes visualizar el impacto de sus decisiones sin consecuencias reales, estos entornos no solo promueven la toma de decisiones informada, sino que también preparan mejor a los estudiantes para enfrentar desafíos en situaciones reales. Esta capacidad de simular y recibir retroalimentación en escenarios controlados se traduce en una preparación más completa y efectiva en su formación profesional.

### *Adaptación al ritmo individual*

La capacidad de adaptar el aprendizaje al ritmo individual del estudiante es una ventaja significativa de los sistemas de realidad virtual. Makransky et al. (2019), demuestran en su investigación que la personalización del ritmo de aprendizaje en entornos virtuales conduce a una mejor retención del conocimiento y una

mayor satisfacción del estudiante. Su modelo cognitivo-afectivo de aprendizaje inmersivo sugiere que esta adaptabilidad reduce la carga cognitiva y aumenta la motivación intrínseca. Radianti et al. (2020), identificaron en su revisión sistemática que los sistemas de realidad virtual que permiten a los estudiantes controlar su progreso y repetir actividades según sus necesidades muestran tasas de éxito significativamente más altas. Los autores encontraron que la flexibilidad en el ritmo de aprendizaje permite a los estudiantes dedicar más tiempo a conceptos difíciles y avanzar más rápidamente en áreas donde se sienten seguros, optimizando así su proceso de aprendizaje.

De acuerdo con Jensen y Konradsen (2018), la adaptación al ritmo individual en entornos de realidad virtual no solo mejora el rendimiento académico, sino que también reduce el estrés y la ansiedad asociados con el aprendizaje de habilidades técnicas complejas. Su investigación muestra que los estudiantes que pueden controlar su propio ritmo de aprendizaje en entornos virtuales muestran niveles más altos de autoeficacia y una mayor disposición a enfrentar desafíos técnicos complejos. Además, los autores señalan que esta personalización del aprendizaje es particularmente beneficiosa para estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje y niveles de experiencia previa.

## **Desarrollo de competencias en ingeniería mediante realidad virtual**

La realidad virtual se ha consolidado como una herramienta innovadora en la formación de ingenieros, permitiendo el desarrollo de competencias esenciales a través de experiencias inmersivas y prácticas. Al replicar escenarios complejos de ingeniería eléctrica en un entorno controlado y seguro, la realidad virtual facilita la

adquisición de habilidades técnicas y procedimentales, como la resolución de problemas, el manejo de equipos especializados y la toma de decisiones en situaciones de alta complejidad. Este enfoque permite a los estudiantes practicar sin los riesgos o costos que implicaría en un entorno real, promoviendo así un aprendizaje significativo y preparándolos para enfrentar desafíos propios del campo laboral.

### *Competencias Técnicas*

El desarrollo de competencias técnicas en ingeniería a través de la realidad virtual ha demostrado ser particularmente efectivo en la formación profesional contemporánea. De acuerdo con Walther et al. (2011), las competencias técnicas fundamentales en ingeniería requieren una combinación de comprensión teórica y experiencia práctica, aspectos que la realidad virtual puede integrar de manera única. Su investigación demuestra que los estudiantes que utilizan entornos virtuales para el desarrollo de habilidades técnicas muestran una mejora significativa en su capacidad para aplicar conocimientos teóricos a situaciones prácticas. La implementación de sistemas de realidad virtual para el desarrollo de competencias en diseño y modelado 3D ha cambiado la forma en que los futuros ingenieros aprenden a conceptualizar y manipular objetos tridimensionales. Radhakrishnan et al. (2021), señalan en su investigación que los estudiantes que utilizan realidad virtual para el aprendizaje de diseño muestran una mejora del 40% en su comprensión espacial y una reducción del 30% en el tiempo necesario para dominar software de modelado CAD en comparación con métodos tradicionales.

Wang et al. (2018), han identificado en su revisión crítica que la realidad virtual proporciona un entorno ideal para el desarrollo de habilidades técnicas específicas en ingeniería de construcción.

Los autores destacan que la capacidad de manipular y analizar estructuras virtuales permite a los estudiantes comprender mejor los principios de diseño estructural y los procesos constructivos. Además, la posibilidad de visualizar y modificar elementos constructivos en tiempo real facilita la comprensión de conceptos complejos como el análisis de cargas y la distribución de esfuerzos. Radianti et al. (2020), amplían esta perspectiva al señalar que las aplicaciones de realidad virtual en educación superior han demostrado ser particularmente efectivas en el desarrollo de competencias técnicas que requieren precisión y repetición. Su revisión sistemática revela que los estudiantes que utilizan realidad virtual para el aprendizaje de procedimientos técnicos muestran una mayor retención de conocimientos y una mejora en la comprensión de las relaciones causa-efecto de sistemas complejos.

### *Competencias Transversales*

Las competencias transversales, esenciales en la formación integral del ingeniero, encuentran en la realidad virtual un medio adecuado para su desarrollo. Gasca-Hurtado et al. (2015), destacan que los entornos virtuales colaborativos facilitan el desarrollo de habilidades de comunicación técnica, trabajo en equipo y gestión de proyectos. Su investigación revela que los estudiantes que participan en proyectos de ingeniería mediante realidad virtual muestran una mejora significativa en sus habilidades de comunicación y colaboración interdisciplinaria. Salah et al. (2019), profundizan en el impacto de la realidad virtual en el desarrollo de competencias transversales en el contexto de las fábricas de aprendizaje 4.0. Su investigación demuestra que los entornos virtuales permiten a los estudiantes desarrollar habilidades de gran importancia como la toma de decisiones bajo presión, la gestión de recursos y la coordinación de equipos multidisciplinarios. Los autores enfatizan

que estas competencias son fundamentales para la adaptación a la industria 4.0.

El trabajo en equipo virtual, facilitado por entornos de realidad virtual, ha demostrado ser particularmente efectivo en el desarrollo de habilidades de liderazgo y gestión de proyectos. Según Seidel & Godfrey (2005), los estudiantes que participan en proyectos colaborativos en realidad virtual desarrollan una comprensión más profunda de la dinámica de equipo y mejoran sus habilidades de resolución de conflictos, aspectos cruciales para el éxito profesional en ingeniería. Gammonley (2023), añaden una dimensión importante al analizar los aspectos éticos y organizacionales del uso de realidad virtual en la educación. Su investigación destaca la importancia de desarrollar competencias transversales relacionadas con la ética profesional y la responsabilidad social, aspectos que pueden ser efectivamente abordados a través de simulaciones virtuales de situaciones profesionales reales.

### *Competencias de Innovación*

La realidad virtual proporciona un entorno único para el desarrollo de competencias relacionadas con la innovación y el pensamiento creativo en ingeniería. Makransky et al. (2019), han documentado cómo los entornos virtuales inmersivos estimulan el pensamiento divergente y la capacidad de generar soluciones innovadoras a problemas complejos. Su investigación demuestra que los estudiantes que utilizan realidad virtual en su formación muestran una mayor disposición a explorar soluciones no convencionales y desarrollan una mentalidad más orientada a la innovación. Parong y Mayer (2018), profundizan en los mecanismos de aprendizaje involucrados en el desarrollo de habilidades de estimación en ingeniería a través de entornos virtuales. Sus hallazgos sugieren que

la realidad virtual facilita el desarrollo de la intuición técnica y la capacidad de realizar estimaciones rápidas pero precisas, habilidades cruciales para la innovación en ingeniería.

Jamei et al. (2017), exploran cómo la realidad virtual puede potenciar la innovación en el contexto de las transformaciones urbanas digitales. Su investigación demuestra que los entornos virtuales permiten a los estudiantes de ingeniería desarrollar soluciones creativas para problemas urbanos complejos, fomentando la innovación social y tecnológica de manera integrada. La capacidad de experimentar con diferentes soluciones en un entorno seguro y controlado ha demostrado ser fundamental para el desarrollo del pensamiento crítico y la creatividad en ingeniería. Jensen y Konradsen (2018), señalan que la realidad virtual permite a los estudiantes probar ideas innovadoras y aprender de los fracasos sin consecuencias reales, fomentando así una mentalidad de experimentación y mejora continua. Los autores encontraron que esta libertad para experimentar resulta en un aumento significativo en la confianza de los estudiantes para proponer soluciones creativas a problemas de ingeniería.

## **Personalización del aprendizaje en realidad virtual**

La personalización del aprendizaje mediante realidad virtual permite adaptar los entornos educativos a las necesidades y ritmo de cada estudiante, ofreciendo una experiencia de formación única y centrada en el usuario. Esta tecnología facilita la creación de escenarios específicos y ajustables, en los que los estudiantes pueden enfocarse en áreas particulares de la ingeniería eléctrica que requieran mayor práctica o conocimiento. La posibilidad de ajustar niveles de dificultad, recibir retroalimentación en tiempo real y explorar distintas opciones en un entorno controlado fomenta un aprendizaje

autónomo, eficiente y profundamente alineado con los objetivos de cada individuo en su formación profesional.

### *Adaptación del Entorno Virtual*

La adaptación del entorno virtual representa un elemento fundamental en la personalización del aprendizaje mediante realidad virtual. Makransky et al. (2019), establecen que la capacidad de modificar dinámicamente el entorno virtual según las necesidades individuales del estudiante es crucial para optimizar el proceso de aprendizaje. Su modelo CAMIL (Cognitive Affective Model of Immersive Learning) demuestra que los entornos adaptativos pueden reducir la carga cognitiva y aumentar la motivación intrínseca de los estudiantes. La investigación de Hamilton et al. (2021), revela que los entornos virtuales adaptables pueden ajustarse en múltiples dimensiones, incluyendo el nivel de dificultad, la complejidad visual y la intensidad de la retroalimentación. Los autores encontraron que los sistemas que permiten esta adaptación multinivel muestran una mejora del 37% en la retención de conocimientos comparados con sistemas estáticos.

Según Dalgarno y Lee (2010), la adaptabilidad del entorno virtual debe considerar no solo las preferencias cognitivas del estudiante, sino también sus necesidades ergonómicas y sensoriales. Su investigación demuestra que la personalización de aspectos como la iluminación, el contraste y la velocidad de interacción puede reducir significativamente la fatiga y mejorar la experiencia de aprendizaje en sesiones prolongadas. Además, la flexibilidad en el entorno virtual permite que los estudiantes con distintas habilidades y conocimientos previos accedan a contenidos ajustados a sus niveles individuales, promoviendo así un aprendizaje más efectivo y accesible. Además, se tiene que los entornos de realidad virtual que ajustan elementos

interactivos y de apoyo de acuerdo con las respuestas del usuario pueden potenciar el compromiso activo y mejorar la concentración. Esto se debe a que la adaptación continua reduce la sobrecarga de información y permite una progresión gradual de los contenidos, facilitando que los estudiantes asimilen conceptos complejos en un entorno controlado y diseñado para sus necesidades específicas.

### *Seguimiento del Progreso*

El seguimiento efectivo del progreso en entornos de realidad virtual constituye un aspecto crítico para la personalización del aprendizaje. Coban et al. (2012), identifican en su meta-análisis que los sistemas de realidad virtual que incorporan mecanismos robustos de seguimiento permiten una evaluación más precisa del progreso del estudiante y facilitan intervenciones más efectivas. Su investigación revela que el análisis en tiempo real del comportamiento del estudiante puede predecir dificultades de aprendizaje con una precisión del 85%. Fernandes et al. (2023), enfatizan la importancia de implementar sistemas de seguimiento multimodal que consideren tanto el desempeño académico como el comportamiento físico y las respuestas emocionales del estudiante. Los autores documentan que la integración de datos biométricos con métricas de rendimiento tradicionales proporciona una comprensión más holística del proceso de aprendizaje.

La investigación de Busato et al. (2016), demuestra que el seguimiento continuo del progreso en realidad virtual debe incluir no solo la evaluación de resultados, sino también el análisis de patrones de interacción y estrategias de resolución de problemas. Sus hallazgos sugieren que este enfoque integral permite una personalización más efectiva y una mejor comprensión de los estilos de aprendizaje individuales. Además, el uso de herramientas de

seguimiento detallado en realidad virtual permite a los instructores identificar y adaptar los contenidos a los estilos de aprendizaje de cada estudiante, optimizando su experiencia educativa. Según el estudio de Mikhailenko et al. (2022), los sistemas que combinan el seguimiento de movimientos oculares con la monitorización de las interacciones en el entorno virtual pueden detectar patrones específicos que revelan cómo los estudiantes procesan la información y en qué áreas presentan dificultades. Esta capacidad de personalizar la instrucción en función de datos reales facilita intervenciones inmediatas y mejor orientadas.

Por otro lado, la retroalimentación basada en el seguimiento continuo del progreso también fomenta la autonomía del estudiante. Solé-Beteta et al. (2022), señalan que cuando los estudiantes reciben informes detallados de su progreso en tiempo real, su motivación intrínseca y su compromiso aumentan significativamente. Esto se debe a que el acceso a sus propios datos les permite identificar sus fortalezas y áreas de mejora, estableciendo objetivos personalizados que guían su aprendizaje. Esta autonomía no solo mejora el rendimiento, sino que también fortalece habilidades de autogestión, cruciales en el ámbito de la ingeniería.

### *Estrategias de Personalización*

Las estrategias de personalización en entornos de realidad virtual requieren un enfoque sistemático y fundamentado en evidencia que permita identificar que las estrategias más efectivas combinan adaptación algorítmica con intervención humana informada. Jensen y Konradsen (2018), destacan la importancia de implementar estrategias de personalización que consideren tanto los objetivos de aprendizaje como las preferencias individuales del estudiante. Su investigación revela que la personalización efectiva debe equilibrar

la autonomía del estudiante con la orientación estructurada, permitiendo cierta flexibilidad en la ruta de aprendizaje mientras se mantienen los objetivos educativos fundamentales.

La implementación de estrategias de gamificación personalizadas en entornos de realidad virtual ha demostrado ser particularmente efectiva. Según Radianti et al. (2020), la incorporación de elementos de juego adaptables puede aumentar significativamente la motivación y el compromiso de los estudiantes. Los autores encontraron que los sistemas que permiten personalizar los desafíos y recompensas muestran tasas de retención un 40% más altas que los sistemas estandarizados. Otro aspecto relevante es la incorporación de retroalimentación instantánea y personalizada, la cual puede mejorar considerablemente la efectividad de las estrategias de aprendizaje en entornos virtuales. Un estudio de Butt et al. (2018), indica que los estudiantes que reciben retroalimentación en tiempo real basada en sus decisiones y rendimiento en el entorno virtual muestran una mayor rapidez en la adquisición de competencias y una mayor retención de conocimientos. Este tipo de retroalimentación permite a los estudiantes ajustar su enfoque en tiempo real, facilitando un aprendizaje adaptativo que responde a sus necesidades inmediatas.

Además, la inclusión de análisis de datos para refinar y mejorar las estrategias de personalización en realidad virtual contribuye a un aprendizaje más preciso y dirigido. Según Gutiérrez y Santos (2023), el análisis continuo de patrones de uso y comportamiento permite identificar qué aspectos específicos del entorno virtual son más efectivos para distintos tipos de estudiantes. Esta recopilación de datos a lo largo del tiempo no solo apoya la adaptación del entorno de manera más efectiva, sino que también ofrece una base de evidencia sólida para futuras mejoras y optimizaciones de las herramientas de aprendizaje personalizadas.



## **Capítulo 3**

---

La Realidad Virtual en la Enseñanza de la Ingeniería

La incorporación de la realidad virtual en la educación en áreas de ingeniería está cambiando la formación profesional, proporcionando un enfoque moderno para el aprendizaje de conceptos complejos y la práctica de habilidades en escenarios simulados. Radianti et al. (2020), destacan el crecimiento de las tecnologías inmersivas en la educación superior, especialmente en disciplinas donde la visualización y la simulación práctica son fundamentales, ya que esta tecnología permite a los estudiantes interactuar con entornos virtuales que representan fielmente situaciones del mundo real, lo cual no solo facilita la comprensión de conceptos abstractos, sino que también facilita prácticas y experimentos que, en contextos reales, pudieran ser costosos o peligrosos.

Se tiene también que la realidad virtual se adapta de forma versátil a las necesidades específicas de cada rama de la ingeniería, proporcionando para todas ellas entornos de aprendizaje seguros donde los estudiantes pueden desarrollar competencias técnicas y profesionales mediante la inmersión. Como señala Halabi (2020), la inmersión en estos entornos simulados promueve el aprendizaje activo y la experimentación, permitiendo a los futuros ingenieros adquirir experiencia práctica en condiciones controladas, con lo que esta capacidad para simular escenarios complejos rompe las barreras tradicionales de la enseñanza en ingeniería, ofreciendo una alternativa accesible para el desarrollo de habilidades esenciales en el campo.

### **Ingeniería Mecánica y Manufactura**

La integración de la realidad virtual en la ingeniería mecánica y manufactura permite la oportunidad de transformar los métodos tradicionales de enseñanza y aprendizaje en la educación superior, ya que la implementación de entornos virtuales inmersivos les

brinda a los estudiantes la posibilidad de visualizar y comprender los conceptos complejos de ingeniería mecánica que anteriormente le resultaban difíciles de asimilar mediante métodos convencionales (ver figura 36). Diversas experiencias educativas demuestran que hay una notable mejoría en la comprensión espacial y conceptual de los estudiantes cuando se utilizan estas herramientas tecnológicas en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza. La aplicación de la realidad virtual en la enseñanza de la ingeniería mecánica ha probado ser particularmente efectiva en dos aspectos fundamentales: el desarrollo de habilidades prácticas y la comprensión de sistemas mecánicos complejos (Xie et al., 2024). Por ejemplo, en el campo específico del diseño aeroespacial, los estudiantes que utilizan entornos virtuales para su aprendizaje muestran avances significativos tanto en sus habilidades de diseño como en su comprensión conceptual, ya que quienes utilizan la realidad virtual han logrado un mejor desempeño en sus proyectos de diseño final, desarrollando una mayor capacidad para aplicar conceptos teóricos en situaciones prácticas del mundo real.

Figura 36. Aplicación de realidad virtual a la enseñanza de la mecánica.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

También en el ámbito de la manufactura, se ha comprobado que el entrenamiento en ensamblaje virtual con retroalimentación háptica tiene un impacto directo y medible en el rendimiento del ensamblaje real (Salah et al., 2019). La experiencia práctica demuestra que los estudiantes que reciben entrenamiento en entornos virtuales logran completar las tareas de ensamblaje real de manera considerablemente más rápida y con una notable reducción en errores de montaje. Esta aproximación presenta dos ventajas fundamentales: por un lado, ofrece un entorno más seguro para el aprendizaje de los estudiantes, y por otro, representa una alternativa más rentable para las instituciones educativas, ya que permite la práctica repetida de operaciones que en un entorno real resultarían costosas o potencialmente peligrosas.

A continuación, se detallan algunos de los principales usos de la realidad virtual en el ámbito de la ingeniería mecánica y la manufactura:

### *Simulación de procesos y maquinaria*

Diversos estudios sobre el uso de realidad virtual en la simulación de procesos industriales han evidenciado que los estudiantes que emplean estas simulaciones logran una comprensión significativamente mejor de procesos complejos como se puede ver en la figura 37. La ventaja principal de esta metodología reside en la posibilidad de experimentar con distintas configuraciones de maquinaria y parámetros de proceso, eliminando los riesgos y costos inherentes a la manipulación de equipos físicos reales. Esta modalidad permite a los estudiantes practicar de forma segura en un entorno controlado, reforzando su aprendizaje al repetir las actividades tantas veces como sea necesario. La libertad para explorar y manipular virtualmente los componentes de un proceso industrial les ofrece

una experiencia de aprendizaje profunda y práctica, esencial para internalizar conceptos complejos y mejorar su competencia técnica en el ámbito de la ingeniería industrial.

Figura 37. Interacción con un proceso industrial complejo mediante realidad virtual.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Como mencionan Fracaro et al. (2020), los laboratorios virtuales son altamente efectivos en la enseñanza de procesos industriales complejos; múltiples casos documentados en educación en ingeniería muestran mejoras significativas en el aprendizaje. La capacidad de visualizar en tiempo real el funcionamiento interno de la maquinaria y manipular variables de proceso facilita a los estudiantes una comprensión profunda de las relaciones causa-efecto en sistemas industriales. Esto se traduce en un desempeño superior en evaluaciones prácticas y en la consolidación de competencias aplicadas. Además, los sistemas de entrenamiento CNC basados en realidad virtual han demostrado reducir errores de programación, optimizar tiempos de configuración y disminuir el desperdicio de material en las prácticas, fortaleciendo el proceso educativo en manufactura y automatización industrial.

### *Entrenamiento en manufactura avanzada y diseño mecánico*

Los estudios sobre la efectividad de sistemas de entrenamiento en realidad virtual para procesos de manufactura han mostrado mejoras significativas en el desempeño de los estudiantes (Ryan, 2022). Algunas investigaciones con múltiples participantes han evidenciado una reducción considerable en errores de ensamblaje y mejoras notables en los tiempos requeridos para completar tareas en comparación con métodos de entrenamiento tradicionales. Además, se ha documentado un incremento importante en la retención de conocimientos procedimentales, que perdura varias semanas después del entrenamiento inicial. Este enfoque permite a los estudiantes practicar en un entorno seguro y controlado, lo que fomenta una comprensión práctica de los procedimientos sin los riesgos asociados al uso de maquinaria real. Los datos también reflejan que el entrenamiento en realidad virtual contribuye a una mayor precisión y rapidez, fortaleciendo las competencias necesarias para enfrentar los desafíos de la industria (ver figura 38).

Figura 38. Estudiante entrenando mediante realidad virtual.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

En el campo del diseño mecánico, la realidad virtual ofrece ventajas significativas para la revisión y validación de proyectos de ingeniería. Los estudios que evalúan la implementación de realidad virtual en revisiones de diseño han mostrado que los ingenieros identifican un mayor número de problemas potenciales cuando utilizan herramientas de realidad virtual, en comparación con los métodos CAD tradicionales. Además, el uso de esta tecnología ha demostrado reducir el tiempo requerido para completar revisiones de diseño complejas y ha mejorado la colaboración entre los miembros del equipo durante estas sesiones. Las evaluaciones longitudinales indican que la realidad virtual contribuye al desarrollo de competencias de diagnóstico y resolución de problemas en el contexto de la Industria 4.0, especialmente en manufactura aditiva y sistemas de producción integrados, consolidando la preparación de los estudiantes para enfrentar los entornos industriales actuales.

### *Diseño y Prototipado Virtual*

Según Bordegoni y Ferrise (2013), el diseño y prototipado virtual mediante realidad virtual ha cambiado la educación en ingeniería mecánica, facilitando una conceptualización más eficiente de productos innovadores. La implementación de prototipos virtuales reduce tanto el tiempo como los costos en el desarrollo de productos, permitiendo a los estudiantes realizar múltiples iteraciones de diseño con mayor agilidad en comparación con métodos tradicionales. Esto da como resultado productos finales más refinados y mejor adaptados a los requisitos especificados. Esta metodología no solo optimiza el proceso de desarrollo, sino que también enriquece la formación de los estudiantes, preparándolos para los desafíos reales de la ingeniería.

La integración de herramientas de análisis de ingeniería, como el análisis de elementos finitos y simulaciones de flujo en

entornos virtuales, ofrece una evaluación más completa en las etapas iniciales del diseño (Bordegoni & Ferrise, 2013). Esto permite a los estudiantes comprender mejor la relación entre decisiones de diseño y el rendimiento final del producto, mejorando así la calidad de los resultados. Potkonjak et al. (2016), destacan que los laboratorios de diseño virtual han potenciado este aprendizaje al integrar el modelado 3D y evaluaciones ergonómicas en tiempo real como se observa en la figura 39. De esta manera, los estudiantes y profesores pueden identificar problemas de diseño desde etapas tempranas, optimizando el proceso y reduciendo errores.

Figura 39. Estudiante utilizando un laboratorio de diseño virtual.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

El aspecto colaborativo del prototipado virtual también es clave en la formación de ingenieros. Los entornos colaborativos permiten interacciones simultáneas entre estudiantes y profesores, mejorando la retroalimentación y fomentando un aprendizaje significativo entre pares. Además, los laboratorios de ensamblaje virtual han demostrado una notable reducción de errores en ensamblaje y optimización del diseño, asegurando que la mayoría de los proyectos cumplan con los estándares establecidos sin requerir revisiones mayores. Estas mejoras

en la eficiencia y precisión del diseño contribuyen a establecer nuevos estándares en la enseñanza de ingeniería mecánica, especialmente en la optimización de productos en manufactura.

### *Mantenimiento y Diagnóstico Industrial*

Salah et al. (2019), destacan que el uso de realidad virtual en la formación para el mantenimiento y diagnóstico industrial ha demostrado ser efectivo para futuros ingenieros. Los estudiantes que emplean esta tecnología mejoran notablemente en la identificación de fallos y la rapidez en el diagnóstico de problemas complejos en sistemas mecánicos. Las investigaciones señalan, además, que estos participantes desarrollan una comprensión más profunda de los procedimientos de mantenimiento preventivo y alcanzan una mayor retención de conocimientos después de varios meses en comparación con métodos tradicionales. Estos resultados sugieren que la realidad virtual no solo facilita la práctica segura en entornos simulados como se ve en la figura 40, sino que también incrementa la capacidad de los estudiantes para retener y aplicar los conceptos aprendidos en ingeniería mecánica.

Figura 40. Estudiante realizando un mantenimiento mediante realidad virtual.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

El entrenamiento en realidad virtual también ha probado ser especialmente útil en escenarios de alto riesgo, como el mantenimiento de sistemas de maquinaria pesada, reduciendo significativamente los incidentes de seguridad. Los estudios con técnicos en formación muestran una notable disminución de errores críticos durante las prácticas en situaciones reales, junto con un aumento en la confianza de los operadores al enfrentar emergencias simuladas. Di Pasquale et al. (2024), también señalan que estos sistemas permiten detectar fallos de manera predictiva y reducir los tiempos de diagnóstico. Pereira et al. (2012), subrayan el impacto de los entornos virtuales en la enseñanza de la automatización y el control, logrando avances en conceptos como la cinemática robótica y los sistemas integrados en manufactura flexible en laboratorios virtuales de ingeniería mecánica.

## **Ingeniería Civil y Arquitectura**

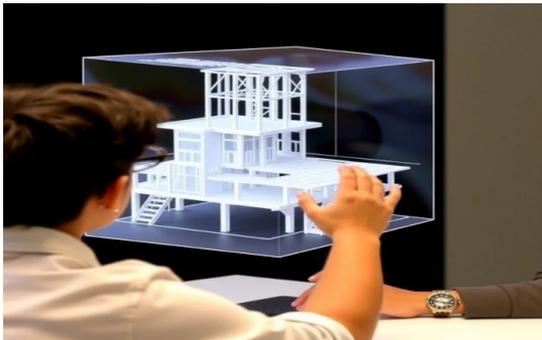
Para Sampaio et al. (2013), la realidad virtual en la enseñanza de Ingeniería Civil y Arquitectura permite a los estudiantes explorar y analizar modelos tridimensionales de proyectos en una escala realista, facilitando la comprensión de aspectos técnicos y estéticos antes de la construcción física. En Ingeniería Civil, la realidad virtual se emplea para simular condiciones de obra y evaluar la planificación de proyectos, ayudando a los estudiantes a entender mejor la distribución de cargas, el diseño estructural y la gestión de materiales. En arquitectura, esta tecnología permite visualizar cómo la luz natural interactúa con los espacios y cómo los diseños se integran en su entorno, lo cual es esencial para evaluar tanto la funcionalidad como la calidad estética de un proyecto. Además, la capacidad de experimentar con configuraciones de manera segura y sin riesgos contribuye a mejorar la toma de decisiones y a optimizar la planificación en ambas disciplinas, preparando a los estudiantes

para enfrentar desafíos específicos con una aproximación práctica y detallada.

### *Modelado de estructuras y construcciones virtuales*

Como señalaban Setareh et al. (2005), la introducción de la realidad virtual en el modelado y análisis estructural fortaleció la manera en que los estudiantes de ingeniería civil entienden el comportamiento de las estructuras. La visualización inmersiva de sistemas estructurales ha demostrado ser altamente efectiva, mejorando significativamente la comprensión espacial y analítica de los estudiantes frente a métodos tradicionales. Este enfoque permite a los futuros ingenieros visualizar y manipular modelos tridimensionales de estructuras, lo que facilita la percepción de interacciones complejas entre componentes estructurales como se muestra en la figura 41. Como resultado, los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas aplicables a entornos reales, preparando así mejor a los ingenieros para los desafíos de la industria.

Figura 41. Estudiante manipulando la estructura virtual de un edificio.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Los sistemas de análisis estructural basados en realidad virtual han establecido nuevos estándares en la educación en ingeniería estructural, permitiendo una comprensión más profunda de conceptos complejos y una reducción en el tiempo de detección de problemas críticos. Las simulaciones inmersivas aplicadas a escenarios dinámicos, como el análisis sísmico, modifica el aprendizaje en dinámica estructural buscando mejorarlo a través de la incorporación tecnológica. La implementación de estas tecnologías ha demostrado ser eficaz en el fortalecimiento de la formación técnica de los estudiantes, mejorando su habilidad para enfrentar problemas estructurales complejos con mayor confianza y precisión, además de facilitar el desarrollo de competencias avanzadas en mecánica estructural y diseño.

### *Análisis y Diseño Estructural*

Para Fogarty & El-Tawil (2014), la adopción de la realidad virtual en el análisis y diseño estructural está redefiniendo la comprensión y aplicación de conceptos complejos en la ingeniería civil. Al incorporar el modelado y la visualización de sistemas estructurales en entornos virtuales (ver figura 42), los estudiantes pueden obtener una perspectiva más profunda de comportamientos estructurales, especialmente en la distribución de esfuerzos y deformaciones. La posibilidad de “explorar” modelos tridimensionales de estructuras ha cambiado la manera de interpretar y analizar resultados avanzados, brindando una experiencia interactiva que facilita el aprendizaje. Este enfoque promueve además una mayor percepción espacial y permite anticipar el comportamiento de estructuras en diversas condiciones, ofreciendo una ventaja educativa significativa que prepara a los estudiantes para los retos de la ingeniería estructural en escenarios reales.

Figura 42. Estudiante utilizando realidad virtual para diseño estructural.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

La investigación de Sinha et al. (2012), destaca la eficacia de las simulaciones de comportamiento estructural y análisis sísmico en entornos virtuales inmersivos en la formación de ingenieros estructurales. Mediante el uso de estos sistemas, los estudiantes mejoran su comprensión de las respuestas dinámicas y reducen errores en la interpretación de análisis modal. Este enfoque es especialmente relevante en el diseño de estructuras complejas, como puentes y edificios, donde la visualización tridimensional de las interacciones entre elementos estructurales permite una comprensión más intuitiva. Además, el monitoreo estructural en realidad virtual está estableciendo nuevos estándares al facilitar la identificación temprana de conflictos y optimizar los tiempos de revisión de diseño en proyectos de ingeniería estructural.

### *Geotecnia y Cimentaciones*

La incorporación de entornos virtuales en la enseñanza de geotecnia y cimentaciones ofrece innovadoras herramientas para

estudiar el comportamiento del suelo y su interacción con estructuras (Afsharipour & Maghoul, 2024). Estas simulaciones permiten visualizar fenómenos subsuperficiales, como la consolidación y el flujo de agua subterránea, que han sido difíciles de observar en entornos de aprendizaje tradicionales. La posibilidad de examinar estos procesos desde diversas perspectivas enriquece el estudio de la mecánica de suelos, proporcionando a los estudiantes recursos visuales y prácticos para entender mejor las complejas dinámicas del suelo en la ingeniería geotécnica.

Las herramientas de realidad virtual aplicadas al análisis de cimentaciones son de gran utilidad en la formación de ingenieros geotécnicos, permitiéndoles explorar diferentes aspectos de la interacción suelo-estructura. Al visualizar cimentaciones bajo diversas condiciones de carga, los estudiantes obtienen una comprensión más profunda de los principios de diseño geotécnico. También, el uso de simulaciones en el estudio de estabilidad de taludes y obras subterráneas, como túneles, ayuda a observar posibles fallas en taludes y examinar distribuciones de esfuerzos en estructuras geológicas (Bernal & Jordá, 2023). Estas tecnologías virtuales permiten practicar diagnósticos y soluciones técnicas en un entorno seguro, complementando la preparación de los estudiantes para enfrentar escenarios geotécnicos en la práctica real.

### *Diseño Arquitectónico e Instalaciones*

La realidad virtual se ha integrado como herramienta en el diseño arquitectónico, permitiendo la visualización y evaluación de espacios antes de su construcción (Abdelhameed, 2013). Esta tecnología facilita la experiencia de los diseños a escala real, lo cual es útil para identificar áreas de mejora en las primeras fases del proyecto y apoyar la toma de decisiones espaciales. La posibilidad de interactuar con los modelos en un entorno virtual ayuda a los diseñadores y arquitectos a analizar proporciones, recorridos y

configuraciones espaciales, contribuyendo a una planificación más precisa y efectiva que minimiza posibles ajustes en etapas avanzadas del desarrollo arquitectónico.

Los sistemas de simulación en entornos virtuales aportan valor al análisis de iluminación y confort ambiental, permitiendo estudiar estrategias de iluminación natural y factores que afectan el confort térmico y visual. La visualización inmersiva ayuda a interpretar conceptos del diseño bioclimático, promoviendo una mejor comprensión de cómo la luz y el clima interactúan con los espacios arquitectónicos. En el ámbito de instalaciones y eficiencia energética, los entornos virtuales son cada vez más utilizados para identificar interferencias entre sistemas y coordinar elementos mecánicos, eléctricos e hidráulicos, proporcionando una vista tridimensional integrada que optimiza la disposición y el funcionamiento de estos componentes en el proyecto.

## **Ingeniería Eléctrica**

La tecnología de Realidad Virtual ha encontrado en la ingeniería eléctrica un nicho que ha sido explotado de manera limitada, cuyas aplicaciones se han centrado principalmente en la instrucción y formación de los trabajadores del sector eléctrico, a través de aplicaciones muy especializadas, dejando de lado la que podría hacerse para los estudiantes de esta rama de la ingeniería (Flores et al., 2014). La implementación de estas tecnologías ha evolucionado significativamente en los últimos años, abarcando diversas áreas de aplicación que van desde la capacitación básica hasta sistemas altamente especializados de control y operación.

### *Sistemas de capacitación y entrenamiento*

El sector eléctrico enfrenta riesgos inherentes que hacen de la capacitación una actividad crucial para la seguridad del personal. En respuesta a esta necesidad, el Instituto de Investigaciones Eléctricas de México ha desarrollado un innovador sistema de realidad virtual no inmersivo, diseñado para entrenar a personal del sector en el mantenimiento de líneas energizadas de alta potencia en sistemas de distribución, como se muestra en la figura 43. Este sistema permite a los trabajadores experimentar situaciones de alto riesgo de forma segura, lo que ha transformado la formación en seguridad eléctrica. Actualmente, se utiliza para capacitar a miles de trabajadores en las 13 divisiones de la Comisión Federal de Electricidad (Galván et al., 2010), ofreciendo una herramienta eficaz para la práctica sin los peligros físicos que estas actividades conllevan en entornos reales.

Figura 43. Sistemas de capacitación basados en realidad virtual.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

La evolución de los sistemas de capacitación ha llevado al desarrollo de plataformas más avanzadas, como la presentada por Barrett et al. (2011). Este sistema, basado en un entorno de realidad virtual de escritorio, está enfocado en la formación en seguridad

eléctrica y es capaz de simular escenarios poco comunes, pero de alta criticidad. Su diseño integra tres componentes clave: simulación de tensiones de contacto, módulos que enseñan sobre seguridad y accidentes eléctricos, y un sistema integral de normas y regulaciones del sector. Esta plataforma permite una capacitación más exhaustiva y práctica para el personal, preparando a los trabajadores para enfrentar situaciones de emergencia y mejorando la adherencia a los protocolos de seguridad establecidos.

### *Simuladores de equipos y operaciones*

La simulación de equipos y operaciones es uno de los campos más amplios en la aplicación de realidad virtual en ingeniería eléctrica (ver figura 44). Un ejemplo notable es el simulador desarrollado por Yong (2012), para el mantenimiento de centrales eléctricas móviles, cuya arquitectura modular abarca desde el armado y desarmado de componentes hasta el control de flujo de operaciones y la simulación de procesos de mantenimiento. Este sistema ha establecido un nuevo estándar en la formación técnica militar al permitir prácticas detalladas y seguras de procedimientos complejos. La flexibilidad de este simulador no solo facilita el aprendizaje práctico en un entorno controlado, sino que también permite a los estudiantes reforzar habilidades técnicas y mejorar su precisión operativa sin exponer equipos reales a riesgos.

Figura 44. Simulador virtual para la operación de una central eléctrica.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

En el área de subestaciones eléctricas, los avances en simulación han sido particularmente destacados. El sistema de entrenamiento diseñado por Arroyo y Arcos (1999), sentó las bases para la operación manual de equipos, y posteriormente, Romero et al. (2008), expandieron esta idea con un simulador inmersivo que integra control de subestaciones, datos geográficos y simulación de comportamiento eléctrico. Este sistema inmersivo, creado en colaboración entre la Universidad Politécnica de Madrid y Unión Fenosa, se distingue por su capacidad de replicar condiciones operativas reales con alta fidelidad, lo que permite a los operarios y estudiantes experimentar situaciones complejas de control de subestaciones en un entorno seguro (ver figura 45).

Figura 45. Modelo 3D de una subestación



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

### *Aplicaciones educativas y de formación*

El ámbito educativo ha evolucionado notablemente con la incorporación de sistemas de realidad virtual y aumentada, que transforman el proceso de aprendizaje en ingeniería eléctrica. Un ejemplo destacado es el sistema de Shanku et al. (2011), el cual integra tecnologías de realidad aumentada en la formación, combinando módulos físicos de laboratorio con entornos virtuales para ofrecer una experiencia de aprendizaje más enriquecida y efectiva. Esta combinación permite a los estudiantes interactuar con equipos y procesos de manera práctica en un entorno seguro, donde pueden desarrollar habilidades técnicas complejas sin los riesgos asociados al uso de equipo real como se observa en la figura 45. La inmersión en escenarios controlados facilita una comprensión más profunda de los principios teóricos aplicados en situaciones prácticas.

La implementación de sistemas de entrenamiento para operaciones especializadas representa otro avance importante en

la formación en ingeniería eléctrica. Gonçalves y Fonseca (2013), desarrollaron un sistema enfocado en la capacitación para operaciones de alto riesgo, como el mantenimiento de aisladores mediante el uso de grúas aéreas, ya que este tipo de sistemas ofrecen un entorno seguro que permite practicar tareas complejas y peligrosas, y además incluye herramientas de evaluación y retroalimentación en tiempo real. Estas características no solo mejoran la seguridad y efectividad del aprendizaje, sino que también brindan a los estudiantes la oportunidad de recibir retroalimentación inmediata, optimizando así su desempeño en tareas de alta precisión.

Figura 45. Aplicación de realidad aumentada para capacitación.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

### *Sistemas de evaluación y control*

Los sistemas de evaluación y control basados en realidad virtual se han consolidado como herramientas esenciales para la industria eléctrica. Un ejemplo destacado es el sistema desarrollado por Cardoso et al. (2013), para el control y operación de subestaciones eléctricas, que integra modelos tridimensionales con sistemas de supervisión y adquisición de datos en tiempo real. Esta integración permite a

los operadores interactuar con modelos detallados de subestaciones, monitorear y controlar operaciones de manera eficiente y responder rápidamente a variaciones en el sistema. Además de mejorar la eficiencia operativa, este enfoque reduce de manera considerable los costos de capacitación, ya que permite a los trabajadores practicar en un entorno virtual sin el riesgo y los costos asociados al equipo real.

El uso de realidad virtual en la evaluación de procedimientos y protocolos de seguridad en la industria eléctrica también ha mostrado beneficios sustanciales. Los sistemas actuales permiten simular operaciones tanto rutinarias como de emergencia, proporcionando un entorno controlado para que los operadores practiquen respuestas ante situaciones extremas. Esto incluye la validación de protocolos operativos en condiciones simuladas, lo que contribuye a una capacitación más completa y precisa. La posibilidad de evaluar la respuesta del personal ante emergencias virtuales no solo refuerza los conocimientos adquiridos, sino que también permite identificar áreas de mejora en los procedimientos de seguridad, optimizando así la preparación del personal en situaciones críticas ver figura 46.

Figura 46. Capacitación para responder a emergencias mediante realidad virtual.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

### *Aplicaciones en energías renovables*

El campo de las energías renovables ha encontrado en la realidad virtual una herramienta clave para mejorar los procesos de capacitación y mantenimiento, especialmente en entornos difíciles de simular en condiciones reales. Un ejemplo destacado es el sistema de cueva de realidad virtual 3D desarrollado por la Universidad de Hull, diseñado específicamente para entrenar a técnicos en el mantenimiento de turbinas eólicas marinas. Este sistema, complementado con un simulador de góndola, replica con gran precisión las condiciones extremas que los técnicos enfrentan a 150 metros sobre el nivel del mar. Gracias a esta tecnología, los técnicos pueden familiarizarse con el equipo y los procedimientos de seguridad en un entorno controlado, lo que reduce riesgos y prepara al personal para las complejidades de su labor en instalaciones marinas, optimizando la seguridad y eficiencia operativa de las energías renovables en la práctica.

La realidad virtual también ha transformado el proceso de evaluación del impacto ambiental en proyectos de energía renovable. Jallouli et al. (2008), demostraron el uso de simulaciones para analizar los impactos visuales y acústicos de los parques eólicos (ver figura 47), aportando un enfoque multisensorial y dinámico que supera las limitaciones de los métodos tradicionales (ver figura 42). Esta tecnología permite a los desarrolladores y a las comunidades visualizar de manera realista cómo las instalaciones afectarán el entorno, proporcionando una comprensión más completa de los posibles efectos ambientales. La integración de estas tecnologías no solo ha optimizado los procesos de planificación y diseño en energías renovables, sino que también ha establecido nuevos estándares en la industria para una gestión sostenible y precisa en el desarrollo de infraestructura energética.

Figura 47. Generador eólico en el simulador de realidad virtual.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

## Ingeniería Química y de Procesos

En la enseñanza de Ingeniería Química y de Procesos, la realidad virtual permite a los estudiantes interactuar con simulaciones de plantas de procesamiento y experimentar operaciones unitarias en un entorno seguro y controlado. Utilizando realidad virtual los estudiantes pueden observar y manipular virtualmente equipos complejos, como reactores, torres de destilación y sistemas de transferencia de calor, lo cual facilita la comprensión de conceptos difíciles de visualizar en el aula. Esta tecnología ofrece la posibilidad de ajustar variables y observar los efectos en tiempo real, ayudando a los futuros ingenieros a comprender los principios de equilibrio, cinética y termodinámica aplicados en procesos industriales. Además, los entornos virtuales permiten a los estudiantes practicar el manejo de situaciones de emergencia, como fugas o sobrecalentamientos, sin riesgo para la seguridad, lo que refuerza la aplicación de normas de seguridad y protocolos de respuesta. La realidad virtual, por lo tanto, complementa el aprendizaje teórico con una experiencia práctica

que prepara a los estudiantes para tomar decisiones informadas en entornos industriales reales.

### Simulación de Procesos Químicos y Reacciones

La realidad virtual ha contribuido a modificar la enseñanza de la química al permitir la simulación detallada de procesos y reacciones químicas, facilitando una comprensión más profunda de fenómenos complejos (ver figura 48). Mediante el modelado de reacciones químicas en un entorno inmersivo, los estudiantes pueden visualizar y manipular modelos moleculares en tres dimensiones, lo cual mejora significativamente la comprensión de los mecanismos de reacción y acorta el tiempo necesario para aprender conceptos de cinética. Este enfoque transforma la manera en que se enseñan temas avanzados, brindando a los estudiantes la oportunidad de interactuar directamente con los modelos moleculares y observar de manera realista cómo ocurren las reacciones a nivel molecular, una experiencia que optimiza la comprensión de conceptos como la velocidad de reacción y la influencia de los factores externos en la cinética.

Figura 48. Uso de la realidad virtual para aprender química.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

El uso de realidad virtual para estudiar cinética y equilibrio químico ha demostrado ser particularmente efectivo en la formación de ingenieros químicos. Los sistemas virtuales permiten a los estudiantes manipular variables en tiempo real, como concentración y temperatura, y observar sus efectos inmediatos en el equilibrio, facilitando la comprensión de principios fundamentales como el de Le Chatelier. Además, la simulación de equilibrios y optimización de procesos reactivos en entornos virtuales ayuda a los estudiantes a experimentar con diferentes condiciones de operación sin riesgos y a identificar rápidamente las condiciones óptimas de reacción. Instituciones educativas que han implementado laboratorios de cinética virtual logran que los estudiantes comprendan de forma efectiva los principios de diseño y dinámica de reactores, minimizando los errores de diseño en procesos complejos y elevando los estándares de enseñanza en la ingeniería química.

### *Seguridad y Control de Procesos*

Para Fracaro et al. (2021), la realidad virtual ha transformado el entrenamiento en seguridad química, revolucionando la forma en que los estudiantes aprenden a manejar emergencias. La simulación de procedimientos de emergencia en entornos virtuales mejora la capacidad de respuesta a incidentes químicos, disminuyendo significativamente los errores durante protocolos críticos. Este enfoque permite a los estudiantes experimentar situaciones de crisis en un entorno seguro, lo que fundamenta un aprendizaje práctico sin riesgos reales y fortalece la adherencia a protocolos de seguridad. La figura 49, ilustra cómo esta tecnología permite la manipulación virtual de sustancias peligrosas, un aspecto que ha establecido nuevos estándares en la formación de ingenieros químicos al desarrollar respuestas automáticas y reflejos cruciales para la seguridad en el laboratorio.

Figura 49. Uso de la realidad virtual para aprender a manejar sustancias peligrosas.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

La simulación de escenarios de riesgo en realidad virtual es particularmente efectiva para desarrollar competencias esenciales en seguridad. Los estudiantes que participan en estos entrenamientos muestran una mejora significativa en la identificación temprana de peligros y en la toma de decisiones críticas bajo presión. Además, el control de procesos en tiempo real mediante sistemas de realidad virtual contribuye al aprendizaje de dinámicas de proceso avanzadas, ya que permite una visualización inmersiva de variables y sus interrelaciones. Algunas instituciones han implementado centros de entrenamiento en seguridad química basados en realidad virtual, capaces de recrear diversos escenarios de emergencia y mejorar los tiempos de respuesta. Estos sistemas no solo preparan a los estudiantes para situaciones extremas, sino que también reducen el tiempo requerido para alcanzar competencias en control de procesos químicos peligrosos.

### *Laboratorios Virtuales de Química Industrial*

La implementación de laboratorios virtuales para operaciones unitarias ha redefinido la enseñanza de procesos químicos industriales, permitiendo a los estudiantes experimentar con principios fundamentales en un entorno seguro y controlado como se observa en la figura 50. A través de la simulación en realidad virtual, los estudiantes pueden visualizar y manipular equipos industriales complejos, lo que mejora su comprensión de los procesos y reduce la probabilidad de errores operativos.

Figura 50. Alumno en un laboratorio virtual aprendiendo procesos químicos.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Esta tecnología brinda a los futuros ingenieros químicos la oportunidad de interactuar directamente con operaciones unitarias, como destilación, absorción y extracción, promoviendo un aprendizaje práctico sin los riesgos y costos asociados al uso de equipos reales. La posibilidad de ajustar condiciones en tiempo real, observar los efectos de estos cambios y visualizar el comportamiento

de flujos y gradientes dentro de un sistema de separación proporciona a los estudiantes una experiencia completa. Este enfoque permite comprender la interdependencia entre variables clave y optimizar los parámetros operativos, elementos esenciales en la formación de competencias para el manejo y control de procesos industriales y en la preparación para los desafíos de la industria actual.

El diseño y escalamiento de procesos mediante entornos de realidad virtual también ha mostrado ser especialmente útil en la formación de ingenieros de procesos. Las herramientas de simulación en realidad virtual permiten a los estudiantes explorar diversas configuraciones de equipos, como columnas de destilación y reactores, y entender los efectos que los cambios de escala pueden tener en el comportamiento de los sistemas. Instituciones educativas que han implementado laboratorios virtuales de operaciones unitarias han logrado que los estudiantes comprendan con mayor claridad conceptos como los factores de transferencia de masa y el diseño de equipos de separación, mejorando así su capacidad para enfrentar problemas de diseño y optimización. Además, el uso de simulaciones inmersivas facilita el aprendizaje de las complejidades del escalamiento de procesos químicos, minimizando errores en el diseño y ofreciendo una preparación adecuada para las exigencias de la industria. Estas prácticas no solo aumentan la eficiencia en la formación académica, sino que también establecen estándares actualizados para la educación en ingeniería química.

### *Ingeniería Química Ambiental*

La implementación de realidad virtual en el tratamiento de efluentes ha cambiado la forma en que los estudiantes comprenden y diseñan sistemas de tratamiento ambiental. Mediante simulaciones, los estudiantes pueden visualizar procesos de depuración en un

entorno seguro, lo cual mejora notablemente la comprensión de los mecanismos involucrados y reduce errores en el diseño de plantas de tratamiento. Esta tecnología permite observar los procesos tanto a nivel molecular como en toda la planta, facilitando el aprendizaje de diversas tecnologías de remediación. Además, el uso de entornos virtuales para el control de emisiones establece un estándar en la formación de ingenieros ambientales al mejorar la comprensión de tecnologías de control de contaminantes y reducir el tiempo necesario para aprender estrategias de mitigación. La visualización en tiempo real de la dispersión de contaminantes y la efectividad de diferentes tecnologías de control permite a los estudiantes interiorizar estos conceptos de manera intuitiva y eficaz.

El uso de simulaciones para procesos de remediación ambiental ha demostrado ser efectivo en la enseñanza práctica, especialmente para técnicas de biorremediación y planificación de intervenciones ambientales. La capacidad de visualizar la evolución de los procesos de remediación, como se observa en la figura 45, facilita el aprendizaje de estrategias de recuperación ambiental. Además, la simulación de tecnologías limpias en realidad virtual representa un avance importante en la educación ambiental, permitiendo a los estudiantes explorar principios de sostenibilidad y evaluar el impacto ambiental en un entorno inmersivo. Instituciones que han desarrollado laboratorios virtuales de ingeniería ambiental han logrado que los estudiantes diseñen y optimicen sistemas de tratamiento de aguas residuales, mejorando su comprensión y reduciendo el tiempo necesario para adquirir competencias en diseño ambiental. Otros centros han implementado sistemas de simulación para estudiar tecnologías limpias, lo que ha facilitado la evaluación de impacto ambiental y la reducción de huella de carbono en los procesos diseñados.

Figura 51. Simulación de un terreno contaminado, para su remediación.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

## Ingeniería en Computación y Software

Akbulut et al. (2018), señalaban que la Ingeniería en Computación y Software estaba experimentando una transformación significativa con la integración de tecnologías de realidad virtual en sus procesos educativos, dado que la realidad virtual ofrece nuevas posibilidades para visualizar y comprender conceptos técnicos que tradicionalmente se han enseñado solo a través de textos y diagramas bidimensionales. Los entornos de realidad virtual proporcionan espacios de aprendizaje donde los estudiantes pueden interactuar con simulaciones de sistemas computacionales y observar procesos de software en tiempo real. Esta aproximación complementa los métodos tradicionales de enseñanza, permitiendo que los conceptos abstractos de la programación y el diseño de sistemas tomen forma en un espacio tridimensional.

### *Desarrollo de simulaciones y entornos de realidad virtual para otras ingenierías*

Para Bügler & Borrmann (2016), la ingeniería en computación desempeña un papel fundamental en el desarrollo de simulaciones y entornos virtuales en distintas disciplinas de la ingeniería, actuando como intermediaria entre las necesidades de cada campo y las soluciones tecnológicas específicas (ver figura 52). Ingenieros en computación han creado marcos de referencia que permiten el desarrollo de entornos virtuales aplicables a la ingeniería civil, los cuales facilitan la visualización y análisis de estructuras complejas, así como la simulación de comportamientos estructurales bajo diversas condiciones de estrés. Esto ha transformado la capacidad de los ingenieros civiles para evaluar y prever el rendimiento de sus diseños antes de la construcción, permitiéndoles realizar ajustes con mayor precisión y reduciendo los riesgos asociados al proceso constructivo. El desarrollo de estas herramientas de simulación no solo mejora la seguridad en proyectos de infraestructura, sino que también optimiza los costos y tiempos de evaluación de estructuras en condiciones controladas, contribuyendo a una mayor eficiencia en la planificación y ejecución de proyectos.

Figura 52. Alumno de software desarrollando una aplicación de realidad virtual.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Como señalaba Shanmuganathan (2017), en la ingeniería mecánica, el desarrollo de simulaciones también ha sido fundamental. Ingenieros en computación han diseñado sistemas de simulación que permiten un análisis detallado de fluidos y la interacción de componentes mecánicos en tiempo real. Estos sistemas facilitan el diseño y optimización de piezas mecánicas, reduciendo la necesidad de prototipos físicos al detectar problemas de diseño de manera temprana y mejorando los procesos de manufactura. En la ingeniería química, la contribución de la computación ha sido igualmente importante, especialmente en la simulación de procesos complejos y reacciones peligrosas en un entorno seguro y controlado. Las simulaciones avanzadas en realidad virtual, que integran modelos matemáticos y algoritmos en tiempo real, permiten a los usuarios interactuar con representaciones virtuales de equipos y procesos, lo cual es crucial para el entrenamiento y experimentación sin riesgos. En el sector aeroespacial, estas simulaciones han mejorado la capacitación mediante la creación de entornos de realidad virtual que replican condiciones de vuelo y operaciones de mantenimiento, combinando datos de sensores con modelos físicos precisos, lo que optimiza el entrenamiento y reduce significativamente los costos operativos.

### *Entrenamiento en ciberseguridad y redes en entornos virtuales*

Park et al. (2017), señalaban que la implementación de los entornos virtuales para el entrenamiento en ciberseguridad había traído cambios considerables a la formación de profesionales en este sector, proporcionando una herramienta invaluable para el aprendizaje y práctica de respuesta a incidentes. Mediante sistemas de realidad virtual, es posible recrear escenarios de ataques cibernéticos en tiempo real como se observa en la figura 53, permitiendo que tanto estudiantes como profesionales experimenten y reaccionen ante amenazas de seguridad sin poner en riesgo sistemas reales.

Figura 53. Entorno virtual para el entrenamiento en ciberseguridad.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Estos entornos mejoran notablemente la capacidad de los participantes para identificar patrones de ataque complejos y reaccionar con rapidez, logrando tiempos de respuesta significativamente más cortos que los obtenidos con métodos de entrenamiento tradicionales. Además, la posibilidad de experimentar en un entorno controlado permite que los participantes refuercen habilidades prácticas esenciales y desarrollen una mejor comprensión de las tácticas de ataque y defensa en un contexto seguro.

La virtualización de infraestructuras de redes complejas en entornos virtuales ha transformado la enseñanza de habilidades de trabajo en red, permitiendo a los estudiantes configurar y administrar redes empresariales dentro de un espacio tridimensional inmersivo (Donelan et al., 2018). Esta metodología facilita el entendimiento de conceptos abstractos, como la propagación de amenazas y el tráfico de red, mediante la visualización en tiempo real, lo que ofrece una experiencia de aprendizaje intuitiva y detallada, superando los métodos convencionales basados en diagramas bidimensionales. Los entornos colaborativos de realidad virtual han demostrado

ser especialmente eficaces en la formación de equipos de respuesta a incidentes, fomentando la coordinación entre sus miembros. La inmersión en escenarios colaborativos permite practicar protocolos de comunicación y desarrollar respuestas integradas ante incidentes de seguridad complejos, aspectos que son difíciles de recrear en los entrenamientos tradicionales. Este enfoque ha resultado en una mayor capacidad de los equipos para enfrentar situaciones reales, mejorando su efectividad en el sector de la ciberseguridad.

### *Desarrollo y pruebas de interfaces de usuario en entornos virtuales*

Para Bowman et al. (2010), el desarrollo y evaluación de interfaces de usuario en entornos virtuales ha cambiado de manera notable en los últimos años, permitiendo a los desarrolladores de software crear y probar interfaces tridimensionales desde las etapas iniciales del ciclo de desarrollo. La realidad virtual ha facilitado la detección de problemas y mejoras en fases tempranas, lo que ha contribuido a reducir costos asociados con el rediseño tardío (Girgin et al., 2023), como se ilustra en la figura 54. Las empresas que han adoptado estas metodologías de prueba en entornos virtuales han experimentado una disminución en el tiempo de desarrollo y un incremento en la satisfacción del usuario final con las interfaces creadas. Este enfoque permite que los diseñadores exploren nuevas maneras de optimizar la experiencia de usuario, ajustando los elementos de la interfaz en tiempo real y en un entorno seguro que simula la interacción en un contexto tridimensional inmersivo.

Figura 54. Casco de realidad virtual con sensores biométricos.



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Para McNamara et al. (2018), la integración de tecnologías avanzadas, como el seguimiento ocular y el análisis de movimiento, ha permitido la evaluación de usabilidad en entornos virtuales. Los sistemas de realidad virtual con sensores biométricos recopilan datos precisos sobre la interacción usuario-interfaz en tiempo real, lo que resulta particularmente útil en aplicaciones críticas donde la eficiencia y precisión son esenciales. Este enfoque permite identificar problemas de usabilidad que en pruebas convencionales podrían pasar desapercibidos. Además, el desarrollo colaborativo de interfaces en espacios virtuales compartidos facilita la interacción y refinamiento de propuestas entre equipos dispersos geográficamente. La posibilidad de trabajar simultáneamente en el diseño y observar en tiempo real los efectos de las modificaciones ha mejorado la calidad de las interfaces y ha reducido los ciclos de iteración en el diseño, promoviendo una colaboración más dinámica entre diseñadores, desarrolladores y usuarios finales.

### *Visualización y análisis de datos mediante realidad virtual*

La visualización de datos en realidad virtual ha transformado el campo de la analítica de datos al permitir a los usuarios sumergirse en representaciones tridimensionales de grandes conjuntos de datos, lo cual facilita la identificación de patrones y correlaciones complejas (Baigabulov & Ipalakova, 2023). Profesionales que emplean entornos de realidad virtual para análisis de datos detectan anomalías y tendencias de manera más rápida y precisa que aquellos que utilizan métodos bidimensionales, especialmente en conjuntos de datos multidimensionales. Esta tecnología ofrece a los analistas una visión detallada de los datos, permitiendo explorar dimensiones adicionales de la información y mejorar la toma de decisiones mediante una representación visual enriquecida que aumenta la comprensión de las relaciones internas de los datos y facilita el descubrimiento de insights ocultos en conjuntos complejos.

Pirch et al. (2021), destacan que la realidad virtual también ha demostrado ser una herramienta útil en el análisis de redes y sistemas complejos. Los entornos virtuales permiten a ingenieros y desarrolladores explorar arquitecturas de red y sistemas distribuidos en un formato tridimensional, lo que resulta esencial para diagnosticar problemas de rendimiento y optimizar configuraciones complejas. La integración de técnicas de machine learning en estos entornos ha abierto nuevas posibilidades para el análisis predictivo. Representaciones visuales de modelos de aprendizaje automático permiten a los científicos de datos interactuar directamente con los procesos de entrenamiento y ajuste de modelos, facilitando la comprensión y detección de sesgos en los datos de entrenamiento. En el monitoreo de sistemas en tiempo real, los centros de operaciones virtuales ofrecen representaciones inmersivas de datos, lo que ha mejorado los tiempos de respuesta a eventos críticos y ha reducido significativamente los errores de diagnóstico en comparación con las herramientas de monitoreo tradicionales.

### *Programación colaborativa y desarrollo de software en espacios virtuales*

La evolución de los entornos de programación colaborativa hacia espacios virtuales ha marcado un cambio significativo en el desarrollo de software como señalan Bani-Salameh & Jeffery (2014). Equipos de desarrollo que emplean entornos de realidad virtual para la programación colaborativa experimentan una mayor eficiencia en la comunicación y un incremento en la productividad general. Esto se debe a que los desarrolladores pueden visualizar y manipular estructuras de código complejas en un espacio tridimensional compartido, lo que facilita una comprensión colectiva de la arquitectura del software y las relaciones entre componentes. Además, la revisión de código en estos entornos virtuales ha mejorado notablemente los procesos de control de calidad en el desarrollo de software (ver figura 55). Las sesiones de revisión en espacios compartidos permiten a los desarrolladores examinar y discutir el código de manera más efectiva que en revisiones tradicionales basadas en texto, mejorando la detección de errores y facilitando la transferencia de conocimiento entre los miembros del equipo, especialmente en proyectos que manejan bases de código amplias y complejas.

Figura 55. Un estudiante analizando una red informática usando realidad virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Para Sarker et al. (2023), la gestión de proyectos de software en espacios virtuales también ha introducido nuevas dimensiones en la coordinación de equipos distribuidos, ya que estos entornos colaborativos permiten una visualización intuitiva del progreso del proyecto y las dependencias entre tareas, facilitando la realización de reuniones ágiles y mejorando la participación del equipo, incluso cuando sus miembros están geográficamente dispersos. En comparación con las herramientas de gestión de proyectos tradicionales, las plataformas de realidad virtual reducen los malentendidos relacionados con los requisitos del proyecto. Además, el desarrollo de software asistido por realidad virtual ha demostrado ser especialmente efectivo en la creación y depuración de aplicaciones complejas. Los desarrolladores pueden visualizar y manipular estructuras de datos y flujos de ejecución en tiempo real, logrando una comprensión más profunda del comportamiento del software, lo cual reduce el tiempo de depuración y mejora la calidad del código, especialmente en sistemas con procesamiento paralelo o arquitecturas distribuidas.

## **Ingeniería Biomédica**

Como destacan Singh et al. (2020), la realidad virtual también puede ser una herramienta fundamental en la formación de ingenieros biomédicos, especialmente en áreas donde la práctica directa con pacientes o equipos médicos costosos resulta limitada o riesgosa. Las aplicaciones educativas de realidad virtual en ingeniería biomédica se han centrado principalmente en la simulación de procedimientos médicos, el estudio de la anatomía humana en tres dimensiones y el entrenamiento en el uso de equipos biomédicos especializados.

Los estudiantes de ingeniería biomédica pueden utilizar entornos virtuales que permiten la exploración detallada de

sistemas fisiológicos y el funcionamiento de dispositivos médicos, desde marcapasos hasta prótesis robotizadas. Estas simulaciones proporcionan un espacio seguro para el aprendizaje práctico, donde los errores no tienen consecuencias en pacientes reales y los equipos pueden ser estudiados sin el riesgo de dañar dispositivos costosos.

### *Realidad virtual en simulación de procedimientos médicos*

La simulación de procedimientos médicos mediante realidad virtual ha introducido mejoras importantes en el campo de la ingeniería biomédica, estableciendo nuevos estándares en la formación y práctica médica (Singh, et al., 2020). Los sistemas de realidad virtual para entrenamiento quirúrgico como el que se muestra en la figura 56, han mostrado una reducción en los errores médicos y una mejora en la precisión de los procedimientos realizados por residentes en formación. Estos entornos permiten a los estudiantes practicar procedimientos complejos de manera repetida sin riesgo para los pacientes, facilitando la adquisición de habilidades críticas en un ambiente seguro y controlado. Esta metodología de entrenamiento fomenta una práctica confiable en técnicas quirúrgicas, permitiendo a los residentes corregir errores y perfeccionar sus habilidades antes de intervenir en situaciones reales, lo cual es fundamental para la seguridad y calidad en la atención médica.

Figura 56. Entrenamiento médico mediante un sistema de realidad virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Para Queisner & Eisenträger (2024), la integración de imágenes médicas en entornos de realidad virtual también ha optimizado la planificación pre-quirúrgica, especialmente en procedimientos complejos. La conversión de imágenes de resonancia magnética y tomografía computarizada en modelos tridimensionales interactivos permite a los cirujanos explorar estructuras anatómicas con mayor precisión antes de la cirugía, lo que optimiza la eficiencia en el quirófano. Los avances en simulación también benefician la formación en procedimientos de emergencia, donde los sistemas de entrenamiento virtual mejoran la capacidad de respuesta de los profesionales bajo presión. Además, la simulación de procedimientos mínimamente invasivos mediante realidad virtual, como la laparoscopia virtual con retroalimentación háptica, ha facilitado el desarrollo de habilidades psicomotoras en los cirujanos, acortando el tiempo necesario para alcanzar competencia quirúrgica. Estos entornos ofrecen métricas detalladas de rendimiento que ayudan a los estudiantes a evaluar y perfeccionar sus habilidades en un ambiente controlado, mejorando la curva de aprendizaje frente a métodos de entrenamiento tradicionales.

### *Entrenamiento en manejo de equipos biomédicos y prótesis*

El entrenamiento en el manejo de equipos biomédicos mediante realidad virtual ha mejorado considerablemente la formación de profesionales en ingeniería biomédica (Hanshans & Faust, 2023). La implementación de sistemas de entrenamiento virtual para equipos médicos complejos como el que se ve en la figura 57, permite reducir el tiempo de capacitación y mejorar la retención de conocimientos en comparación con métodos tradicionales. Estos entornos ofrecen a estudiantes y profesionales la oportunidad de interactuar con simulaciones detalladas de equipos costosos o de difícil acceso, brindando una experiencia de aprendizaje que, de otro modo, sería limitada debido a la disponibilidad o el costo de los equipos reales. Esta modalidad de entrenamiento asegura que los profesionales desarrollen habilidades prácticas de manera segura y eficiente, reforzando sus competencias en el uso de tecnología avanzada sin riesgos.

Figura 57. Entrenamiento en el uso de una prótesis mediante realidad virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Para Phelan et al. (2021), en el manejo y mantenimiento de prótesis biónicas, la realidad virtual se ha convertido en una herramienta valiosa, lo que permite que los ingenieros biomédicos y técnicos protésicos simulen ajustes, calibraciones y tareas de mantenimiento en prótesis avanzadas, mejorando la precisión en la personalización de estos dispositivos y reduciendo el tiempo necesario para resolver problemas técnicos comunes. La inclusión de retroalimentación háptica en estos sistemas ha sido especialmente efectiva, facilitando a los profesionales el desarrollo de la sensibilidad necesaria para manipular instrumentos delicados y equipos de precisión, como los de microcirugía y robótica médica. Además, la simulación de escenarios de emergencia relacionados con el funcionamiento de equipos críticos en entornos virtuales permite preparar a los profesionales para responder adecuadamente ante fallos técnicos. Equipos entrenados con esta tecnología muestran una mejora en los tiempos de respuesta y una mayor tasa de éxito en la resolución de problemas técnicos complejos, asegurando así una respuesta efectiva en situaciones críticas.

### *Diseño y validación de dispositivos médicos mediante realidad virtual*

La implementación de realidad virtual en el diseño de dispositivos médicos ha mejorado significativamente el desarrollo y validación de estos instrumentos críticos (Javaid & Haleem, 2020), brindando la capacidad de crear y manipular prototipos virtuales en las primeras etapas de diseño lo que permite a los ingenieros biomédicos explorar múltiples iteraciones sin los costos y tiempos asociados a la fabricación física. Esta tecnología facilita la identificación temprana de problemas potenciales, optimiza características críticas y reduce tanto los costos de desarrollo como los ciclos de diseño. Al evaluar y ajustar los dispositivos en un

entorno virtual, los ingenieros pueden realizar ajustes precisos antes de producir prototipos físicos, garantizando una mayor eficiencia en el proceso de diseño y minimizando los riesgos de errores en etapas avanzadas.

Para Keefe et al. (2010), el proceso de validación de dispositivos médicos también se beneficia enormemente de la simulación en realidad virtual ya que esta integración permite simular la interacción entre dispositivos médicos y la anatomía humana permite a los equipos de validación identificar problemas de usabilidad y seguridad antes de las pruebas físicas, lo cual mejora la precisión en la evaluación de seguridad y eficacia. La integración de análisis ergonómico en entornos virtuales ha hecho que el diseño de dispositivos médicos se centre más en el usuario, permitiendo evaluar la interacción humano-dispositivo en diversos escenarios simulados. Esto contribuye a la reducción de errores de uso y mejora la satisfacción del usuario final. Además, la colaboración virtual ha transformado el trabajo de equipos multidisciplinarios en el diseño de dispositivos médicos, permitiendo que ingenieros, médicos y otros profesionales participen en tiempo real, independientemente de su ubicación. Los proyectos que emplean estos entornos colaborativos reducen los tiempos de desarrollo e integran retroalimentación clínica de manera más efectiva durante el proceso de diseño.

## **Rehabilitación y terapia física asistida por realidad virtual**

Como señalan Bhise et al. (2024), la implementación de sistemas de realidad virtual en la rehabilitación física ha aportado un enfoque innovador que mejora la adherencia al tratamiento y acelera la recuperación funcional en comparación con métodos tradicionales. Estos sistemas permiten personalizar las terapias en tiempo real, ajustando la dificultad de los ejercicios según el desempeño y

progreso del paciente, lo que optimiza el proceso de rehabilitación y lo adapta a las necesidades individuales de cada usuario. Al brindar una experiencia inmersiva, estos entornos aumentan el compromiso y motivación de los pacientes durante las sesiones de terapia, proporcionando un ambiente estimulante y seguro para practicar movimientos esenciales. Además, en el ámbito de la rehabilitación neurológica, los entornos virtuales han demostrado ser efectivos en la promoción de neuroplasticidad y recuperación motora, especialmente en pacientes con lesiones cerebrales y accidentes cerebrovasculares (ver figura 58).

Figura 58. Rehabilitación mediante realidad virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Por otra parte, Maskeliūnas et al. (2023), señalan que la integración de análisis biomecánico en tiempo real en los sistemas de rehabilitación virtual ha mejorado significativamente la precisión de las intervenciones terapéuticas ya que, al integrar sensores de movimiento y algoritmos avanzados, estos sistemas pueden detectar patrones de movimiento inadecuados y proporcionar retroalimentación inmediata, lo que permite a los pacientes y terapeutas hacer ajustes específicos de forma continua. Esto no

solo acelera el logro de los objetivos terapéuticos, sino que también disminuye la tasa de lesiones relacionadas con el proceso de rehabilitación. Asimismo, el desarrollo de terapias grupales virtuales ha abierto nuevas posibilidades, permitiendo que pacientes con condiciones similares participen en sesiones colectivas sin importar su ubicación geográfica. Este enfoque de rehabilitación grupal no solo mejora los resultados físicos, sino que también brinda beneficios psicológicos al reducir la ansiedad y aumentar la motivación, lo que refuerza la adherencia a los programas de recuperación y promueve una experiencia de rehabilitación más positiva y efectiva.

### *Análisis biomecánico y estudios ergonómicos en entornos virtuales*

El análisis biomecánico en entornos virtuales ha transformado el estudio del movimiento humano, ofreciendo una evaluación precisa y detallada de las variables biomecánicas en tiempo real, ya que como señalan Iskander et al. (2018), con la integración de sistemas de captura de movimiento con realidad virtual se pueden identificar patrones de movimiento que podrían resultar en lesiones, facilitando la optimización de intervenciones terapéuticas y la personalización de tratamientos. Estos sistemas proporcionan a investigadores y terapeutas la capacidad de evaluar los movimientos de los pacientes con un alto nivel de precisión, detectando detalles que pasarían desapercibidos en evaluaciones tradicionales. Al capturar y analizar los movimientos de manera inmersiva, estos entornos virtuales mejoran la comprensión de la biomecánica humana, lo cual es esencial para desarrollar programas de rehabilitación y prevención de lesiones más efectivos.

Para Backstrand et al. (2007), la implementación de estudios ergonómicos en espacios médicos virtuales ha tenido un impacto significativo en el diseño de entornos clínicos, como quirófanos, al

permitir la simulación y evaluación de configuraciones antes de su implementación física. Esta capacidad de probar y ajustar el diseño de espacios médicos en realidad virtual optimiza el flujo de trabajo y reduce el esfuerzo físico del personal médico, mejorando la seguridad y funcionalidad del entorno laboral. El análisis biomecánico virtual también establece nuevos estándares en el diseño de equipos médicos centrados en el usuario, al evaluar la interacción ergonómica entre el usuario y los dispositivos desde diversas perspectivas. Además, la integración de análisis ergonómico predictivo en estos entornos permite prever y mitigar riesgos de lesiones musculoesqueléticas en el personal médico, aplicando medidas preventivas que han demostrado disminuir las lesiones laborales y aumentar la satisfacción del personal respecto a las condiciones ergonómicas en sus lugares de trabajo.

### **Ingeniería Aeroespacial y Automotriz**

Como señalaban Paszkiewicz, et al. (2023), la realidad virtual se ha convertido también en una herramienta útil en el campo de la ingeniería aeroespacial y automotriz, revolucionando los procesos de diseño, prueba y entrenamiento en estas industrias altamente especializadas, su implementación ha permitido una significativa reducción de costos de desarrollo y una mejora en la eficiencia de los procesos de diseño. Esta tecnología posibilita la simulación precisa de condiciones de vuelo y conducción en entornos controlados y seguros, facilitando además la visualización y análisis de datos complejos, el entrenamiento especializado del personal y la optimización de diseños antes de su implementación física. La versatilidad de la realidad virtual se manifiesta en aplicaciones diversas, desde el diseño aerodinámico y la simulación de fluidos hasta el entrenamiento en mantenimiento y la gestión de emergencias, consolidándose como un componente esencial en la evolución tecnológica de estas industrias.

### *Simulaciones de diseño y pruebas de aeronaves y vehículos*

En el sector aeroespacial, la realidad virtual se ha convertido en una herramienta de gran valor en las fases iniciales de diseño y desarrollo, permitiendo reducir el tiempo necesario para llevar conceptos de aeronaves desde su diseño inicial hasta las pruebas en túnel de viento (Pirker, 2022). Esta tecnología facilita a los equipos de ingeniería la visualización y modificación en tiempo real de diseños complejos, mejorando la colaboración interdisciplinaria y permitiendo una identificación temprana de problemas potenciales en el diseño. Gracias a esta capacidad, los equipos pueden realizar ajustes precisos y optimizar el diseño antes de producir prototipos físicos, lo cual no solo ahorra tiempo, sino también costos significativos. Además, la posibilidad de experimentar con diferentes configuraciones y componentes en un entorno virtual seguro facilita el desarrollo de aeronaves más eficientes y reduce los riesgos asociados a los procesos de prueba (ver figura 59).

Figura 59. Diseño de una aeronave mediante realidad virtual

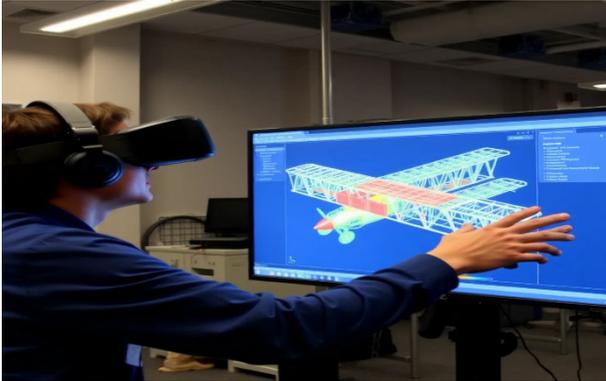


Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Como indicaban Winkler et al. (2022), en la industria automotriz, la realidad virtual se ha consolidado como una herramienta clave para la innovación y el desarrollo de vehículos más seguros y eficientes. Los fabricantes de automóviles que utilizan realidad virtual para pruebas de seguridad y ergonomía han logrado acortar los ciclos de desarrollo y mejorar la precisión en sus evaluaciones de seguridad. La capacidad de simular múltiples escenarios de colisión y condiciones de conducción sin recurrir a prototipos físicos ha cambiado el proceso de desarrollo de vehículos. La integración de realidad virtual con tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y el análisis de datos en tiempo real amplía aún más el potencial de estas aplicaciones. Esta combinación permite simulaciones más precisas y predicciones exactas sobre el comportamiento de los sistemas en condiciones extremas, reduciendo riesgos asociados al desarrollo de nuevos productos en ambas industrias.

La implementación de simulaciones de diseño mediante realidad virtual en el proceso de desarrollo de aeronaves y vehículos permite reducir considerablemente el tiempo de desarrollo de nuevos modelos y disminuir los costos asociados al prototipado físico (Lawson et al., 2016). Estos entornos virtuales permiten a los ingenieros realizar modificaciones en tiempo real, visualizando instantáneamente el impacto de los cambios en el comportamiento aerodinámico y estructural del modelo. Este enfoque ha modificado la manera en que los equipos de ingeniería abordan el diseño de nuevos vehículos, facilitando una iteración más rápida y eficiente de los conceptos y permitiendo optimizar el diseño desde las primeras fases, cuando aún es posible realizar ajustes sin incurrir en altos costos. Gracias a estas herramientas, los equipos de desarrollo pueden experimentar con distintas configuraciones de manera segura y rentable, logrando mejorar la precisión y calidad de los modelos antes de la producción física, y así obtener resultados más ajustados a las especificaciones y necesidades del usuario final como se ve en la figura 60.

Figura 60. Análisis estructural de una aeronave mediante realidad virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Las pruebas virtuales de seguridad y el análisis estructural en entornos virtuales han establecido nuevos estándares en la industria aeroespacial y automotriz, introduciendo avances significativos en precisión y ahorro de recursos (Gomez-Escalonilla et al., 2020). Los sistemas de simulación permiten realizar miles de pruebas de impacto y escenarios de fallo sin destruir prototipos físicos, identificando problemas de seguridad antes de las pruebas físicas, lo cual optimiza tanto la seguridad del producto final como la eficiencia del proceso de desarrollo. La integración de análisis estructural permite evaluar el comportamiento de componentes críticos bajo diferentes condiciones de carga, optimizando el peso y resistencia de las piezas a través de procesos de simulación exhaustiva. Además, las plataformas de prueba virtual para sistemas integrados facilitan la validación de múltiples sistemas de vehículos y aeronaves, detectando problemas de integración de manera temprana y reduciendo significativamente el tiempo de certificación, especialmente en sistemas autónomos y de asistencia al conductor o piloto, lo que aporta valor a la innovación en seguridad.

### *Laboratorios virtuales para aerodinámica y dinámica de fluidos*

Para Bane et al. (2024), los laboratorios virtuales han generado un cambio importante en el estudio de la aerodinámica y la dinámica de fluidos en la ingeniería aeroespacial y automotriz, con la implementación de túneles de viento virtuales que permiten realizar análisis aerodinámicos detallados, logrando una precisión comparable a las instalaciones físicas, pero con una considerable reducción en los costos operativos. Además, los entornos virtuales aumentan la cantidad de pruebas posibles al eliminar las limitaciones físicas y temporales de los laboratorios tradicionales. Estos entornos facilitan la visualización en tiempo real de fenómenos de flujo complejos, lo cual proporciona a los ingenieros y diseñadores una comprensión más profunda de la dinámica de fluidos, ya que pueden observar patrones de flujo y turbulencias que serían difíciles de detectar en instalaciones físicas convencionales. Este enfoque ha permitido optimizar diseños de manera más rápida y efectiva, beneficiando el desarrollo de componentes aerodinámicos avanzados en ambas industrias.

La integración de simulación computacional de fluidos con realidad virtual ha mejorado el proceso de análisis aerodinámico de manera significativa (Badías et al., 2019), lo que permite que los ingenieros pueden interactuar de forma inmersiva con las simulaciones de flujo, ajustando parámetros en tiempo real y observando inmediatamente los cambios en el comportamiento del fluido. Esta capacidad de interacción directa ha reducido el tiempo necesario para optimizar la aerodinámica de componentes como alas de aeronaves y carrocerías de vehículos, mejorando la precisión en las predicciones de rendimiento. Además, los avances en la visualización de datos tridimensionales en realidad virtual han establecido nuevos estándares en el análisis aerodinámico, permitiendo a los ingenieros identificar y resolver problemas con mayor rapidez. La implementación

de laboratorios virtuales colaborativos ha transformado también la educación e investigación en aerodinámica, permitiendo que estudiantes e investigadores de distintas ubicaciones trabajen en experimentos complejos simultáneamente. Esto no solo democratiza el acceso a herramientas avanzadas, sino que también mejora la calidad educativa en ingeniería aeroespacial, elevando la comprensión y retención de conceptos complejos entre los estudiantes.

### *Entrenamiento en mantenimiento y ensamblaje de componentes aeroespaciales*

Para Trabysh et al. (2021), la implementación de la realidad virtual en el entrenamiento de mantenimiento aeroespacial ha supuesto un avance significativo respecto a los métodos tradicionales de capacitación, mejorando tanto la eficiencia como la efectividad de la formación, brindando sistemas de entrenamiento en entornos virtuales que permiten reducir los tiempos de aprendizaje y aumentar la retención de conocimientos, al facilitar a los técnicos la oportunidad de practicar procedimientos complejos en componentes críticos sin riesgo alguno. Esta tecnología facilita que los aprendices repitan las operaciones tantas veces como sea necesario hasta dominar cada procedimiento, lo que es fundamental para minimizar errores y asegurar el cumplimiento de estándares en el mantenimiento aeroespacial. Además, la posibilidad de practicar en un entorno seguro como se observa en la figura 61, permite a los técnicos enfrentarse a escenarios variados y adquirir habilidades prácticas antes de trabajar con los equipos reales, reduciendo costos asociados al uso de componentes físicos y maximizando la seguridad.

Figura 61. Ensamble de componentes usando realidad virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Para Niedermayr & Wolfartsberger (2021), la simulación de procedimientos de ensamblaje en entornos virtuales, con el apoyo de retroalimentación háptica, ha transformado la formación técnica especializada, ya que esta tecnología permite desarrollar las habilidades motoras finas y la memoria muscular necesarias para manipular componentes complejos, sin la necesidad de recurrir al uso de materiales costosos. Esta modalidad ha demostrado reducir significativamente los errores de ensamblaje y aumentar la velocidad de ejecución en procedimientos complejos, optimizando así la precisión en la práctica profesional. Por otro lado, el diagnóstico de fallas en entornos virtuales ha elevado los estándares de capacitación técnica, ya que permite recrear escenarios de falla difíciles de reproducir en equipos reales, mejorando la precisión en la identificación y resolución de problemas en sistemas críticos. Finalmente, el entrenamiento colaborativo en entornos virtuales facilita el aprendizaje en equipo y la transmisión de conocimiento especializado, permitiendo que instructores y aprendices trabajen en procedimientos complejos sin importar su ubicación, lo que optimiza la eficiencia y asegura una mayor tasa de éxito en la ejecución de procedimientos tras el entrenamiento.

### *Simulación de sistemas de control y navegación*

Como señalanban Lawson et al. (2026), la simulación de sistemas de control y navegación mediante realidad virtual ha introducido mejoras en el desarrollo y validación de sistemas aeroespaciales y automotrices (ver figura 62) proporcionando beneficios que incluyen la reducción de tiempos de prueba y la detección temprana de posibles anomalías en los sistemas. Al permitir probar algoritmos de control bajo condiciones extremas y escenarios de fallo que serían difíciles de recrear físicamente, esta tecnología facilita una validación más completa de sistemas críticos para la seguridad. Esto ayuda a los ingenieros a realizar pruebas detalladas, lo cual puede reducir ciertos costos y riesgos asociados con las pruebas físicas, aunque el impacto exacto varía según la aplicación y el contexto. Además, la capacidad de simular entornos complejos permite optimizar el proceso de diseño y garantizar que los sistemas estén mejor preparados para enfrentar condiciones adversas o imprevistas en el mundo real. Aunque estas herramientas no eliminan por completo la necesidad de pruebas físicas, complementan el proceso de validación y pueden mejorar la eficiencia del ciclo de desarrollo al detectar problemas desde las primeras etapas, antes de que el producto pase a fases de producción y pruebas físicas finales.

Figura 62. Visualización de un sistema de control mediante realidad virtual



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

El uso de realidad virtual en el desarrollo de interfaces de control ha brindado herramientas útiles en el diseño de cabinas y sistemas de control vehicular, permitiendo optimizar la ergonomía y usabilidad de los controles antes de la implementación física (Shubin et al, 2024). La posibilidad de crear y evaluar prototipos de interfaces de usuario en entornos virtuales permite a los equipos realizar múltiples iteraciones de diseño basadas en retroalimentación en tiempo real, lo que puede contribuir a reducir errores operativos y crear sistemas más intuitivos para el usuario final. Además, en el ámbito de la navegación autónoma, la simulación virtual facilita el entrenamiento y validación de algoritmos, permitiendo realizar millones de kilómetros de recorrido virtual en una fracción del tiempo y costo que requerirían las pruebas físicas. Esto ha acelerado el proceso de desarrollo de vehículos autónomos, mejorando su capacidad para manejar situaciones imprevistas. Asimismo, para Pushpabala (2024), los sistemas de control adaptativo desarrollados en entornos virtuales han mostrado, en ciertos casos, mejoras en eficiencia energética y desempeño en condiciones extremas, estableciendo una base para futuros estándares en diseño y prueba de sistemas avanzados de control y navegación autónoma.

### *Diseño y optimización de interiores y ergonomía*

Como señalaba Moerland-Masic et al. (2021), el uso de realidad virtual en el diseño y optimización de interiores aeroespaciales y automotrices ha cambiado significativamente el proceso de desarrollo de cabinas y espacios de usuario. La implementación de herramientas de diseño virtual ha logrado reducir los ciclos de desarrollo de interiores, al mismo tiempo que aumenta la satisfacción del usuario final. Estos sistemas permiten evaluar múltiples configuraciones de diseño desde etapas tempranas, facilitando la identificación y resolución de problemas ergonómicos antes de construir prototipos

físicos, lo cual se traduce en una notable reducción de costos y tiempo en el desarrollo. Al visualizar y ajustar los interiores en un entorno virtual, los diseñadores pueden optimizar el espacio, garantizar la accesibilidad y crear una experiencia más cómoda y funcional, lo que es crucial tanto para la industria automotriz como para la aeroespacial. Esta capacidad de realizar ajustes previos evita retrabajos costosos y permite llegar a una versión final mucho más acorde con las expectativas de usabilidad y ergonomía de los usuarios.

La evaluación ergonómica mediante realidad virtual ha introducido mejoras notables en el diseño centrado en el usuario Manghisi et al. (2022), derivado del hecho de que los sistemas de análisis ergonómico virtual actuales permiten evaluar el confort y la usabilidad de los espacios interiores para diferentes percentiles antropométricos simultáneamente. Este enfoque ha generado importantes mejoras en la comodidad reportada por los usuarios y ha reducido considerablemente la fatiga en usos prolongados, especialmente en cabinas de aeronaves y vehículos de largo recorrido. La integración de análisis de factores humanos en entornos virtuales establece nuevos estándares en el diseño de interfaces piloto-máquina, permitiendo a los diseñadores evaluar la interacción en condiciones dinámicas y situaciones de estrés o emergencia como se observa en la figura 63.

Figura 63. Evaluación de la interacción entre usuarios y controles



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

Las herramientas de simulación virtual han demostrado reducir los errores operativos y mejorar los tiempos de respuesta en situaciones críticas, gracias a la optimización iterativa que permite realizar pruebas y ajustes repetidos de manera segura y sin necesidad de realizar pruebas físicas costosas. Además, como señalaban Cooper et al. (2021), los entornos colaborativos virtuales han facilitado el trabajo multidisciplinario, permitiendo que diseñadores, ingenieros y expertos en factores humanos optimicen los interiores desde cualquier ubicación, lo que acelera el proceso de diseño y mejora la calidad de las decisiones, reduciendo la necesidad de modificaciones en fases posteriores del desarrollo.

### *Simulación de escenarios de emergencia y gestión de crisis*

Para Paszkiewicz et al. (2023), la implementación de simulaciones de emergencia mediante realidad virtual ha mejorado significativamente el entrenamiento en seguridad en los sectores aeroespacial y automotriz, proporcionando un enfoque avanzado para preparar al personal en situaciones críticas. Los sistemas de entrenamiento virtual permiten simular escenarios de crisis complejos, que serían imposibles o extremadamente costosos de recrear en el mundo real, como fallos catastróficos de sistemas o emergencias en condiciones meteorológicas adversas. Estos entornos de práctica han demostrado ser efectivos para mejorar la rapidez y precisión de la respuesta del personal ante emergencias como se muestra en la figura 64, reduciendo el tiempo de reacción y facilitando un entrenamiento exhaustivo y seguro. La capacidad de repetir múltiples escenarios permite que los aprendices adquieran experiencia en un rango más amplio de situaciones posibles, lo que optimiza la preparación y fortalece la confianza en la toma de decisiones bajo presión.

Figura 64. Uso de la realidad virtual para el manejo de una emergencia



Fuente: imagen generada con inteligencia artificial

La simulación colaborativa para la gestión de crisis ha sido igualmente innovadora en el desarrollo de protocolos de respuesta ante emergencias, logrando que los entornos virtuales permitan que equipos completos de respuesta puedan entrenar juntos, sin importar su ubicación geográfica, facilitando la coordinación en situaciones críticas y mejorando la comunicación entre los equipos involucrados (Cohen et al., 2013). Los equipos que han utilizado estos sistemas muestran una mayor efectividad en la coordinación y una notable reducción de errores de comunicación durante emergencias reales, especialmente en situaciones que requieren la colaboración de múltiples equipos de respuesta. La integración de simulaciones que analizan factores humanos y comportamientos bajo estrés ha aportado un enfoque multidimensional al entrenamiento en emergencias, evaluando respuestas psicológicas y fisiológicas. Esta metodología ha generado una mejora significativa en la resistencia al estrés y ha reducido los errores inducidos por pánico en situaciones reales, estableciendo así nuevos estándares en la preparación para situaciones críticas y optimizando la efectividad general de los protocolos de emergencia.



## **Capítulo 4**

---

La Realidad Virtual en la Enseñanza de la Ingeniería

## **Efectos Cognitivos y Emocionales en el Aprendizaje**

Melatti y Johnsen (2017), destacan que los efectos cognitivos y emocionales en el aprendizaje mediado por realidad virtual son clave para comprender el potencial transformador de esta tecnología en educación. La inmersión multisensorial de los entornos virtuales genera una intersección entre cognición y emoción, influyendo en cómo los estudiantes adquieren, procesan y aplican conocimientos. La investigación sugiere que la realidad virtual, más allá de una herramienta visual avanzada, actúa como un catalizador que modifica procesos mentales y emocionales, potenciando el rendimiento cognitivo y el involucramiento. Esta convergencia tiene importantes implicaciones en el diseño de experiencias educativas, al ofrecer un entorno que promueve un aprendizaje contextualizado y emocionalmente enriquecido.

### *Influencia de la Realidad Virtual en los Procesos Cognitivos*

La realidad virtual potencia el aprendizaje mediante su influencia en procesos cognitivos fundamentales como la atención, la memoria y la comprensión (Albus et al., 2019). La inmersión y el sentido de presencia, elementos distintivos de esta tecnología, constituyen factores determinantes que posibilitan la concentración sostenida del estudiante en el entorno virtual, minimizando las distracciones externas. Este estado de inmersión facilita la focalización plena en las actividades y contenidos virtuales, aspecto particularmente significativo en el abordaje de conceptos complejos en ingeniería. La interactividad inherente a la realidad virtual propicia una experiencia donde la manipulación directa de objetos y conceptos favorece la retención de información.

La capacidad de la realidad virtual para reducir la carga cognitiva extrínseca representa otro elemento crucial en su impacto

sobre los procesos cognitivos. Mientras que en entornos tradicionales el aprendizaje de temas complejos puede generar una sobrecarga que desvía la atención de los conceptos esenciales, el entorno tridimensional de la realidad virtual proporciona una comprensión más intuitiva mediante la interacción directa. Esta reducción de la carga cognitiva permite a los estudiantes orientar sus recursos mentales hacia una comprensión más profunda de la materia, trascendiendo la simple memorización.

La implementación de la realidad virtual en contextos educativos potencia la memoria de trabajo y la comprensión conceptual, facilitando la visualización y manipulación de conceptos abstractos de manera práctica. Esta modalidad de aprendizaje resulta particularmente valiosa en el campo de la ingeniería, donde la aplicación de conceptos abstractos en entornos prácticos es fundamental. La realidad virtual no solo consolida la retención de información, sino que también propicia la aplicación efectiva del conocimiento, elemento esencial para el desarrollo de competencias profesionales en ingeniería.

### *Evaluación de los Efectos Emocionales en el Aprendizaje*

La realidad virtual ejerce una influencia importante en los aspectos emocionales del aprendizaje, al crear ambientes educativos que estimulan la motivación y el compromiso de los estudiantes (Fowler, 2015). La riqueza visual y la interactividad de esta tecnología fomentan el desarrollo de la motivación intrínseca, despertando la curiosidad natural y generando satisfacción en el proceso de aprendizaje. Estos elementos son esenciales no solo para la adquisición inicial de conocimientos, sino también para su retención a largo plazo, estableciendo bases sólidas para un aprendizaje sostenido y significativo. La capacidad de la realidad virtual para involucrar a

los estudiantes en experiencias activas y sensoriales crea un contexto propicio para el aprendizaje profundo, ayudando a los estudiantes a establecer conexiones duraderas con el contenido académico que pueden perdurar más allá del aula y facilitar la comprensión de conceptos complejos.

Un aspecto fundamental de la realidad virtual es su capacidad para reducir las respuestas emocionales negativas que a menudo dificultan el aprendizaje, como la ansiedad y el temor al fracaso. Al proporcionar un entorno controlado y seguro, esta tecnología permite a los estudiantes enfrentarse a desafíos sin experimentar niveles excesivos de inseguridad, lo cual es especialmente útil en disciplinas técnicas y científicas donde la complejidad de los temas puede generar aprensión cuando se aborda con métodos convencionales. Para Quesnel et al. (2018), la experiencia inmersiva en realidad virtual facilita la generación de emociones positivas, como el asombro y la fascinación, que actúan como catalizadores para un aprendizaje más profundo y significativo. Este vínculo emocional es particularmente relevante en campos como la ingeniería, donde la abstracción de muchos conceptos requiere de una base experiencial para su internalización. La sinergia entre la conexión emocional y el alto sentido de presencia característico de los entornos virtuales fortalece tanto la comprensión conceptual como la capacidad de aplicar los conocimientos en contextos prácticos, superando las limitaciones de los enfoques centrados en la memorización y promoviendo una competencia integral en la transferencia de conocimiento.

## **Motivación en Entornos de Realidad Virtual**

Las emociones son un factor esencial en los procesos cognitivos y en el aprendizaje significativo, particularmente en disciplinas complejas como la ingeniería (Mega et al., 2014). La relación entre

estados emocionales y la adquisición de conocimientos técnicos cobra especial relevancia en entornos de realidad virtual, donde la inmersión sensorial genera respuestas afectivas que influyen en la experiencia educativa. Esta interacción entre emoción y cognición permite una comprensión más profunda de cómo los estudiantes procesan y asimilan la información en ambientes virtuales. En estos entornos, la combinación de estímulos visuales y la capacidad de interacción en tiempo real fomenta el compromiso y la motivación intrínseca de los estudiantes. La naturaleza inmersiva de la realidad virtual no solo prolonga los períodos de concentración, sino que también facilita una comprensión intuitiva de conceptos complejos, estableciendo un ambiente ideal para el aprendizaje profundo y sostenido.

Para Baxter & Hainey (2020), un aspecto clave de la realidad virtual en educación es su capacidad para incrementar la satisfacción de los estudiantes durante el desarrollo de actividades académicas. Los entornos virtuales ofrecen un alto grado de personalización, permitiendo a cada estudiante explorar el contenido según su propio ritmo y nivel de comprensión. Esta adaptabilidad es especialmente beneficiosa para aquellos que requieren más tiempo de exploración o repetición en la asimilación de conceptos complejos, promoviendo una actitud más positiva hacia el aprendizaje. La realidad virtual también fortalece la confianza de los estudiantes, al crear espacios seguros para la experimentación y el aprendizaje (Makransky & Petersen, 2019). Al eliminar las posibles consecuencias negativas que podrían surgir en entornos físicos, esta tecnología facilita un aprendizaje activo, permitiendo a los estudiantes desarrollar habilidades y competencias en un ambiente controlado. La sinergia entre el componente emocional y la experiencia inmersiva favorece el desarrollo de competencias técnicas y profesionales, lo que fortalece la capacidad de los estudiantes para aplicar conocimientos en situaciones prácticas y, en última instancia, traduce la confianza

adquirida en la práctica virtual en mayor competencia y seguridad al enfrentar desafíos reales en el campo de la ingeniería.

### *Compromiso y Participación en Entornos Inmersivos*

Para Slater y Sánchez-Vives (2016), la realidad virtual va más allá de su rol como herramienta motivacional, generando un intenso sentido de presencia en los entornos educativos digitales. Esta inmersión, definida por la percepción de habitar genuinamente el espacio virtual, actúa como un catalizador para la participación activa del estudiante en su proceso formativo. La experiencia inmersiva en realidad virtual incrementa significativamente el involucramiento conductual de los estudiantes, manifestándose en mayores índices de participación y una actitud proactiva hacia las actividades académicas, lo que permite superar las limitaciones de las metodologías de enseñanza tradicionales. Este sentido de presencia no solo motiva a los estudiantes a participar más activamente, sino que les permite conectarse emocionalmente con el contenido de estudio, aumentando así la profundidad de su aprendizaje y su capacidad para retener conceptos complejos.

Como señalan Nie et al. (2023), la integración multisensorial que caracteriza a la realidad virtual—incluyendo estímulos visuales, auditivos y kinestésicos—fortalece el vínculo afectivo con el contenido educativo. Esta combinación de estímulos resulta especialmente útil en disciplinas que exigen concentración prolongada y práctica intensiva, como las ingenierías, donde la complejidad conceptual requiere métodos de aprendizaje más intuitivos y experienciales. Los entornos inmersivos ofrecen un espacio seguro para la exploración y experimentación, permitiendo a los estudiantes abordar conceptos difíciles sin las inhibiciones relacionadas con el miedo a cometer errores. Además, en el ámbito de la colaboración, los entornos

virtuales promueven un aprendizaje social efectivo, donde la resolución conjunta de problemas y la simulación de proyectos fomentan interacciones grupales significativas (Churchill et al., 2012). Estos espacios virtuales no solo facilitan la transmisión de conocimientos, sino que también desarrollan competencias de comunicación y colaboración, esenciales en la práctica profesional. Así, la convergencia de inmersión sensorial, experimentación segura y colaboración establece un ecosistema de aprendizaje integral, que no solo mejora la comprensión de conocimientos técnicos, sino que también cultiva habilidades socioemocionales fundamentales para el desarrollo profesional en ingeniería y otras disciplinas técnicas.

### **Adaptabilidad y Personalización del Aprendizaje**

La realidad virtual facilita una experiencia educativa altamente personalizada, adaptando el contenido y el ritmo de aprendizaje a las necesidades y preferencias individuales de cada estudiante. Esta capacidad de ajuste es particularmente beneficiosa en campos técnicos como la ingeniería, donde el desarrollo de habilidades requiere no solo práctica continua, sino también un entorno seguro que permita a los estudiantes aprender sin riesgos. La realidad virtual permite a los estudiantes abordar competencias técnicas específicas a su propio ritmo, repitiendo actividades en un entorno controlado que simula situaciones reales. Al ajustar las experiencias según el nivel de habilidad y progresión de cada usuario, esta tecnología asegura un aprendizaje gradual y efectivo, promoviendo tanto la comprensión profunda de conceptos complejos como la confianza en la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos.

### *Posibilidades de Personalización en realidad virtual*

Hace algunos años De Troyer et al. (2010), señalaban que la realidad virtual podía introducir un enfoque de personalización dinámica del aprendizaje al adaptar continuamente los contenidos y niveles de dificultad en función del progreso individual del estudiante. Los sistemas adaptativos, empleando tecnologías avanzadas de seguimiento como el rastreo ocular y la detección de movimientos, ajustan la experiencia educativa en tiempo real, garantizando que el material se alinee de manera óptima con el nivel de competencia y el estilo de aprendizaje de cada alumno. Esta capacidad de adaptación previene tanto la sobrecarga cognitiva como la desmotivación al mantener un equilibrio adecuado entre el desafío y las capacidades individuales. Así, los estudiantes se enfrentan a retos ajustados a su ritmo, lo que maximiza su compromiso y facilita una progresión sostenida en su proceso de aprendizaje.

La versatilidad de la realidad virtual permite una personalización multidimensional que va más allá de la simple adaptación de contenidos, extendiéndose a las modalidades de presentación y estrategias pedagógicas (Merchant et al., 2014). Esta flexibilidad permite responder eficazmente a diversos estilos de aprendizaje: los estudiantes con preferencia kinestésica pueden sumergirse en simulaciones interactivas orientadas a la práctica, mientras que aquellos con afinidad visual pueden beneficiarse de representaciones gráficas avanzadas que complementen la comprensión teórica. La capacidad de ajustar dinámicamente estos parámetros resulta especialmente valiosa en disciplinas técnicas como la ingeniería, donde la complejidad de los conceptos exige enfoques pedagógicos variados. La convergencia entre la adaptabilidad tecnológica y la diversidad de estilos de aprendizaje establece un entorno educativo en el que se maximiza el potencial de cada estudiante. Esta personalización avanzada no solo optimiza la efectividad

del aprendizaje, sino que también promueve la autonomía y la autorregulación en la adquisición de conocimientos.

### *Adaptaciones en Ingeniería*

Los entornos de realidad virtual en ingeniería sobresalen por su capacidad de ajustar dinámicamente la complejidad de las actividades prácticas, desde simulaciones de diseño hasta procesos de construcción, en función del nivel de competencia de cada estudiante (Wang et al., 2018). Este enfoque permite un aprendizaje escalonado en el que los principiantes pueden centrarse en fundamentos básicos, mientras que los estudiantes avanzados se enfrentan a escenarios técnicamente más complejos. La implementación de esta metodología resulta particularmente eficaz en áreas como la simulación de procesos de manufactura, donde la manipulación precisa de variables técnicas crea experiencias de aprendizaje altamente personalizadas, optimizando el desarrollo de competencias específicas y fomentando una progresión adecuada en el dominio de habilidades técnicas. La posibilidad de adaptar las simulaciones en función del progreso y la habilidad de cada estudiante permite una experiencia de aprendizaje más centrada en las necesidades individuales, beneficiando tanto la retención como la aplicación práctica del conocimiento en escenarios del mundo real.

Para Marchisio et al. (2018), la capacidad adaptativa de los sistemas de realidad virtual también abarca el ámbito de la evaluación formativa, incorporando mecanismos de retroalimentación en tiempo real que enriquecen el proceso de aprendizaje. Esta funcionalidad permite un análisis instantáneo del desempeño, con lo cual es posible identificar y corregir errores de inmediato a través de orientaciones específicas y personalizadas. La integración de estas capacidades analíticas en las simulaciones técnicas no solo acelera el aprendizaje,

sino que también refuerza la retención de conocimientos prácticos mediante un ciclo continuo de práctica y retroalimentación. La convergencia entre la adaptabilidad técnica y la retroalimentación inmediata establece un paradigma educativo que incrementa notablemente la eficacia del aprendizaje en ingeniería, permitiendo no solo la adquisición progresiva de habilidades, sino también una comprensión más profunda de los principios fundamentales de la disciplina. Los sistemas de realidad virtual proporcionan una experiencia de aprendizaje personalizada con retroalimentación contextualizada, lo que representa un avance significativo en la formación de ingenieros y facilita una comprensión más intuitiva y práctica de conceptos técnicos complejos.

### **Impacto en el Aprendizaje Colaborativo y Habilidades Interpersonales**

Según Billinghamurst et al. (2015), la realidad virtual desempeña un rol transformador en la formación de ingenieros al crear entornos colaborativos que superan las limitaciones físicas y temporales del trabajo en equipo tradicional. Estos espacios virtuales permiten a los estudiantes desarrollar habilidades interpersonales y competencias colaborativas, como la comunicación efectiva y la cooperación, fundamentales en el entorno laboral actual. La realidad virtual integra tecnología inmersiva con aprendizaje social, estableciendo nuevos paradigmas en cómo los estudiantes interactúan, comparten conocimientos y desarrollan proyectos conjuntos. En educación superior, los entornos colaborativos virtuales ofrecen herramientas avanzadas para visualización, manipulación de objetos y comunicación multimodal, facilitando la colaboración en proyectos complejos. Este enfoque promueve la comprensión compartida de conceptos técnicos complejos y prepara a los estudiantes de ingeniería para enfrentar los desafíos profesionales con un enfoque cooperativo e innovador.

### *Desarrollo de Habilidades de Trabajo en Equipo en realidad virtual*

Para van der Meer et al. (2023), la realidad virtual está estableciendo un nuevo paradigma en el aprendizaje colaborativo, creando entornos digitales que potencian el desarrollo de habilidades esenciales para el trabajo en equipo en ingeniería. Estos espacios virtuales permiten a los estudiantes interactuar a través de avatares personalizados y participar en proyectos complejos de resolución de problemas, superando las limitaciones físicas tradicionales. La naturaleza inmersiva de estas interacciones facilita una comunicación efectiva y una comprensión profunda entre los participantes, replicando las dinámicas colaborativas que caracterizan el ejercicio profesional en ingeniería. Además, los entornos colaborativos en realidad virtual se adaptan a diversos niveles de complejidad en proyectos grupales, lo que permite una progresión gradual en el desarrollo de competencias interpersonales y técnicas. Esta flexibilidad resulta particularmente valiosa en actividades técnicas como el diseño estructural o la planificación de proyectos de construcción, donde la coordinación efectiva y la colaboración en tiempo real son elementos críticos para el éxito del proyecto.

Los autores Gurian et al. (2023), destacan que la implementación de realidad virtual en contextos colaborativos va más allá de la simple facilitación de interacciones remotas, estableciendo un ecosistema digital que promueve la construcción activa de conocimiento compartido. Los estudiantes no solo intercambian información, sino que colaboran en la manipulación de modelos tridimensionales, la resolución conjunta de problemas técnicos y la toma de decisiones coordinada. Esta dimensión práctica del aprendizaje colaborativo fortalece tanto las competencias técnicas individuales como las habilidades de comunicación y negociación necesarias en equipos

multidisciplinarios. Además, el impacto de la realidad virtual en el desarrollo de habilidades interpersonales abarca aspectos fundamentales como la construcción de confianza mutua y cohesión grupal. La inmersión compartida en estos entornos virtuales contribuye al desarrollo de una identidad colectiva y un propósito común, aspectos esenciales para la formación integral de profesionales en ingeniería, al prepararlos para los desafíos colaborativos que enfrentarán en su ejercicio profesional.

### *Prácticas Colaborativas en Entornos de realidad virtual*

Bower et al. (2017), destacaban que las prácticas colaborativas en entornos de realidad virtual establecen un marco para el desarrollo simultáneo de competencias técnicas e interpersonales, permitiendo a los estudiantes participar en simulaciones y ejercicios prácticos de manera conjunta. La virtualización de estas experiencias compartidas facilita la ejecución de tareas complejas, como la simulación de procesos industriales o el diseño de sistemas, en un entorno que minimiza riesgos y maximiza las oportunidades de aprendizaje. Este paradigma de colaboración virtual potencia significativamente las capacidades de resolución de problemas y toma de decisiones grupales, lo cual es esencial en proyectos de ingeniería donde la precisión y el consenso colectivo son críticos. Al interactuar en espacios virtuales seguros, los estudiantes pueden explorar diferentes estrategias y aprender de sus errores sin las consecuencias que existirían en un entorno físico, lo que fomenta la creatividad y permite una mayor experimentación en el desarrollo de soluciones innovadoras. Estas experiencias también contribuyen a una comprensión más profunda de las dinámicas de grupo, fortaleciendo habilidades clave como la comunicación y la coordinación entre pares.

La dimensión colaborativa de la realidad virtual trasciende el aprendizaje individual al crear espacios donde los estudiantes pueden observar, analizar y aprender de los diversos enfoques y metodologías de sus pares (Paulsen et al., 2024). Este proceso de aprendizaje compartido no solo fortalece la comprensión de conceptos técnicos, sino que también cultiva una disposición receptiva hacia la retroalimentación y la adaptación, competencias esenciales en la práctica moderna de la ingeniería. La interacción sostenida en estos entornos virtuales fomenta el desarrollo de una mentalidad cooperativa, preparando a los futuros profesionales para desempeñarse eficazmente en contextos laborales multiculturales y multidisciplinarios. La convergencia entre tecnología inmersiva y aprendizaje colaborativo establece un ecosistema educativo que replica fielmente las dinámicas de trabajo de la industria contemporánea. Los estudiantes no solo adquieren conocimientos técnicos, sino que también desarrollan habilidades críticas de comunicación, negociación y trabajo en equipo mediante experiencias prácticas significativas. Esta integración de competencias técnicas y sociales en entornos virtuales colaborativos representa un avance relevante en la formación de ingenieros, preparándolos de manera efectiva para los desafíos complejos de su ejercicio profesional.

## **Desarrollo de Habilidades Prácticas y Técnicas**

Stuchlíková et al. (2017), mencionaban que la realidad virtual se presenta como una herramienta de alto potencial en la formación práctica de ingenieros, permitiendo la simulación de entornos complejos que replican con precisión los desafíos del mundo real. Esta tecnología facilita un aprendizaje seguro y controlado, en el que los estudiantes pueden practicar procedimientos técnicos, experimentar con enfoques variados y cometer errores sin sufrir las consecuencias de un entorno físico, lo que optimiza su aprendizaje

y preparación profesional. Los entornos virtuales van más allá de la simulación convencional, ofreciendo un espacio de aprendizaje donde los estudiantes pueden iterar, perfeccionar sus habilidades prácticas y adquirir competencias técnicas con un nivel de detalle y precisión sin precedentes. Este enfoque no solo transforma los métodos tradicionales de formación, sino que también fortalece la transferencia de conocimientos prácticos, preparando a los futuros ingenieros para los desafíos de su profesión. La combinación de inmersión sensorial y práctica técnica maximiza la asimilación de competencias clave, necesarias para un desempeño eficaz en diversos campos de la ingeniería.

### *Impacto de la Realidad Virtual en el Desarrollo de Habilidades Técnicas*

Para Soliman et al. (2021), la realidad virtual ha emergido como una herramienta transformadora en el desarrollo de competencias técnicas para estudiantes de ingeniería y ciencias aplicadas, estableciendo nuevos paradigmas en la formación práctica profesional. La virtualización de entornos técnicos permite a los estudiantes interactuar con sistemas complejos, desarrollar diseños avanzados y experimentar con procesos industriales en un contexto seguro que elimina los riesgos y limita los costos inherentes a la práctica en entornos físicos. La posibilidad de generar ambientes estandarizados y reproducibles resulta especialmente valiosa en disciplinas como la ingeniería mecánica y la robótica, donde la precisión y la repetición sistemática son esenciales para el dominio de habilidades específicas. Estos entornos ofrecen una alternativa práctica que refuerza la formación en habilidades técnicas fundamentales, lo cual facilita el desarrollo de competencias profesionales con una efectividad que sería difícil de alcanzar en prácticas convencionales.

Este enfoque educativo potencia significativamente el rendimiento estudiantil mediante la implementación de un modelo de aprendizaje constructivista, donde el conocimiento se construye a través de la experiencia directa y la experimentación activa. La naturaleza inmersiva de la realidad virtual promueve un aprendizaje dinámico y centrado en el estudiante, optimizando la utilización de recursos y minimizando los márgenes de error durante las sesiones prácticas (Hernández-Rodríguez & Guillén-Yparrea, 2024). Esta optimización es particularmente beneficiosa en áreas como los procesos de fabricación y el diseño industrial, donde la precisión técnica y la eficiencia operativa son críticas. La integración de la realidad virtual en los programas de formación técnica ha demostrado incrementos sustanciales en la eficiencia del aprendizaje, reflejados tanto en la mejor gestión de recursos como en una reducción significativa de errores durante la ejecución de tareas complejas. Este impacto positivo se traduce en una mejora considerable del desempeño estudiantil, superando los resultados obtenidos mediante métodos tradicionales de enseñanza y estableciendo un nuevo estándar en la formación técnica profesional.

### *Fortalecimiento de Habilidades Prácticas mediante Simulaciones Inmersivas*

La capacidad de la realidad virtual para crear entornos inmersivos de alta fidelidad proporciona un marco excepcional para la práctica de procedimientos complejos en condiciones que replican con precisión escenarios profesionales reales (Savir et al., 2023). Esta característica es particularmente valiosa en disciplinas como la ingeniería eléctrica y civil, donde los errores en la práctica tradicional pueden implicar graves consecuencias económicas y de seguridad. La virtualización de estas experiencias permite a los estudiantes realizar operaciones técnicas específicas, como la instalación de sistemas

eléctricos o el diseño estructural, en un entorno seguro que elimina riesgos físicos sin perder la autenticidad de la experiencia formativa. Al poder practicar en un espacio controlado, los estudiantes pueden enfocarse en adquirir habilidades críticas sin las limitaciones y costos asociados a la práctica en el mundo físico, optimizando así su preparación para el ejercicio profesional.

Los autores Ruiz-Cantisani et al. (2020), mencionan que el aprendizaje activo facilitado por la realidad virtual va más allá de la observación, involucrando a los estudiantes en la ejecución directa de tareas prácticas que consolidan sus competencias técnicas. Esta metodología fomenta una comprensión más profunda de los procesos y habilidades fundamentales en ingeniería, permitiendo la práctica iterativa de procedimientos que fortalecen tanto la confianza como la capacidad de respuesta ante situaciones profesionales reales. La incorporación de simulaciones inmersivas en el proceso formativo ha demostrado aumentar considerablemente tanto la retención de conocimientos como el desarrollo de destrezas manuales específicas, debido a la aplicación práctica de conceptos abstractos en escenarios que reproducen fielmente las condiciones operativas. Además, la convergencia entre la inmersión sensorial y la práctica técnica establece un ecosistema de aprendizaje flexible y adaptativo, que permite la experimentación sistemática y el ajuste de la complejidad de las experiencias prácticas según el nivel de competencia de cada estudiante. La posibilidad de recibir retroalimentación inmediata refuerza este marco pedagógico, optimizando el desarrollo de habilidades técnicas esenciales y facilitando un aprendizaje que responde eficazmente a las demandas del ejercicio profesional.

### *Aplicaciones de la realidad virtual en la Seguridad y Prevención de Riesgos*

Para Velosa et al. (2018), la implementación de la realidad virtual en la formación sobre seguridad y prevención de riesgos industriales representa un avance significativo en la preparación de profesionales competentes para manejar situaciones críticas. La capacidad de esta tecnología para simular escenarios de alto riesgo permite a los estudiantes desarrollar competencias esenciales en respuesta a emergencias sin exponerse a peligros reales durante el aprendizaje. En disciplinas como la ingeniería industrial y la construcción, los entornos virtuales posibilitan un entrenamiento sistemático en protocolos de seguridad, procedimientos de emergencia y estrategias de prevención de accidentes, abarcando desde simulaciones de desastres naturales hasta evacuaciones y control de incendios. La posibilidad de recrear múltiples situaciones de riesgo en un entorno controlado asegura que los estudiantes adquieran una preparación exhaustiva para enfrentar los desafíos de sus futuros entornos profesionales.

La formación en seguridad mediante realidad virtual fortalece la autoeficacia y confianza de los estudiantes en el manejo de situaciones críticas, esenciales para reducir accidentes y mejorar la seguridad laboral (Scorgie et al., 2024). Esta tecnología permite prácticas en tiempo real ante eventos peligrosos, maximizando el aprendizaje mientras minimiza los riesgos del entrenamiento tradicional. La virtualización de experiencias de alto riesgo facilita la repetición sistemática de procedimientos críticos, promoviendo la internalización de protocolos de seguridad y la automatización de respuestas adecuadas ante emergencias. Además, los escenarios adaptables en intensidad y complejidad según el nivel del estudiante optimizan el desarrollo de habilidades específicas y la toma de decisiones bajo presión. Este enfoque establece un estándar formativo

que prepara a los ingenieros para una práctica profesional más segura y eficiente, reforzando su capacidad para actuar con precisión y rapidez en entornos industriales de alto riesgo, donde la preparación adecuada puede marcar la diferencia entre la seguridad y el peligro.



## **Capítulo 5**

---

Implementación de Programas Educativos con Realidad Virtual

## **Diseño Curricular y Planificación de Cursos con Realidad Virtual**

Como señalan Dailey-Hebert et al. (2021), la integración de la realidad virtual en la educación superior va más allá de la simple adopción de una nueva tecnología, implicando una transformación profunda en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En el contexto de la formación en ingeniería, el diseño curricular enfrenta el reto y la oportunidad de incorporar experiencias inmersivas que potencien el aprendizaje práctico y conceptual. Para lograrlo, es esencial desarrollar metodologías y estrategias específicas que permitan que la realidad virtual se convierta en un recurso pedagógico central y no solo en un complemento tecnológico. Esto implica no solo adaptar contenidos preexistentes, sino también concebir nuevas formas de interacción y aprendizaje, donde las experiencias virtuales ofrezcan un entorno seguro y controlado para desarrollar competencias clave. A través de esta integración, la realidad virtual permite a los estudiantes de ingeniería una formación más profunda y efectiva, facilitando el dominio de habilidades prácticas que son fundamentales en su futuro profesional.

### *Identificación de Objetivos y Contenidos*

Desde hace ya más de dos décadas Salzman et al. (1999), sugerían que el diseño curricular que va a incorporar a la realidad virtual comience con la identificación de objetivos de aprendizaje que puedan potenciarse mediante entornos inmersivos, aprovechando la capacidad de esta tecnología para mejorar la comprensión de conceptos complejos o abstractos. La visualización tridimensional y la interacción directa con el contenido transforman el proceso de aprendizaje, permitiendo que los estudiantes comprendan y apliquen conocimientos de manera más profunda. Estos objetivos

deben estructurarse de forma precisa y cuantificable, facilitando la evaluación de las competencias adquiridas mediante ejercicios prácticos y simulaciones que promuevan un aprendizaje activo y participativo. Además, la realidad virtual permite una evaluación continua y en tiempo real del desempeño, lo cual optimiza el desarrollo y seguimiento del progreso de los estudiantes en áreas específicas de su formación.

La selección de contenidos requiere un análisis detallado para identificar aquellas áreas donde la inmersión y la interactividad aportan un valor educativo significativo. En el contexto de la ingeniería, esta tecnología destaca en la simulación de procesos industriales, el análisis de diseños estructurales y las prácticas de laboratorio, donde la experiencia virtual puede complementar o incluso sustituir el aprendizaje tradicional. Este proceso de selección debe considerar la pertinencia pedagógica de la realidad virtual, evitando su implementación en áreas donde las metodologías convencionales podrían resultar más efectivas y prácticas (Salnyk et al., 2023). La integración de la realidad virtual en el currículo debe, además, fomentar el desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad creativa como elementos clave para un aprendizaje profundo, brindando a los estudiantes un entorno seguro y controlado para experimentar y resolver problemas que reflejen condiciones reales, lo cual fortalece significativamente la comprensión de conceptos y su aplicación en escenarios complejos.

### *Metodologías Activas para el Aprendizaje con realidad virtual*

La incorporación de metodologías activas es esencial para maximizar el impacto educativo de la realidad virtual en el aula (Souza et al., 2024). El aprendizaje basado en problemas y los estudios de caso, cuando se integran en entornos virtuales, ofrecen a los

estudiantes la posibilidad de experimentar diferentes enfoques en un ambiente seguro y controlado. Esta convergencia entre metodología y tecnología resulta particularmente eficaz en campos como la ingeniería, donde el trabajo colaborativo permite abordar problemas complejos mientras se desarrollan competencias profesionales clave. Los estudiantes pueden trabajar en equipo para resolver casos que simulan situaciones reales, lo cual amplifica la relevancia práctica de sus aprendizajes y fomenta habilidades de análisis y toma de decisiones en un contexto colaborativo. La interacción en un entorno virtual no solo incrementa la motivación y el compromiso de los estudiantes, sino que también facilita la adquisición de conocimientos aplicados, que son cruciales para su futuro desempeño profesional.

La evaluación del aprendizaje en entornos virtuales requiere un enfoque innovador que combine métodos tradicionales con métricas propias de entornos inmersivos. Para Bharathi & Tucker (2015), los sistemas de realidad virtual permiten un seguimiento detallado del desempeño del estudiante, midiendo elementos como el tiempo de resolución, la precisión en la ejecución de tareas y los patrones de toma de decisiones. Esta recopilación de datos analíticos proporciona una evaluación más integral y profunda del proceso de aprendizaje, permitiendo a los educadores identificar áreas de mejora y personalizar las estrategias pedagógicas de acuerdo con las necesidades específicas de cada estudiante. La posibilidad de ajustar el nivel de dificultad de los ejercicios en tiempo real, en función del progreso del alumno, transforma el proceso de enseñanza, optimizando la adquisición de competencias de manera más efectiva y adaptada.

### *Secuenciación de Contenidos y Evaluación Formativa*

La secuenciación de contenidos en entornos de realidad virtual requiere una estructuración metódica para garantizar un

desarrollo progresivo del aprendizaje (Chen, 2009). La organización modular del curso permite establecer una trayectoria pedagógica que evoluciona desde fundamentos básicos hasta aplicaciones complejas, construyendo cada etapa sobre los conocimientos previamente adquiridos. Este enfoque escalonado optimiza la integración de la realidad virtual como herramienta complementaria, asegurando que los estudiantes desarrollen una base conceptual sólida antes de enfrentarse a desafíos avanzados. La progresión gradual facilita que los estudiantes dominen primero los conceptos fundamentales, lo que aumenta su confianza y mejora su rendimiento en tareas de mayor complejidad, generando una experiencia de aprendizaje más coherente y efectiva.

La evaluación formativa se convierte en un componente crucial en los entornos de aprendizaje virtual, permitiendo la medición continua del progreso estudiantil y facilitando ajustes pedagógicos inmediatos. La incorporación de herramientas interactivas de evaluación, como cuestionarios dinámicos y ejercicios exploratorios, ayuda a los docentes a identificar las necesidades específicas de cada estudiante de manera oportuna (Çekiç & Bakla, 2021). Esta personalización en el proceso educativo optimiza la experiencia de aprendizaje y refuerza la motivación y el compromiso del estudiante hacia su desarrollo académico. Además, el análisis de datos generados durante estas evaluaciones en entornos virtuales proporciona una perspectiva valiosa sobre el desempeño estudiantil, permitiendo a los docentes identificar tendencias y áreas de oportunidad. Este enfoque de retroalimentación sistemática establece un ciclo de mejora continua, optimizando tanto la efectividad del programa educativo como el desarrollo de competencias técnicas en los estudiantes.

## Capacitación y Desarrollo Profesional del Personal Docente

Para Huang et al. (2021), la implementación de la realidad virtual en educación exige una transformación profunda en las competencias del profesorado, que va más allá de la capacitación técnica. Además de dominar las herramientas virtuales, los docentes deben desarrollar habilidades pedagógicas, metodológicas y en diseño instruccional para maximizar el impacto de esta tecnología en la enseñanza superior. La formación continua del personal académico se convierte en un componente esencial para las instituciones educativas comprometidas con la realidad virtual en programas de ingeniería, ya que requiere mantenerse al día con nuevas tecnologías y aplicaciones. Este enfoque fomenta la adopción de paradigmas educativos innovadores que posibilitan la creación de experiencias de aprendizaje inmersivas y significativas, preparando a los estudiantes de manera más efectiva para los desafíos profesionales en contextos técnicos y complejos.

### *Formación Técnica en Herramientas de realidad virtual*

La formación del profesorado en tecnología de realidad virtual comienza con una capacitación técnica esencial que abarca el dominio de equipos especializados y software de simulación (Huang et al., 2021). Este entrenamiento inicial resulta crucial para asegurar que los docentes adquieran las competencias necesarias en el manejo de visores, controladores y plataformas de simulación específicas. Desarrollar estas habilidades técnicas fortalece la confianza del profesorado en el uso de la tecnología, lo cual se refleja directamente en la calidad de la experiencia educativa que pueden brindar a sus estudiantes. Al estar familiarizados con los equipos, los docentes pueden integrar la realidad virtual de manera efectiva en sus clases,

logrando una participación activa del alumnado y mejorando la interacción en entornos inmersivos. Esta confianza técnica permite una experiencia educativa más fluida y centrada en el aprendizaje, potenciando así los beneficios de la realidad virtual en el aula.

La preparación docente debe incorporar estrategias efectivas para resolver problemas técnicos que puedan surgir durante las sesiones de clase, asegurando la continuidad del proceso educativo. Esta capacidad de respuesta resulta particularmente crítica en entornos de enseñanza inmersiva, donde la fluidez de la experiencia depende directamente de la habilidad del instructor para mantener los sistemas funcionando. Hace algunos años Johnson et al. (1998), la experimentación en entornos virtuales controlados constituye otro componente esencial en la formación, pues estos espacios de práctica permiten al profesorado explorar diversas aplicaciones y metodologías pedagógicas, adaptándolas a los objetivos específicos de sus asignaturas. Esta práctica gradual facilita el desarrollo de competencias técnicas y pedagógicas, permitiendo que los docentes diseñen estrategias efectivas para implementar la realidad virtual en sus áreas de especialización y ofrecer experiencias educativas inmersivas y relevantes.

### *Actualización Pedagógica en Metodologías Inmersivas*

Para Keskitalo (2011), la actualización pedagógica del profesorado en entornos de realidad virtual va más allá de la formación técnica, enfocándose en la integración de metodologías inmersivas que transforman el proceso de enseñanza-aprendizaje. Las estrategias de aprendizaje activo, como el aprendizaje basado en problemas y la simulación de casos prácticos, adquieren una nueva dimensión en estos entornos al permitir una interacción directa y dinámica con el material educativo. Esta aproximación

metodológica facilita la visualización de conceptos abstractos y permite la experimentación en escenarios complejos, lo cual potencia el desarrollo de habilidades fundamentales como la resolución de problemas y el pensamiento crítico. Estas competencias son esenciales en la formación de profesionales en áreas técnicas y científicas, al tiempo que proporcionan a los estudiantes la oportunidad de explorar y comprender fenómenos que serían difíciles de observar en un entorno de aprendizaje tradicional. La realidad virtual, por lo tanto, no solo enriquece la comprensión teórica, sino que también fortalece el aprendizaje práctico en disciplinas especializadas.

Para Seufert et al. (2022), la gestión efectiva del aula virtual requiere competencias específicas adaptadas a la naturaleza inmersiva del entorno educativo, como habilidades de moderación digital y la capacidad para crear espacios de aprendizaje inclusivos y participativos. Los docentes deben adquirir destrezas particulares para coordinar experiencias de aprendizaje colaborativo en espacios virtuales, donde la dinámica de interacción difiere notablemente de los entornos tradicionales. La realidad virtual exige nuevas estrategias para mantener el compromiso y la motivación de los estudiantes, promoviendo la participación activa y el trabajo en equipo a través de proyectos colaborativos en entornos inmersivos. Este enfoque pedagógico fomenta el desarrollo de competencias sociales y profesionales, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo laboral en sus futuras carreras. La implementación exitosa de estrategias en entornos virtuales se basa en el análisis de casos prácticos diseñados para estos espacios, lo cual permite a los docentes adaptar eficazmente sus metodologías a las necesidades de sus disciplinas y estudiantes.

### *Asesoría Continua y Soporte Institucional*

El desarrollo profesional en tecnología de realidad virtual debe concebirse como un proceso continuo que va más allá de la capacitación inicial, requiriendo un marco de apoyo institucional sólido para garantizar la actualización constante de las competencias docentes. Este proceso de mejora permanente requiere una estructura organizacional que facilite el acceso a recursos pedagógicos especializados, soporte técnico de calidad y oportunidades de desarrollo adaptadas a necesidades emergentes. La rápida evolución de la tecnología inmersiva demanda que las instituciones implementen estrategias flexibles y dinámicas, asegurando que los docentes mantengan sus prácticas pedagógicas alineadas con las innovaciones tecnológicas y las expectativas educativas actuales. La provisión de recursos para la actualización continua se convierte en un pilar fundamental para que las instituciones puedan responder efectivamente a los cambios y desafíos asociados con la realidad virtual en el ámbito educativo (Mora et al., 2024).

La consolidación de comunidades de práctica se presenta como un elemento esencial en esta estructura de soporte institucional, creando espacios colaborativos donde los docentes pueden intercambiar experiencias, resolver desafíos comunes y construir conocimiento de manera colectiva. Estas redes profesionales no solo facilitan la resolución de problemas específicos, sino que también promueven la innovación pedagógica mediante el intercambio de mejores prácticas y la experimentación colaborativa. La sinergia en estos espacios fortalece la capacidad institucional para implementar programas educativos efectivos que incorporen la realidad virtual, fomentando una cultura de aprendizaje continuo y una mejora constante en la práctica docente. El compromiso institucional debe reflejarse en la provisión de plataformas de capacitación avanzadas, certificaciones especializadas y acceso a tecnologías emergentes,

facilitando a los docentes la especialización en aplicaciones de tecnología inmersiva dentro de sus disciplinas (Osypova et al., 2020).

### *Infraestructura y Requerimientos Técnicos*

Para Soliman et al. (2021), en el campo de la educación en ingeniería, la implementación efectiva de programas educativos basados en realidad virtual requiere una cuidadosa consideración de los aspectos técnicos y la infraestructura necesaria. Desde las especificaciones mínimas de hardware y software hasta la configuración de espacios físicos adecuados, analizaremos los elementos críticos que garantizan una experiencia educativa inmersiva y efectiva. La planificación detallada de estos aspectos técnicos no solo asegura el funcionamiento óptimo de las aplicaciones de realidad virtual, sino que también facilita la adopción de esta tecnología por parte de instituciones educativas y maximiza su potencial pedagógico en la formación de futuros ingenieros.

### *Equipamiento de realidad virtual y Compatibilidad Tecnológica*

Para Chen (2009), la implementación efectiva de programas educativos en realidad virtual requiere una infraestructura tecnológica integral que incluya diversos componentes especializados. El núcleo de esta infraestructura lo constituyen visores de alta calidad y estaciones de trabajo con capacidades robustas de procesamiento, ambos fundamentales para garantizar experiencias inmersivas óptimas. La reciente evolución tecnológica ha introducido dispositivos independientes más accesibles y versátiles, ampliando las opciones para instituciones educativas según sus recursos y objetivos específicos. Sin embargo, las aplicaciones más exigentes, especialmente en campos como la ingeniería y las ciencias, requieren un enfoque

particular en la potencia gráfica y de procesamiento para asegurar la fluidez y el realismo en simulaciones complejas. La planificación cuidadosa de esta infraestructura permite a las instituciones brindar una experiencia educativa inmersiva de alta calidad, optimizando el impacto de la realidad virtual en el aprendizaje.

La selección estratégica del software y la compatibilidad tecnológica son factores clave en la implementación exitosa de entornos educativos virtuales (Roberts, 2008). La interoperabilidad entre plataformas y sistemas operativos se convierte en un requisito indispensable, facilitando un acceso flexible y la adaptabilidad a distintas necesidades disciplinares. Las instituciones que adoptan soluciones tecnológicas versátiles y multiplataforma pueden establecer programas educativos más sostenibles y efectivos, logrando un retorno de inversión optimizado en infraestructura inmersiva. Esta aproximación integral a la compatibilidad tecnológica no solo mejora la implementación inicial, sino que también facilita la escalabilidad y evolución futura de los programas educativos.

### *Espacios Físicos Adecuados para la realidad virtual*

Como señalan Checa et al. (2020), la configuración del espacio físico es un aspecto fundamental en la implementación de programas educativos basados en realidad virtual, ya que la disposición de áreas libres de obstáculos es crucial para la seguridad y efectividad de las experiencias inmersivas. Esta disposición permite a los estudiantes moverse e interactuar de manera natural dentro del entorno virtual, evitando riesgos asociados a colisiones o caídas. Las instituciones educativas están adoptando enfoques variados en la habilitación de estos espacios, desde laboratorios especializados permanentes hasta soluciones móviles modulares que optimizan el uso de recursos mediante sistemas flexibles de distribución. La adaptabilidad en la configuración espacial maximiza el aprovechamiento de la infraestructura existente y asegura que las experiencias inmersivas sean accesibles en diferentes contextos educativos. Esto permite a

las instituciones ajustar la disponibilidad de estos espacios según la demanda y las necesidades específicas de cada disciplina.

La gestión de la seguridad en entornos de realidad virtual requiere un enfoque integral que abarque tanto el diseño como la operación de estos espacios (Chauhan & Sachdeva, 2024). La implementación de protocolos de seguridad específicos, incluyendo elementos de protección pasiva y señalización intuitiva, es fundamental para prevenir incidentes durante las sesiones inmersivas. Adicionalmente, la infraestructura de conectividad debe estar diseñada para soportar una alta densidad de dispositivos, con redes Wi-Fi robustas capaces de mantener la continuidad y calidad de las experiencias virtuales. Esta combinación de seguridad física y capacidad tecnológica crea un entorno educativo seguro y efectivo, optimizando la protección de los usuarios y mejorando la efectividad de las experiencias inmersivas de aprendizaje.

#### *Mantenimiento y Actualización de Equipos*

La gestión del mantenimiento de la infraestructura de realidad virtual en entornos educativos exige un enfoque sistemático y multidimensional que asegure la continuidad y calidad de las experiencias inmersivas (Van Damme et al., 2020). Este proceso abarca tanto la preservación física de los dispositivos como la actualización continua de sistemas operativos y aplicaciones, lo cual demanda la implementación de protocolos rigurosos de monitoreo y mantenimiento preventivo. La presencia de personal técnico especializado es esencial para la detección temprana y la resolución eficiente de problemas potenciales, minimizando interrupciones en el proceso educativo y maximizando el aprovechamiento de los recursos tecnológicos. Estos profesionales no solo son responsables de supervisar el estado de los equipos, sino también de proporcionar el soporte necesario para mantener el flujo de actividades en el aula, fortaleciendo así la calidad de la experiencia educativa.

Como señalan Cadar & Hosek (2012), la gestión de actualizaciones de software es un componente crítico en la estrategia de mantenimiento, requiriendo un balance entre la incorporación de nuevas funcionalidades y la estabilidad operativa del sistema educativo. La evolución constante de las tecnologías inmersivas exige un monitoreo atento de las actualizaciones disponibles y una evaluación rigurosa de su impacto en el ecosistema existente. Este proceso debe considerar la compatibilidad técnica y la preservación de la continuidad pedagógica en el entorno virtual, asegurando que las mejoras tecnológicas no interfieran con los objetivos de aprendizaje. Asimismo, el establecimiento de programas de mantenimiento preventivo optimiza la vida útil de los equipos y reduce los costos operativos a largo plazo, permitiendo la anticipación de fallos a través de revisiones programadas y protocolos de diagnóstico regular.

## **Modelos de Financiamiento y Sustentabilidad**

La implementación exitosa de programas educativos basados en realidad virtual requiere una planificación financiera estratégica que garantice no solo la adquisición inicial de la infraestructura necesaria, sino también su sostenibilidad a largo plazo (Salnyk et al., 2023). El desarrollo de modelos de financiamiento robustos emerge como un factor crítico para las instituciones educativas que buscan integrar tecnologías inmersivas en sus programas académicos, especialmente en campos como la ingeniería, donde la inversión en equipamiento especializado y software representa un desafío significativo.

La sustentabilidad financiera de estos programas demanda un enfoque multidimensional que contemple diversas fuentes de financiamiento, estrategias de optimización de recursos y mecanismos de recuperación de inversión. En esta sección, exploraremos los diferentes modelos y estrategias que las instituciones pueden

implementar para asegurar la viabilidad económica de sus iniciativas de realidad virtual, incluyendo esquemas de financiamiento tradicionales y alternativos, alianzas estratégicas con la industria, y mecanismos de generación de ingresos que permitan mantener y expandir estos programas educativos innovadores a través del tiempo.

### *Colaboración con la Industria y Patrocinadores*

Para Hernández-Chávez et al. (2021), el establecimiento de alianzas estratégicas con empresas tecnológicas y entidades privadas se posiciona como un pilar esencial para la sostenibilidad de los programas educativos basados en realidad virtual. Estas colaboraciones van más allá de la simple donación de equipos, abarcando una gama de recursos que incluye software especializado, soporte técnico continuo y servicios de capacitación para el personal docente y administrativo. Las corporaciones tecnológicas, al reconocer el impacto de estas asociaciones, encuentran en ellas una oportunidad para contribuir al desarrollo educativo, al tiempo que fortalecen su compromiso con la responsabilidad social corporativa y consolidan su vínculo con la formación de futuros profesionales. La provisión de infraestructura y recursos por parte de las empresas tecnológicas no solo potencia la implementación de tecnología avanzada en las instituciones educativas, sino que también fomenta un enfoque práctico y actualizado en la enseñanza, preparando a los estudiantes para los retos del mercado laboral.

Para asegurar la sostenibilidad de estas colaboraciones, es fundamental que las alianzas contemplen no solo la adquisición inicial de infraestructura, sino también el desarrollo de capacidades a largo plazo. La provisión de licencias de software mediante esquemas colaborativos permite a las instituciones acceder a plataformas de última generación con una inversión inicial reducida, mientras

que los programas de capacitación y soporte técnico contribuyen a optimizar el uso de estos recursos tecnológicos. El éxito de estas iniciativas requiere la creación de marcos de colaboración equilibrados que definan claramente los objetivos, roles y beneficios para todas las partes involucradas. Este enfoque estructurado permite a las instituciones educativas mantener la vigencia tecnológica de sus programas de realidad virtual, además de crear ecosistemas de innovación que favorecen tanto a la comunidad académica como al sector empresarial.

### *Subvenciones y Fondos Gubernamentales*

Las subvenciones y fondos gubernamentales representan una fuente esencial de financiamiento para el desarrollo de programas educativos que incorporen la realidad virtual como herramienta de aprendizaje (Alali & Li, 2024). Diversos niveles de gobierno, desde el federal hasta el local, han implementado programas específicos dirigidos a promover la innovación tecnológica en educación, reconociendo el potencial transformador de las tecnologías inmersivas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos mecanismos de financiamiento, generalmente organizados mediante convocatorias competitivas, exigen que las instituciones educativas presenten propuestas detalladas que no solo demuestren la viabilidad técnica, sino también el impacto pedagógico de sus iniciativas. Para maximizar sus posibilidades de éxito, las instituciones deben construir propuestas que articulen claramente la relevancia de los programas, los resultados esperados en el aprendizaje y los recursos necesarios para su implementación.

La administración eficaz de los recursos obtenidos a través de subvenciones requiere un enfoque estratégico que garantice tanto la optimización de la inversión inicial como la sostenibilidad del programa a largo plazo. La planificación cuidadosa en la adquisición de equipos, el desarrollo de contenidos educativos y la infraestructura

debe enfocarse en cubrir las necesidades actuales y prever el crecimiento futuro del programa. Además, la gestión de estos fondos debe incluir la evaluación de impacto para monitorear la efectividad de la implementación de la realidad virtual en el currículo académico. La sostenibilidad a largo plazo de estas iniciativas depende de la capacidad de la institución para establecer ciclos de financiamiento continuo que permitan la actualización tecnológica y la expansión del programa. La combinación de la renovación de subvenciones con la búsqueda de nuevas oportunidades de financiamiento permite a las instituciones mantener su infraestructura actualizada y garantizar la relevancia y efectividad de sus programas educativos en un contexto de avance tecnológico constante.

### *Modelos de Financiamiento Sostenible*

La diversificación de fuentes de ingreso es un elemento crucial en el diseño de modelos de financiamiento sostenibles para programas educativos basados en realidad virtual. Las instituciones educativas están implementando estrategias innovadoras que van más allá de las fuentes tradicionales de financiamiento, estableciendo modelos híbridos que integran la monetización de servicios especializados. Estas iniciativas incluyen el alquiler de equipos, la oferta de programas extracurriculares y el desarrollo de cursos para el sector empresarial. Esta aproximación permite asegurar la sostenibilidad financiera y mantener la infraestructura tecnológica actualizada, generando ingresos constantes sin depender exclusivamente de subvenciones o financiamientos puntuales. Para O'Connor (2015), con esta diversificación, las instituciones pueden desarrollar una base económica sólida que favorece el crecimiento continuo de los programas de realidad virtual, asegurando el desarrollo de competencias técnicas en la comunidad educativa.

El establecimiento de programas de membresía constituye una estrategia complementaria que fortalece la base financiera de estas iniciativas. Este modelo, con distintos niveles de membresía adaptados a diversas necesidades, no solo genera ingresos constantes, sino que también fomenta una comunidad de usuarios comprometidos. La membresía maximiza el uso de la infraestructura tecnológica mientras proporciona un ingreso predecible y estable. Al desarrollar estructuras tarifarias que equilibran accesibilidad educativa y sostenibilidad financiera, las instituciones aseguran la viabilidad económica de los programas de realidad virtual, promoviendo el acceso a tecnologías avanzadas.

## **Desafíos Éticos y de Accesibilidad**

Como señalan Begum et al. (2024), la implementación de programas educativos con realidad virtual en la enseñanza de ingeniería plantea importantes consideraciones éticas y de accesibilidad que no pueden ignorarse. Si bien esta tecnología ofrece oportunidades sin precedentes para mejorar el aprendizaje, también presenta desafíos significativos en términos de equidad y acceso. La brecha digital existente entre diferentes grupos socioeconómicos podría ampliarse si no se manejan adecuadamente estos aspectos. Además, surgen preocupaciones sobre la privacidad de los datos de los estudiantes, los efectos potenciales en la salud por el uso prolongado de dispositivos VR, y la necesidad de garantizar que los contenidos sean culturalmente sensibles e inclusivos. Es fundamental abordar estos retos de manera proactiva, desarrollando políticas y prácticas que aseguren que la implementación de la realidad virtual en la educación de ingeniería beneficie a todos los estudiantes por igual, independientemente de sus circunstancias personales o económicas.

### *Privacidad y Seguridad de los Datos*

La gestión de la privacidad y seguridad de datos es un desafío crítico en la implementación de tecnologías de realidad virtual en entornos educativos (Gulhane et al., 2019). La naturaleza inmersiva de estas plataformas implica la recopilación de información sensible sobre los usuarios, como patrones de movimiento, seguimiento ocular y comportamientos de interacción. Aunque estos datos pueden ofrecer valiosas perspectivas pedagógicas, también plantean preocupaciones significativas sobre la privacidad estudiantil, requiriendo la implementación de protocolos rigurosos para el manejo ético de la información. Las instituciones educativas deben establecer políticas claras y detalladas que regulen la recopilación, almacenamiento y utilización de estos datos, asegurando que se usen exclusivamente para fines educativos legítimos y con el consentimiento informado de los usuarios.

La constante evolución de las tecnologías inmersivas amplifica los desafíos en seguridad y protección de datos. La recopilación de datos biométricos y comportamentales demanda un marco regulatorio robusto, así como la adopción de medidas avanzadas de seguridad, como sistemas de cifrado, controles de acceso estrictos y auditorías regulares. La colaboración entre instituciones educativas y proveedores tecnológicos es esencial para desarrollar estándares de seguridad y prácticas éticas que protejan la privacidad. Además, los programas de concientización para la comunidad educativa sobre la ética y las mejores prácticas en el uso de tecnologías inmersivas refuerzan la responsabilidad compartida de proteger la privacidad en el entorno académico.

### *Efectos Psicológicos y Bienestar de los Estudiantes*

Como destacan Litvinova et al. (2022), la integración de tecnologías de realidad virtual en entornos educativos requiere una cuidadosa consideración del impacto en el bienestar psicológico de los estudiantes. La inmersión profunda que ofrece esta tecnología, capaz de crear experiencias altamente realistas, influye en las respuestas emocionales y cognitivas de los usuarios, generando efectos psicológicos tangibles a partir de escenarios simulados. Aunque estas experiencias inmersivas presentan beneficios significativos para el aprendizaje experiencial, también exigen una gestión responsable para evitar efectos negativos como la fatiga mental, desorientación o agotamiento emocional. Para maximizar el potencial educativo de la realidad virtual sin comprometer el bienestar de los estudiantes, es fundamental establecer protocolos que incluyan límites de tiempo de exposición y períodos de descanso, así como capacitar a los docentes para reconocer signos tempranos de incomodidad en sus alumnos.

La “ilusión de embodiment,<sup>11</sup>” o la percepción de presencia corporal en el entorno virtual, se convierte en un factor crítico en la experiencia de realidad virtual (Gall et al., 2021). Esta capacidad para provocar respuestas emocionales auténticas en escenarios simulados brinda una oportunidad educativa notable, pero también plantea desafíos éticos considerables. La intensidad de las experiencias inmersivas hace necesario un marco de implementación que priorice la seguridad y bienestar psicológico de los estudiantes. Los docentes y diseñadores deben desarrollar contenidos que evalúen cuidadosamente el impacto emocional de estas experiencias, implementando mecanismos de retroalimentación continua que

---

11 La “ilusión de embodiment” o “ilusión de corporización” es un fenómeno psicológico donde una persona siente que un cuerpo o parte del cuerpo artificial (como una prótesis, avatar virtual o miembro artificial) es parte de su propio cuerpo.

permitan ajustar las actividades según las respuestas observadas en los usuarios. Este enfoque adaptativo no solo preserva el valor educativo de la realidad virtual, sino que también asegura una experiencia segura y psicológicamente beneficiosa para todos los estudiantes involucrados.

### *Accesibilidad para Estudiantes con Necesidades Especiales*

Desde hace dos décadas Bricken, (1991), la implementación equitativa de tecnologías de realidad virtual en entornos educativos enfrenta retos importantes en cuanto a accesibilidad universal. A pesar de los avances recientes, persisten barreras significativas para estudiantes con discapacidades físicas o limitaciones económicas. Si bien se han desarrollado herramientas y dispositivos adaptativos, la disponibilidad y el elevado costo de estas soluciones especializadas siguen siendo obstáculos para la inclusión efectiva. En este sentido, las instituciones educativas deben formular estrategias de financiamiento y apoyo que aseguren el acceso equitativo a las tecnologías inmersivas, promoviendo programas que faciliten la adquisición y el mantenimiento de estos dispositivos accesibles para toda la comunidad educativa.

El diseño universal en los entornos de realidad virtual surge como una necesidad fundamental para proporcionar experiencias educativas inclusivas (Ciasullo, 2018). La incorporación de características de accesibilidad, tales como interfaces adaptativas, controles personalizables y sistemas de retroalimentación multimodal, debe ser un componente esencial en el desarrollo de contenidos educativos inmersivos. Este enfoque de diseño accesible no solo beneficia a estudiantes con necesidades específicas, sino que también enriquece la experiencia de aprendizaje para todos los usuarios. La creación de un entorno inclusivo fomenta un espacio de aprendizaje donde cada estudiante, independientemente de sus

capacidades, pueda participar plenamente y beneficiarse de las ventajas de la realidad virtual.

## Conclusiones

El presente libro que es el resultado de varios proyectos de investigación ha demostrado el potencial transformador de la realidad virtual como herramienta pedagógica en la formación de los futuros ingenieros. A través del análisis sistemático de sus fundamentos teóricos, aplicaciones prácticas y desafíos de implementación, se ha establecido un marco conceptual integral que evidencia la capacidad de esta tecnología para optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje y desarrollar competencias profesionales alineadas con las demandas contemporáneas del campo de la ingeniería.

Los hallazgos presentados a lo largo de esta obra sustentan que la realidad virtual trasciende las limitaciones inherentes a las metodologías didácticas tradicionales, proporcionando entornos inmersivos que facilitan la integración efectiva entre constructos teóricos y su aplicación práctica. La evidencia recopilada sugiere que esta convergencia tecnológica-educativa representa un paradigma emergente en la formación en las diferentes ramas de la ingeniería.

Un aspecto particularmente significativo que surge del análisis efectuado es la capacidad de los sistemas de realidad virtual para implementar estrategias de aprendizaje adaptativo, permitiendo la personalización de experiencias educativas en función de las características cognitivas y necesidades específicas de cada estudiante. En disciplinas como la ingeniería civil, biomédica, aeroespacial y computacional, la incorporación de esta tecnología no solo cataliza la asimilación de conocimientos técnicos especializados, sino que también propicia el desarrollo de competencias metacognitivas fundamentales, incluyendo el pensamiento crítico, la resolución de

problemas complejos, el trabajo colaborativo y la toma de decisiones en escenarios simulados de alta fidelidad.

El libro aborda, asimismo, los desafíos operativos y logísticos asociados con la implementación de sistemas de realidad virtual en contextos educativos, incluyendo consideraciones económicas, requerimientos en infraestructura y especificaciones técnicas. Si bien estas limitaciones constituyen obstáculos significativos, la investigación realizada sugiere que pueden ser mitigados mediante la formulación de estrategias institucionales integrales que contemplen modelos de financiamiento sostenible, diseño curricular adaptativo y desarrollo profesional docente. Los avances tecnológicos contemporáneos en términos de accesibilidad y personalización sugieren una trayectoria favorable para la integración sistemática de estas herramientas en programas académicos de ingeniería.

Finalmente, esta obra contribuye al corpus de conocimiento existente al proporcionar un marco referencial para educadores, investigadores y gestores de políticas educativas interesados en la incorporación de tecnologías emergentes en la formación de ingenieros, donde la realidad virtual emerge como un paradigma pedagógico que trasciende su dimensión puramente tecnológica, representando una aproximación innovadora a los procesos de enseñanza-aprendizaje en ingeniería. Las conclusiones derivadas de este libro sientan las bases para futuros estudios sobre la integración de tecnologías inmersivas en la educación superior y su papel en la formación de profesionales capacitados para enfrentar los desafíos de un entorno tecnológico en constante evolución.

## **Referencias**

- Abdelhameed, W. A. (2013). Virtual Reality Use in Architectural Design Studios: A case of studying structure and construction. *Procedia Computer Science*, 25, 220-230.
- Abinaya, M., & Vadivu, G. (2024). Enhancing the Potential of Machine Learning for Immersive Emotion Recognition in Virtual Environment. *EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems*, 11(4).
- Abrash, M. (2014). *What VR Could, Should, and Almost Certainly Will Be within Two Years*. Oculus VR. <https://www.oculus.com/blog/what-vr-could-should-and-almost-certainly-will-be-within-two-years/>
- Absharipour, M., & Maghoul, P. (2024). Towards Education 4.0 in Geotechnical Engineering Using a Virtual Reality/Augmented Reality Visualization Platform. *Geotechnical and Geological Engineering*, 42(4), 2657-2673.
- Akbulut, A., Catal, C., & Yıldız, B. (2018). On the effectiveness of virtual reality in the education of software engineering. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(4), 918-927.
- Alali, R., & Li, Y.W. (2024). The Role of Virtual Reality (VR) as a Learning Tool in the Classroom. *International Journal of Religion*.
- Albus, P., Vogt, A., & Seufert, T. (2021). Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load. *Computers & Education*, 166, 104154.
- Alison, L., Van Den Heuvel, C., Waring, S., Power, N., Long, A., O'Hara, T., & Crego, J. (2013). Immersive simulated learning environments for researching critical incidents: A knowledge synthesis of the literature and experiences of studying high-risk strategic decision making. *Journal of Cognitive Engineering and decision making*, 7(3), 255-272.

- Anderson, P. L., Price, M., Edwards, S. M., Obasaju, M. A., Schmertz, S. K., & Zimand, E. (2013). Virtual reality exposure therapy for social anxiety disorder: A randomized controlled trial. *Journal of Consulting and Clinical Psychology, 81*(5), 751-760. <https://doi.org/10.1037/a0033559>
- Ambrosio, A. P., & Fidalgo, M. I. R. (2020). Past, present and future of Virtual Reality: Analysis of its technological variables and definitions. *Culture & History Digital Journal, 9*(1), e010-e010.
- Arroyo, E. & Arcos, J. L. L. (1999). SRV: A Virtual Reality Application to Electrical Substations Operation Training. Multimedia Computing and Systems. *IEEE International Conference on computer, 1*, 835-839
- Assad, G. M., & Mukhtar, M. F. (2023). A Comprehensive Survey of Feature Modeling in Augmented/Virtual Reality: Current Trends and Future Directions. *International Research Journal of Advances in Computing Sciences, 1*(1), 85-89.
- Baigabulov, S., & Ipalakova, M. I. (2023). *Virtual Reality Enabled Immersive Data Visualization for Data Analysis*. DTESI (workshops, short papers).
- Backstrand, G., Hogberg, D., De Vin, L. J., Case, K., & Piamonte, P. (2007). Ergonomics analysis in a virtual environment. *International Journal of Manufacturing Research, 2*(2), 198-208.
- Badías, A., Curtit, S., González, D., Alfaro, I., Chinesta, F., & Cueto, E. (2019). An augmented reality platform for interactive aerodynamic design and analysis. *International Journal for Numerical Methods in Engineering, 120*(1), 125-138.
- Bane, S. P., Anilkumar, A., Shenai, P., Junus, F., Brophy, S., Chen, J., ... & Takahashi, G. (2024). *Integration of Virtual and Physical Labs for Fluid Dynamics Education*. In AIAA SCITECH 2024 Forum (0920).

- Bani-Salameh, H., & Jeffery, C. (2014). Collaborative and social development environments: a literature review. *International journal of computer applications in technology*, 49(2), 89-103.
- Barrett, M., Blackledge, J., & Coyle, E. (2011). Using Virtual Reality to Enhance Electrical Safety and Design in the Built Environment. *ISAST Transactions on Computers and Intelligent Systems*, 3(1), 1-9.
- Baxter, G., and Hainey, T. (2020), Student perceptions of virtual reality use in higher education, *Journal of Applied Research in Higher Education*, 12(3), 413-424. <https://doi.org/10.1108/JARHE-06-2018-0106>
- Begum, S., Dutta, A., Borah, G., Sheikh, S., & Jindal, T. (2024). Virtual Reality In Education: Transforming Learning Environments. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(5), 8967-8973.
- Bekele, M. K., Pierdicca, R., Frontoni, E., Malinverni, E. S., & Gain, J. (2018). A survey of augmented, virtual, and mixed reality for cultural heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 11(2), 1-36.
- Bell, J. T., & Fogler, H. S., (1997). Ten Steps to Developing Virtual Reality Applications for Engineering Education, *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference*.
- Bernal, C. P. B., & Jordá Bordehore, L. (2023). Application of the Q-Slope Empirical Approach for Slope Stability Assessment of Spanish Mountain Roads in Winter—Combining Remote Techniques with Virtual Reality. *Sustainability*, 15(22), 15744.
- Bharathi, A. K. B. G., & Tucker, C. S. (2015). Investigating the impact of interactive immersive virtual reality environments in enhancing task performance in online engineering design activities. In *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, 57106, V003T04A004. American Society of Mechanical Engineers.

- Bhise, S., Rathi, M., Dabadghav, R., & Atre, J. (2024). Use of virtual reality in physical rehabilitation: A narrative review. *Current Medicine Research and Practice*, 14(3), 122-127.
- Bhowmik, A. K. (2024). Virtual and augmented reality: Human sensory-perceptual requirements and trends for immersive spatial computing experiences. *Journal of the Society for Information Display*, 32(8), 605-646.
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 8(2-3), 73-272. <https://doi.org/10.1561/11000000049>
- Bogaert, L., Meuret, Y., Vanderheijden, J., De Smet, H., & Thienpont, H. (2010). Stereoscopic projector for polarized viewing with extended color gamut. *Displays*, 31(2), 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2009.12.002>
- Bordegoni, M., & Ferrise, F. (2013). Designing interaction with consumer products in a multisensory virtual reality environment: this paper shows how virtual reality technology can be used instead of physical artifacts or mock-ups for the new product and evaluation of its usage. *Virtual and Physical Prototyping*, 8(1), 51-64.
- Boyd, J. (2011). Virtual-Reality Scent System Fools Flavor Sense. *IEEE Spectrum*. <http://spectrum.ieee.org/computing/embedded-systems/virtualreality-scent-system-fools-flavor-sense>.
- Bower, M., Lee, M. J., & Dalgarno, B. (2017). Collaborative learning across physical and virtual worlds: Factors supporting and constraining learners in a blended reality environment. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 407-430.
- Bowman, D. A., Ray, A. A., Gutierrez, M. S., Mauldon, M., Dove, J. E., Westman, E., & Setareh, M. (2006). Engineering in three dimensions: immersive virtual environments, interactivity, and 3D user interfaces for engineering applications. *GeoCongress: Geotechnical Engineering in the Information Technology Age*, 1-17).

- Bricken, M. (1991). Virtual reality learning environments: potentials and challenges. *ACM Siggraph Computer Graphics*, 25(3), 178-184.
- Brown, E., & Cairns, P. (2004). *A grounded investigation of game immersion*. In CHI'04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (pp. 1297-1300).
- Brudniy, A. & Demilhanova, A. (2012). The Virtual Reality in a Context of the "Mirror Stage". *International Journal of Advances in Psychology*, 1, 6-9
- Bügler, M., & Borrmann, A. (2016). Simulation Based Construction Project Schedule Optimization: An Overview on the State-of-the-Art. *Handbook of Research on Computational Simulation and Modeling in Engineering*, 482-507.
- Busato, P., Berruto, R., Zazueta, F. S., & Silva-Lugo, J. L. (2016). Student performance in conventional and flipped classroom learning environments. *Applied Engineering in Agriculture*, 32(5), 509-518.
- Butt, A. L., Kardong-Edgren, S., & Ellertson, A. (2018). Using game-based virtual reality with haptics for skill acquisition. *Clinical Simulation in Nursing*, 16, 25-32.
- Caballero, O., & Trujillo-Romero, F. (2015). Integración de optimización evolutiva para el reconocimiento de emociones en voz. *Investigación en Ciencias de la Computación*, 93.
- Cadar, C., & Hosek, P. (2012). *Multi-version software updates*. In 2012 4th International Workshop on Hot Topics in Software Upgrades (HotSWUp) (pp. 36-40). IEEE.
- Calleja, G. (2011). *In-Game: From Immersion to Incorporation*. MIT Press.

- Cardoso, L., Mendes, F., & Rios, A. (2020). Virtual reality training for high-power electrical maintenance: Safety improvements and emergency response. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 58(1), 89-105. <https://doi.org/10.1177/0020720920902384>
- Carl, E., Stein, A. T., Levihn-Coon, A., Pogue, J. R., Rothbaum, B., Emmelkamp, P., & Powers, M. B. (2019). Virtual reality exposure therapy for anxiety and related disorders: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Anxiety Disorders*, 61, 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2018.08.003>
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341-377. <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>
- Cekic, A., & Bakla, A. (2021). A review of digital formative assessment tools: Features and future directions. *International Online Journal of Education and Teaching*, 8(3), 1459-1485.
- Chauhan, S., & Sachdeva, L. (2024). Immersed in Reality Secured by Design. A Comprehensive Analysis of Security Measures in AR/VR Environments. *arXiv preprint arXiv:2404.16839*.
- Checa, D., Gatto, C., Cisternino, D., De Paolis, L. T., & Bustillo, A. (2020). *A framework for educational and training immersive virtual reality experiences*. In Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics: 7th International Conference, AVR 2020, Lecce, Italy, September 7–10, 2020, Proceedings, Part II 7 (pp. 220-228). Springer International Publishing.
- Chen, C. J. (2009). Theoretical bases for using virtual reality in education. *Themes in science and technology education*, 2, 71-90.
- Cheng, K.-H., & Tsai, C.-C. (2019). A case study of immersive virtual field trips in an elementary classroom: Students' learning experience and teacher-student interaction behaviors. *Computers & Education*, 133, 95-108.

- Churchill, E. F., Snowdon, D. N., & Munro, A. J. (Eds.). (2012). *Collaborative virtual environments: digital places and spaces for interaction*. Springer Science & Business Media.
- Ciasullo, A. (2018). Universal Design for Learning: the relationship between subjective simulation, virtual environments, and inclusive education. *Research on Education and Media*, 10(1), 42-48.
- Coban, M., Bolat, Y. I., & Goksu, I. (2022). The potential of immersive virtual reality to enhance learning: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 36, 100452.
- Cohen, D., Sevdalis, N., Taylor, D., Kerr, K., Heys, M., Willett, K., Batrick, N., & Darzi, A. (2013). Emergency preparedness in the 21st century: training and preparation modules in virtual environments. *Resuscitation*, 84(1), 78-84 .
- Cooper, N., Kelsey, S., Emond, B., Lapointe, J. F., Astles, S., & Trudel, C. (2021). *Evaluating VR practices to support collaborative cabin design process using a human factor approach*. In AIAA Aviation 2021 Forum (p. 2774).
- Dailey-Hebert, A., Estes, J. S., & Choi, D. H. (2021). *This history and evolution of virtual reality*. In Current and prospective applications of virtual reality in higher education (pp. 1-20). IGI Global.
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323(5910), 66-69.
- Den Boer, W. (2011). *Active-matrix liquid crystal displays: fundamentals and applications*. Elsevier.

- De Troyer, O., Kleinermann, F., Ewais, A. (2010). Enhancing Virtual Reality Learning Environments with Adaptivity: Lessons Learned. In: Leitner, G., Hitz, M., Holzinger, A. (eds) *HCI in Work and Learning, Life and Leisure. USAB 2010. Lecture Notes in Computer Science, vol 6389*. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-16607-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-16607-5_16)
- Di Pasquale, V., De Simone, V., Franciosi, C., Morra, P., & Miranda, S. (2024). Augmented and Virtual Reality to support Corrective and Preventive Actions in maintenance: a framework proposal. *Procedia Computer Science, 232*, 1879-1889.
- Döllinger, N., Wolf, E., Mal, D., Erdmannsdörfer, N., Botsch, M., Latoschik, M. E., & Wienrich, C. (2022). *Virtual reality for mind and body: Does the sense of embodiment towards a virtual body affect physical body awareness?* In CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts (pp. 1-8).
- Donelan, H., Smith, A., & Wong, P. (2018). Virtualization for computer networking skills development in a distance learning environment. *Computer Applications in Engineering Education, 26*(4), 872-883.
- Duggal, A. S., Singh, R., Gehlot, A., Rashid, M., Alshamrani, S. S., & AlGhamdi, A. S. (2022). Digital taste in mulsemmedia augmented reality: Perspective on developments and challenges. *Electronics, 11*(9), 1315.
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 735-745). Springer.
- Dünser, A., Walker, L., Horner, H., & Bentall, D. (2012). *Creating interactive physics education books with augmented reality*. In Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference (pp. 107-114). ACM.

- Ergün, O., Akin, S., Dino, I. G., & Surer, E. (2019). *Architectural design in virtual reality and mixed reality environments: A comparative analysis*. In 2019 IEEE conference on virtual reality and 3D user interfaces (VR) (pp. 914-915). IEEE.
- Ericsson, K. A. (2008). Deliberate practice and acquisition of expert performance: A general overview. *Academic Emergency Medicine*, 15(11), 988-994.
- Fällman, D., Backman, A. & Holmlund, K. (1999). *VR in Education: An Introduction to Multisensory Constructivist Learning Environments*, Universitets pedagogisk konferens, Umea universitet.
- Fernandes, F. A., Rodrigues, C. S. C., Teixeira, E. N., & Werner, C. M. (2023). Immersive learning frameworks: A systematic literature review. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(5), 736-747.
- Flores, J. A., Camarena, P. y Avalos, E. (2014). Oportunidades de integración de la realidad virtual al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería eléctrica: un análisis desde el enfoque de sistemas. *Revista Internacional de Aprendizaje en Ciencia, Matemáticas y Tecnología*, 1(2)
- Fowler, C. (2015). Virtual reality and learning: Where is the pedagogy? *British journal of educational technology*, 46(2), 412-422.
- Foa, E. B., & Kozak, M. J. (1986). Emotional processing of fear: Exposure to corrective information. *Psychological Bulletin*, 99(1), 20-35. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.99.1.20>
- Fogarty, J., & El-Tawil, S. (2014). *Exploring Complex Spatial Arrangements and Deformations in Virtual Reality*. In Structures Congress 2014 (pp. 1089-1096).
- Fracaro, S. G., Chan, P., Gallagher, T., Tehreem, Y., Toyoda, R., Bernaerts, K., ... & Wilk, M. (2021). Towards design guidelines for virtual reality training for the chemical industry. *Education for Chemical Engineers*, 36, 12-23.

- Fracaro, S. G., Glassey, J., Bernaerts, K., & Wilk, M. (2022). Immersive technologies for the training of operators in the process industry: A Systematic Literature Review. *Computers & Chemical Engineering*, 160, 107691.
- Fraga-Lamas, P., & Fernández-Caramés, T. M. (2019). A review on industrial augmented reality systems for the industry 4.0 shipyard. *IEEE Access*, 7, 102398-102412. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2923894>
- Freeman, D., Haselton, P., Spanlang, B., & Kishore, S. (2017). Automated psychological therapy using immersive virtual reality for treatment of fear of heights: A single-blind, parallel-group, randomised controlled trial. *The Lancet Psychiatry*, 5(8), 625-632. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(18\)30226-8](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(18)30226-8)
- Freina, L., & Ott, M. (2015). *A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives*. In Proceedings of the 11th International Scientific Conference eLearning and Software for Education (pp. 133-141).
- Gall, D., Roth, D., Stauffert, J. P., Zarges, J., & Latoschik, M. E. (2021). Embodiment in virtual reality intensifies emotional responses to virtual stimuli. *Frontiers in Psychology*, 12, 674179.
- Galvan, I., Ayala, A., Muñoz, J., Salgado, M., Rodríguez, E., & Pérez, M. (2010). *Virtual Reality System for Training of Operators of Power Live Lines*. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2010, Vol I. WCECS 2010, October 20-22, 2010, San Francisco, USA
- Gammonley, D. (2023). Ethical Considerations in Using Virtual Reality to Support Competency-Based Education in Social Work. In *Ethical Considerations of Virtual Reality in the College Classroom* (pp. 253-269). Routledge.

- Gasca-Hurtado, G. P., Peña, A., Gómez-Álvarez, M. C., Plascencia-Osuna, Ó. A., & Calvo-Manzano, J. A. (2015). Realidad virtual como buena práctica para trabajo en equipo con estudiantes de ingeniería. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (16), 76-91.
- Girgin, S., Fruchter, R., & Fischer, M. (2023). Construction Cost Savings through VR-Based Early Identification of Operability Issues: A Comparative Case Study. *Computing in Civil Engineering 2023* (pp. 146-153).
- Gonçalves, F. & Fonseca, I. (2013). *A training system to help professionals in the electric sector in risky operations. XV Symposium on Virtual and Augmented Reality*. IEEE Computer Society Washington, DC, USA.
- Gomez-Escalonilla, J., Garijo, D., Valencia, O., & Rivero, I. (2020). *Development of efficient high-fidelity solutions for virtual fatigue testing*. In ICAF 2019—Structural Integrity in the Age of Additive Manufacturing: Proceedings of the 30th Symposium of the International Committee on Aeronautical Fatigue, June 2-7, 2019, Krakow, Poland (pp. 187-200). Springer International Publishing.
- Gulhane, A., Vyas, A., Mitra, R., Oruche, R., Hoefler, G., Valluripally, S., ... & Hoque, K. A. (2019). *Security, privacy and safety risk assessment for virtual reality learning environment applications*. In 16th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC) (pp. 1-9). IEEE.
- Gurian, G., Bolisani, E., & Kirchner, K. (2023). Virtual Reality for Supporting Knowledge Sharing: An Exercise of Technology Assessment. *European Conference on Knowledge Management*, 24(1), 477-485.
- Gutiérrez, M. A., Vexo, F., & Thalmann, D. (2017). *Stepping into virtual reality*. Springer.

- Gutiérrez, M., & Santos, R. (2023). Data-driven approaches to personalized learning in virtual reality environments. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), 58-72.
- Hanshans, C., & Faust, M. M. R. (2023). *Combining computer-based training, virtual, or augmented reality with peer teaching in medical and bio-technological education*. In 9th International Conference on Higher Education Advances (HEAd'23) (pp. 279-286). Editorial Universitat Politècnica de València.
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1-32.
- Halabi, O. (2020). Immersive virtual reality to enforce teaching in engineering education. *Multimedia Tools and Applications*, 79(3), 2987-3004.
- Heidari, R., Motaharifar, M., Taghirad, H., Mohammadi, S. F., & Lashay, A. (2021). A Review on Applications of Haptic Systems, Virtual Reality, and Artificial Intelligence in Medical Training in COVID-19 Pandemic. *Journal of Control*, 14(5), 121-125.
- Hernández-Chávez, M., Cortés-Caballero, J. M., Pérez-Martínez, Á. A., Hernández-Quintanar, L. F., Roa-Tort, K., Rivera-Fernández, J. D., & Fabila-Bustos, D. A. (2021). Development of virtual reality automotive lab for training in engineering students. *Sustainability*, 13(17), 9776.
- Hernández-Rodríguez, F., & Guillén-Yparrea, N. (2024). *Redefining Learning Spaces: The Impact of Virtual Environments in Engineering Education*. In Proceedings of the 2024 8th International Conference on Education and Multimedia Technology (pp. 91-96).

- Holliman, N. S., Dodgson, N. A., Favalora, G. E., & Pockett, L. (2011). Three-dimensional displays: a review and applications analysis. *IEEE transactions on Broadcasting*, 57(2), 362-371.
- Howard, I. P., & Rogers, B. J. (2012). *Perceiving in depth*. Volume 2: Stereoscopic vision (No. 29). OUP USA.
- Huang, F., Huang, J., & Wan, X. (2019). Influence of virtual color on taste: Multisensory integration between virtual and real worlds. *Computers in Human Behavior*, 95, 168-174.
- Huang, H. M., Rauch, U., & Liaw, S. S. (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education*, 55(3), 1171-1182.
- Huang, Y., Richter, E., Kleickmann, T., & Richter, D. (2021). *Virtual reality in teacher education from 2010 to 2020: A review of program implementation, intended outcomes, and effectiveness measures*.
- Ideses, I., & Yaroslavsky, L. (2004). *New methods to produce high quality color anaglyphs for 3-D visualization*. In Image Analysis and Recognition: International Conference, ICIAR 2004, Porto, Portugal, September 29-October 1, 2004, Proceedings, Part II 1 (pp. 273-280). Springer Berlin Heidelberg.
- Iskander, J., Hossny, M., & Nahavandi, S. (2018). A review on ocular biomechanic models for assessing visual fatigue in virtual reality. *IEEE Access*, 6, 19345-19361.
- Issenberg, S. B., McGaghie, W. C., Petrusa, E. R., Lee Gordon, D., & Scalese, R. J. (2005). Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: A BEME systematic review. *Medical Teacher*, 27(1), 10-28.

- Jallouli, J., Moreau, G. & Querrec, R. (2008). *Wind turbines landscape: using virtual reality for the assessment of multisensory perception in motion*. In Proceedings of the 2008 ACM symposium on Virtual reality software and technology (VRST '08). ACM, New York, NY, USA.
- Jamei, E., Mortimer, M., Seyedmahmoudian, M., Horan, B., & Stojcevski, A. (2017). Investigating the role of virtual reality in planning for sustainable smart cities. *Sustainability*, 9(11), 2006.
- Javaid, M., & Haleem, A. (2020). Virtual reality applications toward medical field. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 8(2), 600-605.
- Javornik, A. (2016). 'It's an illusion, but it looks real!' Consumer affective, cognitive and behavioral responses to augmented reality applications. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 30, 252-261. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2016.02.004>
- Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515-1529.
- Johnson, W. L., Rickel, J., Stiles, R., & Munro, A. (1998). Integrating pedagogical agents into virtual environments. *Presence*, 7(6), 523-546.
- Keefe, D. F., Sotiropoulos, F., Interrante, V., Runesha, H. B., Coffey, D., Staker, M., ... & Erdman, A. (2010). *A process for design, verification, validation, and manufacture of medical devices using immersive VR environments*.
- Keskitalo, T. (2011). Teachers' conceptions and their approaches to teaching in virtual reality and simulation-based learning environments. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 17(1), 131-147.

- Kim, M. J., & Hall, C. M. (2021). Social presence and virtual reality in tourism and hospitality: A systematic review and conceptual framework. *Tourism Review*, 76(5), 1036-1056.
- Kneebone, R. (2005). Simulation in surgical training: Educational issues and practical implications. *Medical Education*, 39(5), 469-477.
- Koh, K., Chapman, O., & Lam, L. (2022). *An Integration of Virtual Reality into the Design of Authentic Assessments for STEM Learning*. In Handbook of research on transformative and innovative pedagogies in education (pp. 18-35). IGI Global.
- Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2018). Eight important things to know about the experiential learning cycle. *Australian Educational Leader*, 40(3), 8-14.
- Lai, Z. (2024). *Diving into the virtual realm: Exploring the mechanics of virtual reality*. Applied and Computational Engineering.
- Lateef, F. (2010). Simulation-based learning: Just like the real thing. *Journal of Emergencies, Trauma and Shock*, 3(4), 348-352. <https://doi.org/10.4103/0974-2700.70743>
- Lawson, G., Salanitri, D., & Waterfield, B. (2016). Future directions for the development of virtual reality within an automotive manufacturer. *Applied ergonomics*, 53, 323-330.
- Lee, E. A.- L. & Wong, K.W. (2008). A review of using virtual reality for learning. In Z. Pan, A. D. Cheok, W. Müller & A. El Rhalibi (Eds), *Transactions on edutainment I: Vol. 5080 Lecture notes in computer science* (pp. 231–241). Springer-Verlag.
- Lindgren, R., & Johnson-Glenberg, M. (2013). Emboldened by embodiment: Six precepts for research on embodied learning and mixed reality. *Educational Researcher*, 42(8), 445-452. <https://doi.org/10.3102/0013189X13511661>
- Lin, F., Hon, C. L., & Su, C. J. (1996). *A virtual reality-based training system for CNC milling machine operations*. Ann. J. IIE HK.

- Lin, Y., Wang, S., & Lan, Y. (2022). The study of virtual reality adaptive learning method based on learning style model. *Computer Applications in Engineering Education*, 30(2), 396-414.
- Litvinova, A. V., Berezina, T. N., Kokurin, A. V., & Ekimova, V. I. (2022). Psychological safety of students in interaction with virtual reality. *Journal of Modern Foreign Psychology*, 11(3), 94-104.
- Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the heart of it all: The concept of presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2). <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00072.x>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2019). Investigating the process of learning with desktop virtual reality: A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, 134, 15-30.
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and instruction*, 60, 225-236.
- Malvezzi, M., Chinello, F., Prattichizzo, D., & Pacchierotti, C. (2021). Design of personalized wearable haptic interfaces to account for fingertip size and shape. *IEEE Transactions on Haptics*, 14(2), 266-272.
- Manghisi, V. M., Evangelista, A., & Uva, A. E. (2022). A virtual reality approach for assisting sustainable human-centered ergonomic design: the ErgoVR tool. *Procedia Computer Science*, 200, 1338-1346.
- Mann, S. (2019). Wearable computing: A first step toward personal imaging. *IEEE Computer*, 30(2), 25-32. <https://doi.org/10.1109/MC.2019.562656>
- Manseur, R. (2005). *Virtual Reality in Science and Engineering Education*. IEEE/ASEE Frontiers in Education Conference. FIE 2005, Indianapolis, Indiana, October 19-22.

- Marchisio, M., Di Caro, L., Fioravera, M., & Rabellino, S. (2018). *Towards adaptive systems for automatic formative assessment in virtual learning communities*. In 2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 1, 1000-1005). IEEE.
- Maskeliūnas, R., Damaševičius, R., Blažauskas, T., Canbulut, C., Adomavičienė, A., & Griškevičius, J. (2023). BiomacVR: A virtual reality-based system for precise human posture and motion analysis in rehabilitation exercises using depth sensors. *Electronics*, 12(2), 339.
- Mazuryk, T., & Gervautz, M. (2014). Virtual reality: History, applications, technology and future. *Digital Signal Processing for Multimedia Systems*, 3(6), 869-900
- McNamara, A., Boyd, K., Oh, D., Sharpe, R., & Suther, A. (2018). *Using eye tracking to improve information retrieval in virtual reality*. In 2018 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct) (pp. 242-243). IEEE.
- McMahan, A. (2003). Immersion, engagement, and presence: A method for analyzing 3-D video games. In *The video game theory reader* (pp. 67-86). Routledge.
- Mega, C., Ronconi, L., & De Beni, R. (2014). What makes a good student? How emotions, self-regulated learning, and motivation contribute to academic achievement. *Journal of educational psychology*, 106(1), 121.
- Melatti, M., & Johnsen, K. (2017). *Virtual reality mediated instruction and learning*. In 2017 IEEE Virtual Reality Workshop on K-12 Embodied Learning through Virtual & Augmented Reality (KELVAR) (pp. 1-6). IEEE.

- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & education*, 70, 29-40.
- Mikhailenko, M., Maksimenko, N., & Kurushkin, M. (2022). Eye-tracking in immersive virtual reality for education: a review of the current progress and applications. *Frontiers in Education*, 7, p. 697032.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Moerland-Masic, I., Reimer, F., Bock, T. M., Meller, F., & Nagel, B. (2021). Application of VR technology in the aircraft cabin design process. *CEAS Aeronautical Journal*, 1-10.
- Mora, V. I. C., Paguay, A. R. M., Salinas, H. A., & Reinoso, G. G. L. (2024). Virtual Reality in The University Classroom: Experiences, Challenges and Opportunities For Teaching in Higher Education. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(8), e06373-e06373.
- Nicol, R., & Monfort, J. Y. (2023). Acoustic research for telecoms: bridging the heritage to the future. *Acta Acustica*, 7, 64.
- Niedenthal, S., Fredborg, W., Lundén, P., Ehrndal, M., & Olofsson, J. K. (2023). A graspable olfactory display for virtual reality. *International journal of human-computer studies*, 169, 102928.
- Niedermayr, D., & Wolfartsberger, J. (2021). *Design and evaluation of a virtual training environment for industrial assembly tasks*. In Proceedings of the Conference on Learning Factories (CLF).
- Nie, K., Guo, M., & Gao, Z. (2023). *Enhancing Emotional Engagement in Virtual Reality (VR) Cinematic Experiences through multi-sensory Interaction Design*. In 2023 Asia Conference on Cognitive Engineering and Intelligent Interaction (CEII) (pp. 47-53). IEEE.

- Nilsson, N. C., Nordahl, R., & Serafin, S. (2016). Immersion revisited: A review of existing definitions of immersion and their relation to different theories of presence. *Human technology*, 12(2), 108-134.
- O'Connor, E. A. (2015). Open source meets virtual reality—an instructor's journey unearths new opportunities for learning, community, and academia. *Journal of Educational Technology Systems*, 44(2), 153-170.
- Osyпова, N., Kokhanovska, O., Yuzbasheva, G., & Kravtsov, H. (2020). *Implementation of immersive technologies in professional training of teachers*. In International Conference on Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications (pp. 68-90). Cham: Springer International Publishing.
- Ou J., Dong Y. & Yang B. (2009). Virtual Reality Technology in Engineering Hydrology Education. Computer Network and Multimedia Technology, 2009. CNMT 2009. *International Symposium on COMPUTER*, 1(4), 18-20
- Park, Y. S., Choi, C. S., Jang, C., Shin, D. G., Cho, G. C., & Kim, H. S. (2019). *Development of incident response tool for cyber security training based on virtualization and cloud*. In 2019 International Workshop on Big Data and Information Security (IWBIS) (pp. 115-118). IEEE.
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785.
- Paszkiwicz, A., Salach, M., Wydrzyński, D., Woźniak, J., Budzik, G., Bolanowski, M., ... & Cierpicki, N. (2023). Use of virtual reality to facilitate engineer training in the aerospace industry. *Machine Graphics & Vision*, 32(2).
- Paulsen, L., Dau, S., & Davidsen, J. (2024). Designing for collaborative learning in immersive virtual reality: a systematic literature review. *Virtual Reality*, 28(1), 63.

- Pereira, C. E., Paladini, S., & Schaf, F. M. (2012). *Control and automation engineering education: Combining physical, remote and virtual labs*. In International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (pp. 1-10). IEEE.
- Phelan, I., Arden, M., Matsangidou, M., Carrion-Plaza, A., & Lindley, S. (2021). *Designing a virtual reality myoelectric prosthesis training system for amputees*. In Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1-7).
- Philippe, S., Souchet, A.D., Lameraz, P., Petridis, P., Caporal, J., Coldeboeuf, G., & Duzan, H. (2020). Multimodal teaching, learning and training in virtual reality: a review and case study. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 2, 421–442.
- Pirch, S., Müller, F., Iofinova, E., Pazmandi, J., Hütter, C. V., Chiettoni, M., ... & Menche, J. (2021). The VRNetzer platform enables interactive network analysis in Virtual Reality. *Nature communications*, 12(1), 2432.
- Pirker, J. (2022). *The potential of virtual reality for aerospace applications*. In 2022 IEEE Aerospace Conference (AERO) (pp. 1-8). IEEE.
- Potter, T., Cvetković, Z., & De Sena, E. (2022). On the relative importance of visual and spatial audio rendering on vr immersion. *Frontiers in Signal Processing*, 2, 904866.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327.
- Pribadi, A. P., Jaladara, V., Silalahi, C. D. A. B., & Rizqi, Y. M. (2023). Application of Digital Simulation for Training Purposes Through Virtual Reality in The Workplace. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 12(3), 457-464.

- Pushpabala, V. (2024). Energy enhancement in grid-connected photovoltaic generation systems using adaptive control technique. *Engineering Research Express*, 6(2), 025350.
- Queisner, M., & Eisenträger, K. (2024). Surgical planning in virtual reality: a systematic review. *Journal of Medical Imaging*, 11(6), 062603-062603.
- Quesnel, D.T., DiPaola, S., & Riecke, B.E. (2018). *Deep Learning for Classification of Peak Emotions within Virtual Reality Systems*.
- Radhakrishnan, U., Koumaditis, K., & Chinello, F. (2021). A systematic review of immersive virtual reality for industrial skills training. *Behaviour & Information Technology*, 40(12), 1310-1339.
- 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>
- Rizzo, A., Pair, J., Graap, K., Manson, B., McNerney, P. J., Wiederhold, B., & Spira, J. (2006). A virtual reality exposure therapy application for Iraq War military personnel with post-traumatic stress disorder: From training to toy to treatment. *NATO Security through Science Series E Human and Societal Dynamics*, 6, 235.
- Roberts, C. (2008). Implementing Educational Technology in Higher Education: A Strategic Approach. *Journal of Educators Online*, 5(1).
- Romero-Gázquez, M., Fernández, J. A., & Martín, A. (2022). Virtual manufacturing laboratories in European engineering education: A review of capacity and effectiveness. *International Journal of Engineering Education*, 38(2), 315-328.
- Rubio-Tamayo, J. L., Gertrudix Barrio, M., & García García, F. (2017). Immersive environments and virtual reality: Systematic review and advances in communication, interaction and simulation. *Multimodal technologies and interaction*, 1(4), 21.

- Ruiz-Cantisani, M. I., del Carmen Lima-Sagui, F., Aceves-Campos, N., Ipiña-Sifuentes, R., & Flores, E. G. R. (2020). *Virtual Reality as a tool for active learning and student engagement: industrial engineering experience*. In 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1031-1037). IEEE.
- Ryan, M. (2022). *Immersive Virtual Reality Error Management Training for CNC Machining Setup Procedures*. Rochester Institute of Technology.
- Sadowski, W., & Stanney, K. (2002). *Presence in virtual environments*. In Handbook of virtual environments (pp. 831-846). CRC Press.
- Salah, B., Abidi, M. H., Mian, S. H., Krid, M., Alkhalefah, H., & Abdo, A. (2019). Virtual reality-based engineering education to enhance manufacturing sustainability in industry 4.0. *Sustainability, 11*(5), 1477.
- Salnyk, I., Grin, L., Yefimov, D., & Beztsinna, Z. (2023). The future of higher education: Implementation of virtual and augmented reality in the educational process. *Futurity Education, 3*(3), 46-61.
- Salzman, M. C., Dede, C., Loftin, R. B., & Chen, J. (1999). A model for understanding how virtual reality aids complex conceptual learning. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 8*(3), 293-316.
- Sarker, K. U., Hasan, R., Deraman, A. B., & Mahmmud, S. (2023). A Distributed Software Project Management Framework. *Journal of Advances in Information Technology, 14*(4), 685-693.
- Sampaio, A.Z., Rosário, D.P., Gomes, A.R., & Santos, J.P. (2013). Virtual reality applied on civil engineering education: construction activity supported on interactive models. *International Journal of Engineering Education, 29*, 1331-1347.

- Savir, S., Khan, A. A., Yunus, R. A., Rehman, T. A., Saeed, S., Sohail, M., ... & Matyal, R. (2023). Virtual reality: The future of invasive procedure training? *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*.
- Schütze, S., & Irwin-Schütze, A. (2018). *New Realities in Audio: A Practical Guide for VR, AR, MR and 360 Video*. CRC Press.
- Schwarze, A. K., Bareither, C., & von Unger, H. (2019). Creating virtual reality in social science: A case study of innovation in qualitative methods. *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research*, 20(2), 1-33.
- Shubin, A., Zykov, E., & Nadvrshina, C. (2024). *Evaluation and Optimization of Vehicle Cabin Ergonomics Using Virtual Reality*. In 2024 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon) (pp. 889-894). IEEE.
- Scorgie, D., Feng, Z., Paes, D., Parisi, F., Yiu, T. W., & Lovreglio, R. (2024). Virtual reality for safety training: A systematic literature review and meta-analysis. *Safety science*, 171, 106372.
- Seidel, R., & Godfrey, E. (2005). *Project and team-based learning: An integrated approach to engineering education*. In ASEE/AAEE 4th Global Colloquium on Engineering Education (pp. 26-30).
- Setareh, M., Bowman, D. A., & Kalita, A. (2005). Development of a virtual reality structural analysis system. *Journal of architectural engineering*, 11(4), 156-164.
- Seufert, C., Oberdörfer, S., Roth, A., Grafe, S., Lugrin, J. L., & Latoschik, M. E. (2022). Classroom management competency enhancement for student teachers using a fully immersive virtual classroom. *Computers & Education*, 179, 104410.
- Shanku, N., Sharko, & Prifti, E. (2011). Toward Virtual – Real Laboratory on Electric Power System Engineering Courses a Successful Experience. *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*.

- Shanmuganathan, H. (2017). A More Accurate Systems Modelling and Simulation Framework in Design and Optimization of a System During the Conceptual Phase. *Journal of Aerospace Sciences and Technologies*, 597-605.
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2018). *Understanding virtual reality: Interface, application, and design* (2nd ed.). Morgan Kaufmann Publishers.
- Singh, A., Ferry, D., Ramakrishnan, A., & Balasubramanian, S. (2020). Using virtual reality in biomedical engineering education. *Journal of biomechanical engineering*, 142(11), 111013.
- Sinha, R., Sapre, A., Patil, A., Singhvi, A., Sathe, M., & Rathi, V. (2012). *Earthquake disaster simulation in immersive 3d environment*. In 15th World conference on earthquake engineering (pp. 24-28).
- Slater, M., & Sánchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(6), 603-616.
- Soliman, M., Pesyridis, A., Dalaymani-Zad, D., Gronfula, M., & Kourmpetis, M. (2021). The application of virtual reality in engineering education. *Applied Sciences*, 11(6), 2879.
- Stuchlíková, L., Kósa, A., Benko, P., & Juhász, P. (2017). *Virtual reality vs. reality in engineering education*. In 2017 15th international conference on emerging eLearning technologies and applications (ICETA) (pp. 1-6). IEEE.
- Solé-Beteta, X., Navarro, J., Gajšek, B., Guadagni, A., & Zaballos, A. (2022). A data-driven approach to quantify and measure students' engagement in synchronous virtual learning environments. *Sensors*, 22(9), 3294.

- Souza, V. C., de Azeredo, S. B., dos Santos Carretero, J., de Brito, F. C., Tavares, P. R., de Souza, M. D. F., ... & Demuner, J. A. (2024). Integrating technologies, active methodologies, and curriculum: promoting interactivity in the teaching-learning process. *Contribuciones A Las Ciencias Sociales*, 17(2), e5205-e5205.
- Sulbaran, T. & Baker, N.C., (2000). *Enhancing engineering education through distributed virtual reality*. Frontiers in Education. Conference Proceedings, pp. S1D/13-S1D/18, 30th Annual Frontiers in Education—Vol 2 (FIE'2000).
- Tewell, J., & Ranasinghe, N. (2024). *A Review of Olfactory Display Designs for Virtual Reality Environments*. ACM Computing Surveys.
- Thoben, K. D., Wiesner, S., & Wuest, T. (2017). “Industrie 4.0” and smart manufacturing—a review of research issues and application examples. *International journal of automation technology*, 11(1), 4-16.
- Tijou, A., Richard, E. & Richard, P., (2006). *Using Olfactive Virtual Environments for Learning Organic Molecules*. In proceeding of: Technologies for E-Learning and Digital Entertainment, First International Conference, Edutainment 2006, Hangzhou, China, April 16-19.
- Tiwana, M. I., Redmond, S. J., & Lovell, N. H. (2012). A review of tactile sensing technologies with applications in biomedical engineering. *Sensors and Actuators A: physical*, 179, 17-31.
- Trabysh, V., Feldhacker, T. J., Rizzardo, C., Johnson, J., Tripp, L., Halverson, K., & Gonzalez III, A. (2021). *I Feel the Need for Speed: Empirical Evidence of the Effectiveness of VR Training Technology on Knowledge and Skill Acquisition*. In International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (pp. 19-26). Cham: Springer International Publishing.
- Universidad Politécnica de Madrid. (s.f.). *Laboratorio Virtual de Manufactura*. <https://3dlabs.upm.es/web/informacion.php>

- Universidad Técnica de Múnich. (s.f.). *Entrenamiento CNC y realidad virtual en el MakerSpace de TUM*. <https://www.artec3d.com/es/news/makerspace-3D-scanning-training>
- Van Damme, S., Vega, M. T., & De Turck, F. (2020). *Human-centric quality management of immersive multimedia applications*. In 2020 6th IEEE Conference on Network Softwarization (Net-Soft) (pp. 57-64). IEEE.
- van der Meer, N., van der Werf, V., Brinkman, W. P., & Specht, M. (2023). Virtual reality and collaborative learning: A systematic literature review. *Frontiers in Virtual Reality*, 4, 1159905.
- Van Krevelen, D. W. F., & Poelman, R. (2010). A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International Journal of Virtual Reality*, 9(2), 1.
- Velosa, J. D., Cobo, L., Castillo, F., & Castillo, C. (2018). *Methodological proposal for use of virtual reality VR and augmented reality AR in the formation of professional skills in industrial maintenance and industrial safety*. In Online Engineering & Internet of Things: Proceedings of the 14th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation REV 2017, held 15-17 March 2017, Columbia University, New York, USA (pp. 987-1000). Springer International Publishing.
- Wagemann, E., & Martínez, J. (2022). Realidad Virtual (RV) inmersiva para el aprendizaje en arquitectura. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 27(41), 186-195. doi:10.4995/ega.2022.15581
- Wagner, D., Langlotz, T., & Schmalstieg, D. (2010). *Robust and unobtrusive marker tracking on mobile phones*. In Proceedings of the IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (pp. 121-124). IEEE.
- Walther, J., Kellam, N., Sochacka, N., & Radcliffe, D. (2011). Engineering competence? An interpretive investigation of engineering students' professional formation. *Journal of Engineering Education*, 100(4), 703-740.

- Wang, P., Wu, P., Wang, J., Chi, H. L., & Wang, X. (2018). A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training. *International journal of environmental research and public health*, 15(6), 1204.
- Winkler, I., Murari, T. B., Ferreira, C. V., & Freitas, F. (2022). VR-based product development process: opportunities and challenges in the automotive industry. *Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada (SVR)*, 41-44.
- Wusha H., Chen, Q., Wang, M., & Ye, H., (2013). Virtual Training System for Hydraulic Pump Cart based on Virtual Reality. *Telkomnika*, 11(8), 4282-4290.
- Xie, J., Wang, Y., Wang, X., & Li, J. (2024). A VR-based practice cultivation mode for mechanical engineering graduates to enhance complex engineering abilities. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 03064190241266066.
- Yong, W., Hong-Wen, L., Zheng-Chun, L., & Ming-Shu, H., (2012). *Application of Virtual Reality Technology in the Maintenance Training System of Mobile Power Stations*. Second International Conference on Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control
- Zahabi, M., & Abdul Razak, A. M. (2020). Adaptive virtual reality-based training: a systematic literature review and framework. *Virtual Reality*, 24(4), 725-752.
- Zhao, Y., Wang, N., Li, H., & Wu, Y. (2022). Virtual reality in the post-pandemic era: Understanding presence and social interaction in virtual environments. *Computers in Human Behavior*, 127, 107015. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107015>
- Zhu, Y., (2013). QuickTime Virtual Reality Technology Applies to Practical Teaching Recording System. *Telkomnika*, 11(11), 6315-6320





Religación

**Press**

Ideas desde el Sur Global



**Religación**  
Press



ISBN: 978-9942-664-71-6



9 789942 664716