**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Metodología de Evaluación de Usabilidad para Entornos de Realidad Virtual Controlados por IA:**

**Mejora de la Experiencia de Usuario y Análisis de Satisfacción.**

.

**César Sebatían Cárdenas Díaz**

**Ingeniería en Ciencias de la Computación**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito

para la obtención del título de

Ingeniero en Ciencias de la Computación

Quito, 03 de marzo de 2024

**Universidad San Francisco de Quito USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

HOJA DE CALIFICACIÓN

DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Metodología de Evaluación de Usabilidad para Entornos de Realidad Virtual Controlados por IA:

Mejora de la Experiencia de Usuario y Análisis de Satisfacción.

César Sebastían Cárdenas Díaz

**Nombre del profesor, Título académico** Diego Riofrío Luzcando, Dr

Quito, 03 de marzo de 2024

**© DERECHOS DE AUTOR**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: César Sebastían Cárdenas Diaz

Código: 208179

Cédula de identidad: 1722374236

Lugar y fecha: Quito, 03 de marzo de 2024

**ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

**UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

En texto normal, debes presentar una descripción completa pero concisa de tu trabajo, que motive a potenciales lectores a revisarlo por completo. El resumen debe indicar claramente cuál es el asunto tratado en el trabajo, haciendo referencia a las motivaciones y enfoques utilizados para su desarrollo, los resultados más destacables, y las principales conclusiones que indiquen las implicaciones actuales y perspectivas futuras del asunto.

**Palabras clave:** Deben incluir entre 5 y 10 palabras claves que describan tu artículo.

ABSTRACT

En texto normal, debe ser una traducción precisa del resumen.

**Key words:** Presentar una traducción precisa de las palabras clave.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción 10

Contexto y Justificación 10

Objetivos Generales y Específicos 12

Estado del Arte 13

Desarrollo del Tema 14

Conclusiones 15

Referencias bibliográficas (ejemplo estilo APA) 16

Anexo A: Título 16

Anexo B: Título 16

Anexo C: Título 16

ÍNDICE DE TABLAS

(Este índice se incluye únicamente si el estudiante utiliza tablas en el contenido)

En el cuerpo del documento, los títulos de las tablas deben utilizar el formato:

Tabla #. Título de la tabla (debe ser autodescriptivo y no debe depender del texto) …..12

ÍNDICE DE FIGURAS

(Este índice se incluye únicamente si el estudiante utiliza figuras en el contenido)

En el cuerpo del documento, los títulos de las tablas deben utilizar el formato:

Figura #. Título de la figura (debe ser autodescriptivo y no debe depender del texto)….. 12

# Introducción

## Contexto y Justificación

La realidad virtual (VR) ha revolucionado la forma en que interactuamos con los diversos entornos digitales y si en esto se añade la Inteligencia Artificial (IA), nos proporciona un nuevo entorno tecnológico que nos permite crear aplicaciones innovadoras en múltiples sectores. Esta es una idea que va adquiriendo relevancia con el pasar del tiempo. Por ejemplo, según un artículo de la revista IT Masters, “¿Qué es y hacia dónde avanza la realidad virtual?”, la realidad virtual es una tecnología versátil que se ha convertido en una herramienta integral en nuestra vida cotidiana y profesional, desplegándose en una variedad de campos que van más allá del entretenimiento. Desde la creación de mundos virtuales en videojuegos hasta aplicaciones prácticas en medicina, educación, y terapia, ha demostrado ser una tecnología versátil y transformadora. En este aspecto, la optimización de la experiencia de usuario (UX) es esencial (Pando, 2023).

El estudio de la usabilidad en entornos de VR, especialmente cuando se integran agentes controlados por IA, presenta desafíos significativos y oportunidades transformadoras. La importancia de la usabilidad en entornos de realidad virtual según el artículo, “Realidad virtual y el metaverso: Transformando el ámbito profesional e industrial” se centra en comprender y mejorar la interacción entre usuarios y entidades virtuales impulsadas por inteligencia artificial, esto es esencial para desbloquear el potencial completo de estas tecnologías emergentes.

En este contexto, es crucial definir la usabilidad según el estándar ISO 9241 de 1998, complementado con detalles adicionales de ISO/IEC 25010. La usabilidad se define como la efectividad, eficiencia y satisfacción de usuarios específicos que logran metas específicas en un contexto de uso particular. La efectividad se refiere a la precisión y completitud con la cual los usuarios pueden alcanzar dichas metas. El campo de la Interacción Humano-Computadora (HCI) y la usabilidad se originaron en la década de 1980, relacionados con la creciente popularidad de las computadoras personales entre los usuarios comunes. En este contexto, el diseño de software debía ser amigable para el usuario, es decir, intuitivo y fácil de usar incluso para usuarios no especializados en esta rama tecnológica.

Jakob Nielsen, al referirse a la usabilidad, propone cinco elementos que definen la usabilidad, estos son: Aprendizaje, la facilidad con la que el usuario puede realizar tareas básicas la primera vez que interactúa con el diseño. Eficiencia, la rapidez con la que el usuario puede realizar tareas una vez que ha aprendido el diseño. Memorabilidad, la facilidad con la que el usuario recupera la eficiencia al regresar al diseño después de un período sin usarlo. Errores, la cantidad de errores que cometen los usuarios y la facilidad con la que pueden recuperarse de ellos. Satisfacción, el placer que experimenta el usuario al utilizar el diseño (Nielsen, 2024). La usabilidad se convierte así en una condición necesaria. Si una aplicación es difícil de usar, las personas lo dejaran. En el caso de intranets, la usabilidad se traduce en productividad del empleado. Las prácticas actuales sugieren asignar aproximadamente el 10% del presupuesto de un proyecto de diseño a la usabilidad, lo que puede más que duplicar las métricas de calidad deseadas de una aplicación o intranet.

Este proyecto busca contribuir al avance de la investigación en la intersección de la realidad virtual y la inteligencia artificial, ofreciendo descubrimientos valiosos para diseñadores, desarrolladores y profesionales involucrados en la creación y mejora de experiencias inmersivas. Con un enfoque específico en la usabilidad, se propone una metodología experimental robusta para evaluar la satisfacción del usuario y los desafíos de uso en entornos de VR con agentes de IA, con la aspiración de potenciar el diseño de experiencias virtuales más efectivas, eficientes y satisfactorias.

## Objetivos Generales y Específicos

***Generales***

* Desarrollar una metodología de evaluación de usabilidad específica para entornos de Realidad Virtual (VR) controlados por Inteligencia Artificial, que permitan la mejora de la Experiencia de Usuario (UX), identificando y abordando los desafíos y oportunidades para la optimización de la interacción y satisfacción del usuario.

***Específicos***

* Identificar los desafíos particulares relacionados con la usabilidad en entornos de VR controlados por IA, centrándose en la interacción usuario-agente y aspectos clave como la navegación y retroalimentación.
* Diseñar una metodología experimental precisa y reproducible que permita la evaluación cuantitativa y/o cualitativa de la satisfacción del usuario al interactuar con agentes de IA en entornos de VR.
* Formular recomendaciones y soluciones específicas para el abordaje de los desafíos identificados, para la optimización de la usabilidad y la experiencia global del usuario en entornos de VR con agentes de IA.
* Evaluar la aplicabilidad de las recomendaciones propuestas mediante pruebas adicionales y validación con usuarios reales, ajustando la metodología según sea necesario.

# estado del arte

La convergencia de la realidad virtual (VR) y la inteligencia artificial (IA) ha generado una sinergia tecnológica que redefine las experiencias de usuario en distintos sectores. Al explorar el estado actual de estas tecnologías, se revela una gran gama de avances significativos y desafíos por abordar. Donde se destaca la importancia de la interacción usuario-entorno en el aprendizaje de modelado 3D dentro de la realidad virtual, hallando valiosos datos sobre la usabilidad y la experiencia del usuario (Huang & Lee, 2019).

A su vez, al enfocarnos al estado actual del UX obtenemos una visión general de la investigación en sistemas de realidad virtual, obteniendo orientación sobre enfoques y factores a considerar en el diseño de interfaces de Realidad Virtual (Kim et al., 2019). En el estudio piloto desarrollado por Kamińska et al. (2022), evaluó la usabilidad de aplicaciones de realidad virtual, donde se destacó la relevancia de considerar la experiencia del usuario y la usabilidad al concebir y evaluar aplicaciones de este tipo. Estos hallazgos refuerzan la importancia de una cuidadosa consideración de la experiencia del usuario en el diseño y evaluación de entornos de realidad virtual.

Al profundizar la experiencia del usuario debemos hablar sobre las pantallas inmersivas, como el usuario percibe estas interacciones, el estudio realizado por Shin (2019), proporciona conocimientos sobre la inmersión y cómo esta afecta la percepción de calidad del usuario, destacando la importancia de estos temas para la realidad virtual. Continuando con la realidad virtual, debemos pensar debemos resaltar diferencias esenciales para nuestra metodología de evaluación de usabilidad en entornos de realidad virtual controlados por IA, influenciando directamente la mejora de la experiencia del usuario y la eficacia del aprendizaje (So, 2016).

El estudio realizado por Kourtesis et al. (2019), focalizado en la validación del Cuestionario de Neurociencia de Realidad Virtual (VRNQ), proporciona conocimientos sobre la duración máxima de las sesiones de realidad virtual sin efectos adversos, enriqueciendo nuestra comprensión de la experiencia del usuario en entornos de realidad virtual. Además, el estudio de Hariyanto et al. (2020), centrado en la evaluación de la usabilidad de un sistema de e-learning adaptativo personalizado, contribuye a nuestra comprensión de la usabilidad en el contexto educativo.

Finalmente, le enfoque que nos presenta Harms (2019) para la automatización de evaluación la usabilidad en aplicaciones de realidad virtual, alineándose con la creciente demanda de evaluaciones rápidas y precisas en este entorno, nos muestra un enfoque donde a partir de árboles de tareas se encuentra problemas de usabilidad. En el estudio sobre el impacto de las conversaciones de NPC basadas en modelos de lenguaje en videojuegos de rol (Csepregi, 2021), se revela que la implementación de NPC contextuales mejora significativamente la experiencia del jugador, destacando la importancia de la integración de elementos contextuales para aumentar el compromiso y la satisfacción.

Estos diversos aspectos abordados en los artículos científicos ofrecen una visión completa de los desafíos y oportunidades en la intersección de la realidad virtual y la inteligencia artificial. Cada estudio contribuye al entendimiento de la usabilidad y la experiencia del usuario en estos entornos, respaldando así la investigación y mejora continua de la metodología de evaluación de usabilidad en nuestro proyecto.

# Desarrollo del tema

En esta sección se desarrolla el tema elegido para el trabajo final. Se debe guardar el rigor académico haciendo referencia a la bibliografía utilizada. El estudiante deberá desarrollar el tema en función del entregable final que corresponde:

* Un trabajo final o reporte escrito; o,
* La reflexión teórica escrita de una presentación o producción artística abierta al público (carreras relacionadas con artes).

# Conclusiones

Presenta los aportes de este trabajo con base en lo investigado, es importante que como autor puedas analizar el tema y su relevancia para la profesión dentro del contexto nacional e internacional (presenta similitudes, diferencias entre los diferentes enfoques del tema investigado). En el caso de presentaciones artísticas o creativas se debe describir de qué se tratan y justificar sus elementos, obligatoriamente incluir anexos con fotos, evidencias (partituras, enlaces a videos, etc.) del producto elaborado. Realiza un análisis de lo que has aprendido en este trabajo, incluye sugerencias de estudios posibles que se realicen en el futuro para comprender de mejor manera el tema, menciona alguna dificultad que hayas tenido para realizar este trabajo y sus razones.

# Referencias bibliográficas

Csepregi, L. M. (2021). The effect of context-aware LLM-based NPC conversations on player engagement in role-playing video games. *Department Of Architecture, Design And Media Technology*. <https://projekter.aau.dk/projekter/files/536738243/The_Effect_of_Context_aware_LLM_based_NPC_Dialogues_on_Player_Engagement_in_Role_playing_Video_Games.pdf>

Hariyanto, D., Triyono, M. B., & Köhler, T. (2020). Usability evaluation of personalized adaptive e-learning system using USE questionnaire. *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal*, 85-105. <https://doi.org/10.34105/j.kmel.2020.12.005>

Harms, P. (2019). Automated Usability Evaluation of Virtual Reality Applications. *ACM Transactions On Computer-Human Interaction*, *26*(3), 1-36. <https://doi.org/10.1145/3301423>

Huang, H., & Lee, C. (2019). Factors affecting usability of 3D model learning in a virtual reality environment. *Interactive Learning Environments*, *30*(5), 848-861. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1691605>

IBM. (2023). *¿Qué es la Inteligencia Artificial (IA)? | IBM*. <https://www.ibm.com/mx-es/topics/artificial-intelligence>

Kamińska, D., Zwoliński, G., & Laska-Leśniewicz, A. (2022). Usability Testing of Virtual Reality Applications—The Pilot Study. *Sensors*, *22*(4), 1342. <https://doi.org/10.3390/s22041342>

KeepCoding, R. (2023, 27 septiembre). Diseño UX para aplicaciones de realidad virtual. *KeepCoding Bootcamps*. <https://keepcoding.io/blog/ux-para-aplicaciones-de-realidad-virtual/>

Kim, Y. M., Rhiu, I., & Yun, M. H. (2019). A Systematic Review of a Virtual Reality System from the Perspective of User Experience. *International Journal Of Human-Computer Interaction*, *36*(10), 893-910. <https://doi.org/10.1080/10447318.2019.1699746>

Kourtesis, P., Collina, S., Doumas, L. A. A., & MacPherson, S. E. (2019). Validation of the Virtual Reality Neuroscience Questionnaire: Maximum Duration of Immersive Virtual Reality Sessions Without the Presence of Pertinent Adverse Symptomatology. *Frontiers In Human Neuroscience*, *13*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00417>

Nielsen, J. (2024, 31 enero). *Usability 101: Introduction to Usability*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>

Pando, F. (2023, 19 octubre). *¿Qué es y hacia dónde avanza la realidad virtual?* IT Masters Mag. <https://www.itmastersmag.com/noticias-analisis/que-es-y-hacia-donde-avanza-la-realidad-virtual/>

*Realidad virtual y el metaverso: Transformando el ámbito profesional e industrial*. (2023). Interempresas. <https://www.interempresas.net/TIC/Articulos/486451-Realidad-virtual-y-el-metaverso-Transformando-el-ambito-profesional-e-industrial.html>

Shin, D. (2019). How do users experience the interaction with an immersive screen? *Computers In Human Behavior*, *98*, 302-310. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.11.010>

So, Y. (2016). A Comparison Analysis of Usability Evaluation for Simulation Learning based on Web 3D and Virtual Reality. *The Journal Of The Korea Contents Association*, *16*(10), 719-729. <https://doi.org/10.5392/jkca.2016.16.10.719>

Thoughtworks. (2024). *Agentes de IA desatados: una nueva era de eficiencia*. <https://www.thoughtworks.com/es-es/insights/blog/machine-learning-and-ai/ai-agents-unleashed-new-era-efficiency>

*Usability*. (2022). <https://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25010/61-usability>

Vegas, E. (2022, 11 septiembre). *Experiencia de Usuario es vital para crear AR/VR*. Emiliusvgs. <https://emiliusvgs.com/guia-experiencia-usuario-realidad-aumentada-virtual/>

# Anexo A: Título

(Si hubiere anexos. Ver requerimientos de anexos obligatorios para trabajos de carreras relacionadas a las artes)

# Anexo B: Título

(Si hubiere anexos. Ver requerimientos de anexos obligatorios para trabajos de carreras relacionadas a las artes)

# Anexo C: Título

(Si hubiere anexos. Ver requerimientos de anexos obligatorios para trabajos de carreras relacionadas a las artes)

Se recomienda iniciar cada anexo en una nueva hoja. Se puede incluir anexos adicionales (ANEXO D: TÍTULO, ANEXO E: TÍTULO, ANEXO F: TÍTULO, etc.) de conforme la necesidad de presentación de los mismos en el trabajo. Ver requerimientos de anexos obligatorios para trabajos de carreras relacionadas a las artes.