

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Metodología de Evaluación de Usabilidad para Entornos de
Realidad Virtual con Agentes Controlados por IA:
Mejora de la Experiencia de Usuario y Análisis de Satisfacción.**

César Sebastián 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, 17 de abril 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 con Agentes Controlados por IA:
Mejora de la Experiencia de Usuario y Análisis de Satisfacción.**

César Sebastián Cárdenas Díaz

Nombre del profesor, Título académico

Diego Riofrío Luzcando, Dr

Quito, 17 de abril 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 Sebastián Cárdenas Díaz

Código: 208179

Cédula de identidad: 1722374236

Lugar y fecha: Quito, 17 de abril 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UNPUBLISHED DOCUMENT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

El avance de la realidad virtual (VR) y la inteligencia artificial (IA) ha desencadenado una revolución en la interacción humana con entornos digitales. Esta convergencia tecnológica ha permeado múltiples sectores, desde el entretenimiento hasta la medicina y la educación. Sin embargo, garantizar una experiencia de usuario (UX) óptima en estos entornos es crucial para desbloquear todo su potencial. Este estudio se centra en la usabilidad en entornos de VR, especialmente cuando se integran agentes controlados por IA. Se adopta una definición de usabilidad conforme al estándar ISO 9241 y se complementa con detalles de ISO/IEC 25010, enfocándose en la efectividad, eficiencia y satisfacción del usuario. A partir de los principios de Jakob Nielsen sobre usabilidad, se investiga cómo los usuarios interactúan con entidades virtuales impulsadas por IA. Este proyecto 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 el objetivo de mejorar la efectividad, eficiencia y satisfacción del usuario en experiencias virtuales. Los hallazgos de esta investigación tienen el potencial de informar y mejorar el diseño y desarrollo de futuras aplicaciones de realidad virtual y tecnologías relacionadas.

Palabras clave: Realidad virtual, inteligencia artificial, usabilidad, ISO 9241, ISO/IEC 25010, experiencia de usuario, agentes de IA, entornos virtuales.

ABSTRACT

The advancement of virtual reality (VR) and artificial intelligence (AI) has triggered a revolution in human interaction with digital environments. This technological convergence has permeated multiple sectors, from entertainment to medicine and education. However, ensuring optimal user experience (UX) in these environments is crucial to unlocking their full potential. This study focuses on usability in VR environments, especially when AI-controlled agents are integrated. A usability definition is adopted according to ISO 9241 standards and complemented with details from ISO/IEC 25010, focusing on user effectiveness, efficiency, and satisfaction. Building upon Jakob Nielsen's usability principles, the research investigates how users interact with AI-driven virtual entities. This project proposes a robust experimental methodology to evaluate user satisfaction and usage challenges in VR environments with AI agents, aiming to enhance user effectiveness, efficiency, and satisfaction in virtual experiences. The findings of this research have the potential to inform and improve the design and development of future virtual reality applications and related technologies.

Key words: Virtual reality, artificial intelligence, usability, ISO 9241, ISO/IEC 25010, user experience, AI agents, virtual environments.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	10
Contexto y Justificación	10
Objetivos	11
Estado del arte.....	13
Desarrollo del tema.....	15
Investigación	15
Características	16
Atributos	18
Cuestionario	20
Validación del Cuestionario	24
Conclusiones	28
Referencias bibliográficas	30
Anexo A: Estudio de Características de evaluación.....	36
Anexo B: Cuestionario	37
Anexo C: Repositorio.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de Evaluación	15
Tabla 2 Atributos de Características de Evaluación	20
Tabla 3 Preguntas Cuestionario Usabilidad.....	24
Tabla 4 Resultados Validación Cuestionario.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Resultados Evaluación por Usuario.....	26
Figura 2 Promedio Resultados	26

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. 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 [6].

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 se centra en comprender y mejorar la interacción entre usuarios y entidades virtuales impulsadas por inteligencia artificial [7], 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 [39], 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. Memorability, 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 [12]. La usabilidad se convierte así en una condición necesaria. Si una aplicación es difícil de usar, las personas lo dejarán. 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.

Este proyecto busca contribuir al avance de la investigación en la intersección de la realidad virtual y la inteligencia artificial, ofreciendo hallazgos relevantes 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 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

- Desarrollar una metodología de evaluación de usabilidad específica para entornos de Realidad Virtual (VR) con agentes controlados por Inteligencia Artificial, que permita

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 con agentes inteligentes, 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.
- Diseñar un cuestionario basado en la metodología desarrollada y los desafíos identificados, con el fin de recopilar datos para una evaluación precisa y reproducible de la satisfacción del usuario al interactuar con agentes de IA en entornos de VR.
- Evaluar la efectividad de la metodología mediante pruebas adicionales y validación con expertos en computación que interactúen con un entorno de VR específico, aplicando el formulario diseñado y ajustando la metodología según los resultados obtenidos.

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 [1].

A su vez, al dirigir nuestra atención al estado actual del UX se obtiene una visión general de la investigación en sistemas de realidad virtual, lo que proporciona orientación sobre los enfoques y factores a considerar en el diseño de interfaces de Realidad Virtual [2]. Estos enfoques y factores se vieron reflejados en un estudio piloto llevado a cabo por Kamińska, donde se evaluó la usabilidad de aplicaciones de realidad virtual, destacando la importancia de considerar la experiencia del usuario y la usabilidad al concebir y evaluar aplicaciones de este tipo [14]. 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 en la experiencia del usuario se aborda el tema de las pantallas inmersivas y como el usuario percibe estas interacciones. El estudio realizado por Shin proporciona conocimientos sobre la inmersión y su impacto en la percepción de calidad del usuario, destacando la importancia de estos temas para la realidad virtual [3]. En cuanto a la realidad virtual, se deben resaltar diferencias esenciales para la metodología de evaluación de usabilidad en entornos de realidad virtual con agentes controlados por IA, lo que influye directamente en la mejora de la experiencia del usuario y la eficacia del aprendizaje [5].

El estudio realizado por Kourtesis, focalizado en la validación del Cuestionario de Neurociencia de Realidad Virtual (VRNQ) [16], proporciona conocimientos sobre la duración máxima de las sesiones de realidad virtual sin efectos adversos, enriqueciendo así la comprensión de la experiencia del usuario en entornos de realidad virtual. Además, el estudio realizado por Hariyanto, centrado en la evaluación de la usabilidad en un sistema de e-learning adaptativo personalizado, contribuye a la comprensión de la usabilidad en el contexto educativo [15].

Finalmente, el enfoque presentado por Harms 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, muestra un método donde se identifican problemas de usabilidad a partir de árboles de tareas [4]. En el estudio sobre el impacto de las conversaciones de NPC basadas en modelos de lenguaje en videojuegos [17], 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.

Los 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 del proyecto.

DESARROLLO DEL TEMA

Investigación

Se ha realizado una revisión exhaustiva de la usabilidad en entornos de realidad virtual e inteligencia artificial. El estudio incluyó la evaluación de tutoriales de realidad virtual [18], pruebas de usabilidad en entornos industriales [19], y la comparación de métodos de evaluación tradicionales y específicos para entornos virtuales [20]. Además, se examinaron la usabilidad de sitios web de bibliotecas [21], sistemas de e-learning adaptativos [15], y aplicaciones de realidad virtual [14], entre otros. Esta investigación resalta la importancia de considerar la experiencia del usuario al diseñar y evaluar sistemas de realidad virtual e inteligencia artificial.

Como resultado de este análisis exhaustivo, se realizó un desglose de las características más esenciales al momento de evaluación de la usabilidad en ambos campos, realidad virtual e inteligencia artificial, como se puede ver en el Anexo A, donde se destacaron ocho características de usabilidad entre varios documentos, las cuales están presentadas de manera resumida en la Tabla 1.

Características	Documentos
Learnability	[18],[19],[20],[15],[16],[24]
Satisfacción Usuario	[18],[19],[15],[14],[22],[25]
Friendliness	[15],[14],[5],[22],[24]
Interacción	[19],[20],[14],[16],[22],[24]
Comprensión	[20],[14],[5],[22],[23],[25]
Adaptabilidad	[20],[21],[16],[22],[23],[24]
Navegación	[19],[20],[15],[5],[24]
Nivel de inmersión	[19],[20],[14],[16],[24],[25]

Tabla 1 Características de Evaluación

Estas características indican donde se debe poner mas énfasis al momento de realizar la metodología de usabilidad. Además, estos hallazgos sugieren la necesidad de abordar temas específicos en las evaluaciones de usabilidad de sistemas de inteligencia artificial, como la

introducción de herramientas de evaluación específicas para asistentes de voz [25]. Además, se destaca la importancia de la retroalimentación cualitativa de los usuarios para guiar el desarrollo futuro de sistemas interactivos [23]. En conclusión, esta investigación proporciona una visión integral de la usabilidad en entornos de realidad virtual e inteligencia artificial, enfatizando la importancia de considerar las necesidades y experiencias de los usuarios para diseñar sistemas efectivos.

La inclusión de múltiples investigaciones de diversos autores en la tabla del anexo A, obedece a la necesidad de recopilar y comparar diferentes enfoques y hallazgos relacionados con la usabilidad en entornos de realidad virtual e inteligencia artificial. Estas investigaciones, que se centran principalmente en la usabilidad, ofrecen una variedad de perspectivas y metodologías para evaluar aspectos clave como learnability, satisfacción del usuario, friendliness, interacción, comprensión, adaptabilidad, navegación y nivel de inmersión, las cuales se definen brevemente a continuación.

Características

Learnability (Facilidad de Aprendizaje): Se refiere a la rapidez con la que los usuarios pueden comprender y utilizar un sistema de realidad virtual controlado por IA. Es crucial diseñar interfaces intuitivas y tutoriales interactivos que faciliten el aprendizaje y la adaptación de los usuarios al entorno virtual [27].

Amigabilidad: Implica que el sistema se perciba como acogedor y comprensible, fomentando una interacción fluida y agradable. Diseñar interfaces y agentes virtuales amigables y receptivos mejora la comodidad y confianza del usuario [32].

Interacción: Evalúa la eficiencia y efectividad de las acciones del usuario en el entorno virtual. Es esencial diseñar interfaces intuitivas y utilizar sistemas de reconocimiento de voz y gestos para facilitar una comunicación fluida [33].

Comprensión: Determina la facilidad con la que los usuarios interpretan la información presentada por el sistema. Es crucial diseñar interfaces claras y coherentes que permitan una interpretación precisa de los elementos visuales y auditivos [32].

Adaptabilidad: Se refiere a la capacidad del sistema para adaptarse a las necesidades y preferencias individuales de los usuarios. Ofrecer opciones de personalización y utilizar algoritmos de aprendizaje automático mejora la experiencia del usuario [31].

Navegación: Evalúa la facilidad con la que los usuarios pueden moverse dentro del entorno virtual. Es esencial diseñar sistemas intuitivos que guíen al usuario de manera natural y eviten la desorientación [34].

Nivel de Inmersión: Determina la sensación de estar completamente inmerso en el entorno virtual. Utilizar tecnologías avanzadas de visualización y audio mejora la experiencia del usuario y aumenta la satisfacción con el sistema [35].

Satisfacción del Usuario: Se refiere a la percepción subjetiva de los usuarios sobre su experiencia general con el sistema. Proporcionar funcionalidades efectivas, experiencias inmersivas y personalización aumenta la satisfacción del usuario y promueve un mayor uso del sistema [29].

Estas características son fundamentales para garantizar una experiencia de usuario satisfactoria y efectiva en entornos de realidad virtual con inteligencia artificial.

Atributos

Las características identificadas presentan atributos distintivos que se entrelazan en el contexto de la realidad virtual y la inteligencia artificial. Grossman aborda la facilidad con la que los nuevos usuarios pueden iniciar una interacción efectiva y lograr un rendimiento óptimo, destacando la influencia de la interacción con el entorno, la claridad de las instrucciones y el tiempo necesario para alcanzar esta competencia [27].

Al hablar sobre la interacción entre un agente inteligente y el usuario, surge el concepto de amigabilidad o "friendliness", que se refiere a la calidad de la interacción que hace que el agente sea percibido como amigable, cálido y agradable. Esto es esencial en la interacción humano-máquina, ya que puede influir en la disposición del usuario a utilizar los servicios del sistema [32]. Además, la comprensión es crucial para las entidades involucradas en la interacción, ya que implica la capacidad de los usuarios y los agentes artificiales para entender y procesar la información intercambiada durante el diálogo. Esta capacidad influye en la calidad de la interacción y en la satisfacción del usuario [32].

La satisfacción del usuario también emerge como un aspecto fundamental en la experiencia en línea, influenciada por factores como la estética y la usabilidad. La primera impresión del sitio web, según se menciona, depende de la motivación del usuario al visitarlo [29]. En el contexto de la realidad virtual, la interacción se refiere a cómo los usuarios se relacionan con el entorno virtual y realizan acciones dentro de una aplicación. Esta interacción incluye selección y manipulación de objetos virtuales, los cuales están diseñados para simular las acciones que los usuarios realizarían en situaciones reales [33].

Heijsters define la adaptabilidad como la capacidad de la herramienta para ajustarse a las necesidades y preferencias de los usuarios, brindando una experiencia personalizada [31],

mientras que la navegación implica la capacidad de recordar ubicaciones en un entorno virtual y seguir una ruta específica para identificar estos puntos de referencia [34]. Por otro lado, el nivel de inmersión se refiere a la capacidad de un sistema de realidad virtual para sumergir a los usuarios de manera convincente en un entorno simulado, logrado a través de factores como la calidad de los gráficos y la retroalimentación sensorial [35].

Gracias a estos conceptos y al estudio previamente realizado, se logra un nuevo desglose de características que profundiza en la comprensión de la usabilidad en entornos de realidad virtual con inteligencia artificial.

Características	Atributos
Learnability	Entorno Intuitivo
	Claridad de las instrucciones y tutoriales
	Tiempo requerido para dominar las acciones básicas
	Retroalimentación sobre el progreso del usuario
Friendliness	Comportamiento amigable de los agentes
	Sensación de comodidad y seguridad
	Respuestas emocionales y expresiones faciales de los agentes
Interacción	Variedad de opciones de interacción (gestos, voz, etc.)
	Capacidad de respuestas en tiempo real a las acciones del usuario
	Interacción con el ambiente
Comprensión	Lectura de Textos en el ambiente
	Comunicación Usuario-Agente
	Interpretación de comandos y solicitudes
Adaptabilidad	Personalización de la experiencia según las preferencias del usuario
	Adaptación a diferentes estilos de comunicación del usuario
	Flexibilidad para adaptación a diferentes perfiles de usuario
Navegación	Facilidad para moverse dentro del entorno virtual
	Claridad de las indicaciones y señalizaciones
	Efectividad de los controles de navegación (joystick, teletransporte, etc.)
Nivel de inmersión	Calidad visual (gráficos realistas, resolución, etc.)
	Calidad auditiva (efectos de sonido, música, etc.)
	Elementos sensoriales adicionales (olor, temperatura, etc.)
	Malestar cibernético (mareos, fatiga visual, etc.)
Satisfacción Usuario	Expectativas del usuario
	Placer y disfrute durante la interacción
	Objetivos del usuario

Tabla 2 Atributos de Características de Evaluación

Cuestionario

Al iniciar el desarrollo del cuestionario de usabilidad, es esencial considerar la diversidad de atributos evaluados en los entornos de realidad virtual con inteligencia artificial. En este contexto, se opta por una estrategia que combina preguntas cualitativas y cuantitativas para obtener una visión completa de la experiencia del usuario. La elección de esta metodología se fundamenta en la comprensión de que una evaluación exclusivamente cuantitativa puede resultar insuficiente para capturar la complejidad de las percepciones y necesidades del usuario [23].

Las preguntas cualitativas permiten una exploración más profunda y detallada de las experiencias, opiniones y preferencias de los usuarios. Al brindar la oportunidad de respuestas abiertas, estas preguntas fomentan una retroalimentación más rica y significativa [38]. Los usuarios tienen la libertad de expresar sus pensamientos de manera más amplia y detallada, lo que proporciona información valiosa sobre aspectos que podrían pasarse por alto en una evaluación cuantitativa. Además, las respuestas cualitativas pueden revelar patrones emergentes, temas comunes y áreas de mejora que no se captarían fácilmente mediante medidas numéricas. Por otro lado, las preguntas cuantitativas ofrecen la posibilidad de recopilar datos objetivos y medibles sobre la usabilidad del sistema. Estas preguntas permiten obtener métricas específicas que pueden ser comparadas, analizadas estadísticamente y utilizadas para evaluar el rendimiento del sistema de manera cuantitativa. [23].

La combinación de preguntas cualitativas y cuantitativas en el cuestionario de usabilidad proporciona un enfoque equilibrado que aprovecha tanto la profundidad de la retroalimentación cualitativa como la objetividad de las medidas cuantitativas, lo que en última instancia enriquece la comprensión del desempeño del sistema y orienta las mejoras

futuras. Este cuestionario se basa en el diseño de Gary Perlman [36], el cual se encuentra detallado en el Anexo B. Además, en la tabla 3 se presentan detalladamente las preguntas cualitativas y cuantitativas correspondientes a cada atributo identificado, tal como se muestra en la tabla 2. Esta estructura permite una evaluación exhaustiva y sistemática de múltiples aspectos de la usabilidad, proporcionando así una base sólida para la toma de decisiones informadas en el proceso de diseño y desarrollo del sistema.

Cuantitativas

Cualitativas

Learnability	
Entorno Intuitivo	
¿Consideraste que el entorno de realidad virtual era intuitivo y fácil de encontrar las funciones que necesitabas?	¿Cómo mejorarías el entorno para que sea fácil de entender y sea intuitivo?
Claridad de las instrucciones y tutoriales	
¿Las instrucciones y tutoriales te brindaron la claridad y la información necesaria para usar efectivamente el entorno y el agente desde el principio?	¿Cómo mejorarías estas instrucciones para que sean más claras y te brinden la información necesaria para usar efectivamente el entorno y el agente desde el principio?
Tiempo requerido para dominar las acciones básicas	
¿Consideras que el tiempo fue adecuado para sentirte completamente cómodo utilizando las acciones básicas en el entorno de realidad virtual, dada la complejidad del entorno?	¿Qué medidas sugerirías para reducir el tiempo necesario para sentirte completamente cómodo utilizando las acciones básicas en el entorno de realidad virtual?
Retroalimentación sobre el progreso del usuario	
¿La retroalimentación recibida durante tu experiencia en el entorno de realidad virtual fue clara y útil para comprender qué acciones estaban funcionando bien y cuáles necesitaban mejora?	¿Qué tipo de retroalimentación adicional te habría sido útil para comprender qué acciones estaban funcionando bien y cuáles necesitaban mejora?
Nivel de Inmersión	
Calidad visual (gráficos realistas, resolución, etc.)	
¿Consideras que la calidad visual del entorno de realidad virtual contribuyó al realismo de la experiencia?	¿Hubo momentos en los que la calidad visual afectara negativamente tu experiencia? Describe qué pasó.

Calidad auditiva (efectos de sonido, música, etc.)	
¿Cómo calificarías la contribución de los efectos de sonido y la música a la inmersión en el entorno virtual?	¿Pudiste identificar momentos en los que la calidad auditiva mejorara o empeorara tu experiencia de inmersión?
Elementos sensoriales adicionales (olor, temperatura, etc.)	
¿Consideras que la incorporación de elementos sensoriales adicionales como el olor o la temperatura afectó positiva o negativamente tu experiencia en algún momento?	¿Cómo crees que estos elementos contribuyeron a tu sensación de inmersión en el entorno virtual?
Malestar cibernético (mareos, fatiga visual, etc.)	
¿Experimentaste algún tipo de malestar cibernético, como mareos o fatiga visual, durante tu experiencia en el entorno de realidad virtual?	¿En el caso de que hayas experimentado algún malestar, describe qué experimentaste y en qué momento?

Satisfacción del Usuario	
Expectativas del usuario	
¿El entorno de realidad virtual cumplió con tus expectativas en términos de funcionalidad y características?	¿Hubo áreas específicas en las que el entorno no cumplió con lo que esperabas? Describe estas áreas y explica por qué no cumplían tus expectativas.
Placer y disfrute durante la interacción	
¿Disfrutaste tu experiencia general en el entorno de realidad virtual y al interactuar con el agente?	¿Describe si algún aspecto de la interacción que disminuyera o aumentara tu disfrute durante la experiencia?
Objetivos del usuario	
¿Lograste cumplir tus objetivos al utilizar el entorno de realidad virtual y el agente te ayudó eficientemente en ese proceso?	¿Encontraste algún obstáculo o dificultad que te impidiera alcanzar tus objetivos de manera efectiva? Proporciona detalles sobre estos obstáculos y cómo afectaron tu experiencia general.

Friendliness	
Comportamiento amigable de los agentes	
¿Consideras que el agente mostró un comportamiento amigable y acogedor durante la interacción?	Describe si no hubo algún aspecto específico en la interacción que te hizo sentir bienvenido y apoyado, ¿qué echaste en falta?
Sensación de comodidad y seguridad	
¿Te sentiste cómodo en el ambiente y al interactuar con el	¿Pudiste identificar elementos que te hicieran sentir menos seguro e

agente?	incómodo durante tu experiencia?
Respuestas emocionales y expresiones faciales de los agentes	
¿Consideras que las emociones expresadas por el agente fueron efectivas y creíbles durante la interacción?	¿Cómo crees que las respuestas emocionales del agente podrían mejorarse?

Interacción	
Variedad de opciones de interacción (gestos, voz, etc.)	
¿Te sentiste satisfecho con la variedad de opciones de interacción disponibles en el entorno de realidad virtual y con el agente?	¿Describe si hubo algún método de interacción que encontraste especialmente interesante o poco satisfactorio?
Capacidad de respuestas en tiempo real a las acciones del usuario	
¿Los agentes respondieron de manera rápida y precisa a tus acciones durante la interacción?	¿Experimentaste algún retraso o demora en las respuestas del agente? Describe cualquier momento en el que notaste este tipo de retraso.
Interacción con el ambiente	
¿Sentiste que la interacción con el ambiente fue consistente y adecuada durante toda la experiencia?	¿Cómo crees que las inconsistencias afectaron tu experiencia general en el entorno de realidad virtual?

Comprensión	
Lectura de Textos en el ambiente	
¿Pudiste entender con precisión la información presentada en los mensajes en forma de texto dentro del entorno virtual?	¿Experimentaste algún momento en el que te resultara difícil entender algún texto específico? Describe cuáles fueron esos momentos y qué aspectos encontraste complicados.
Comunicación Usuario-Agente	
¿Cómo calificarías la capacidad del agente para comprender tus preguntas y responder de manera coherente durante la interacción?	¿Describe si hubo momentos en los que te resultara difícil entender las respuestas del agente o encontrarlas coherentes con tus preguntas?
Interpretación de comandos y solicitudes	
¿El agente interpretó con precisión tus comandos y solicitudes durante la interacción?	¿Describe si hubo algún momento en el que el agente malinterpretara tus comandos o solicitudes, generando confusión en la interacción? Proporciona ejemplos si los hubiera.

Adaptabilidad	
Personalización de la experiencia según las preferencias del usuario	
¿Sentiste que el entorno de realidad virtual se adaptaba a tus preferencias personales durante la interacción?	¿Qué personalización encontraste inútil o poco beneficiosa para tu experiencia?
Adaptación a diferentes estilos de comunicación del usuario	
¿Cómo calificarías el nivel en que el agente virtual se adaptó a tu forma de comunicarse?	¿Notaste alguna dificultad en la capacidad del agente para adaptarse a diferentes estilos de comunicación que podrías destacar?
Flexibilidad para adaptación a diferentes perfiles de usuario	
¿Cómo evaluarías la capacidad del entorno de realidad virtual y del agente virtual para adaptarse eficazmente a tus preferencias y comportamientos?	¿Identificaste alguna característica del entorno de realidad virtual que, aunque funcionara bien para la mayoría de los usuarios, podría haber presentado desafíos o limitaciones para personas con necesidades específicas, como daltonismo u otras condiciones particulares?
Navegación	
Facilidad para moverse dentro del entorno virtual	
¿Sentiste que era fácil y natural moverte dentro del entorno durante tu experiencia?	¿Qué elementos del diseño del entorno facilitaron o dificultaron tu movimiento dentro de él? Proporciona ejemplos concretos si los hubiera.
Claridad de las indicaciones y señalizaciones	
¿Cómo calificarías la claridad y facilidad de comprensión de las indicaciones y señalizaciones dentro del entorno?	¿Qué tipo de indicaciones o señalizaciones encontraste más útiles para orientarte dentro del entorno?
Efectividad de los controles de navegación (joystick, teletransporte, etc.)	
¿Qué tan efectivos fueron los controles de navegación disponibles para moverte y explorar el entorno virtual?	¿Hubo algún tipo de control de navegación que encontraste especialmente útil o intuitivo para tu experiencia de navegación?

Tabla 3 Preguntas Cuestionario Usabilidad

Validación del Cuestionario

Para evaluar la efectividad del cuestionario diseñado, se desarrolló una aplicación sencilla que proporcionaba un entorno medieval virtual donde los usuarios podían interactuar con un agente controlado por IA. A cada usuario se le asignaron tres tareas específicas: entablar una

conversación con el agente, recoger objetos dispersos por el entorno y, por último, interactuar con una escalera para ascender al tejado de una casa y disfrutar del paisaje circundante.

Después de completar las tareas, se recopilaron y analizaron las respuestas proporcionadas por los usuarios a cada pregunta del cuestionario. Estas respuestas se calificaron en una escala del 1 al 7, donde 1 representa una evaluación muy baja y 7 una evaluación muy alta cómo indica el Anexo B. Estos resultados se resumen en la tabla 4.

	Learnability	Nivel de Inmersión	Satisfacción del Usuario	Friendliness	Interacción	Comprensión	Adaptabilidad	Navegación
Usuario 1	23	22	19	20	20	20	15	15
Usuario 2	23	26	19	19	19	18	16	13
Usuario 3	23	22	18	19	18	19	18	14
Usuario 4	27	27	20	21	18	21	16	16
Usuario 5	26	26	21	21	20	20	16	17
Promedio	24,4	24,6	19,4	20	19	19,6	16,2	15
Resultados	6,10	6,15	6,47	6,67	6,33	6,53	5,40	5,00

Tabla 4 Resultados Validación Cuestionario

La visualización de los resultados en la Figura 1 ofrece una comprensión más detallada de las puntuaciones individuales de los usuarios en cada una de las categorías del cuestionario. Se puede apreciar que, en términos generales, se han alcanzado resultados satisfactorios en la mayoría de los aspectos evaluados. Sin embargo, es importante destacar que existen áreas específicas, como Adaptabilidad y Navegación, donde los resultados no alcanzaron el mismo nivel de rendimiento que en otros ámbitos.

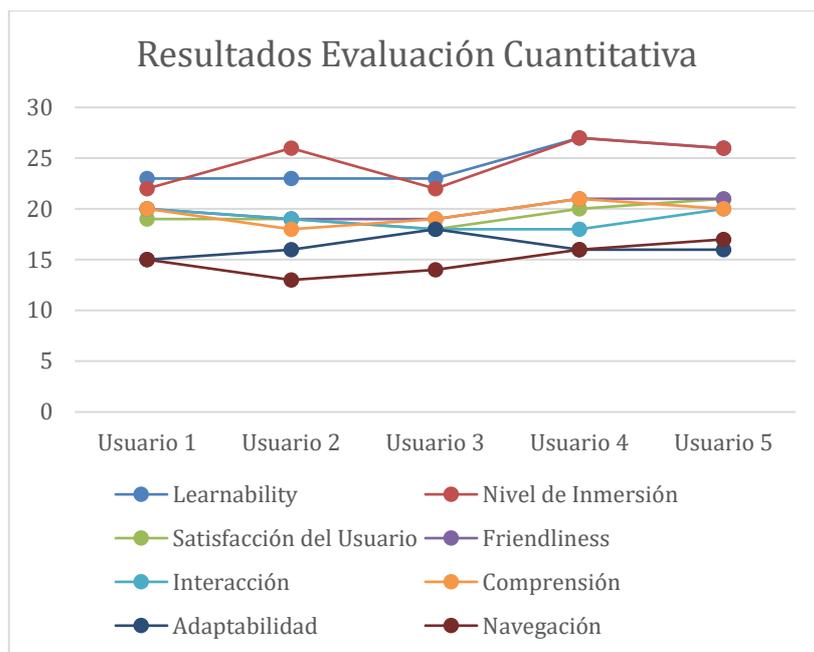


Figura 1 Resultados Evaluación por Usuario

Los resultados ofrecen una panorámica del desempeño del sistema, evaluado por los usuarios en diversos aspectos de usabilidad. La puntuación global se derivó como el promedio de todas las calificaciones individuales en cada categoría, siendo esta visualización más clara en la Figura 2. Valores más elevados reflejan una percepción más positiva de la usabilidad en el entorno virtual con inteligencia artificial.



Figura 2 Promedio Resultados

Además de las métricas cuantitativas, las preguntas cualitativas desempeñaron un papel fundamental en el estudio. Al permitir a los usuarios expresar sus opiniones y experiencias en

detalle, estas preguntas proporcionaron una comprensión más profunda de los desafíos y áreas de mejora percibidos en el sistema. La retroalimentación cualitativa recopilada a través de estas preguntas puede guiar el proceso de mejora continua, identificando aspectos específicos que podrían no haber sido evidentes a través de las métricas cuantitativas solamente. Esto asegura que el diseño y desarrollo del sistema se basen no solo en datos numéricos, sino también en las necesidades y experiencias reales de los usuarios.

Entre esos hallazgos al indagar los resultados de las preguntas cualitativas, se destacan varios aspectos importantes. Por ejemplo, se identificó una molestia por parte de los usuarios al interactuar con el agente inteligente debido a respuestas extensas que limitaban la interacción. Asimismo, se observó dificultad en la navegación, evidenciada por el descontento con la movilidad y los movimientos bruscos ocasionados por el movimiento de la cámara con el joystick.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del cuestionario proporcionan una valiosa retroalimentación sobre la usabilidad del entorno virtual con inteligencia artificial. Se observa que el sistema obtuvo calificaciones positivas en aspectos como learnability y nivel de inmersión, lo que sugiere que los usuarios encontraron el entorno intuitivo y lograron sumergirse en la experiencia virtual. Sin embargo, se identificaron áreas de mejora en aspectos como la adaptabilidad y la navegación, donde las puntuaciones fueron más bajas en comparación con otros atributos evaluados.

Estos hallazgos respaldan la importancia de abordar la usabilidad desde una perspectiva holística, considerando tanto los aspectos cuantitativos como cualitativos. Si bien las métricas cuantitativas brindan una visión general del rendimiento del sistema, las preguntas cualitativas permiten una comprensión más profunda de las experiencias y necesidades de los usuarios. Por lo tanto, la combinación de ambos enfoques en el cuestionario ha sido fundamental para obtener una evaluación completa de la usabilidad del entorno virtual con inteligencia artificial.

A través de este estudio, se reafirma la importancia de considerar la usabilidad en el diseño y desarrollo de entornos virtuales con inteligencia artificial. La convergencia de estas tecnologías ofrece oportunidades emocionantes en una variedad de campos, pero también plantea desafíos únicos en términos de diseño centrado en el usuario. La comprensión de las necesidades y experiencias de los usuarios es crucial para garantizar que estos entornos sean efectivos y satisfactorios en su uso.

Además, este trabajo destaca la necesidad de continuar investigando en este campo, especialmente en áreas como la adaptabilidad del sistema y las implicaciones éticas y sociales de la realidad virtual con inteligencia artificial. Al profundizar en estos temas, podemos

mejorar nuestra comprensión de cómo estas tecnologías impactan en la vida cotidiana y cómo podemos diseñar sistemas que maximicen sus beneficios y minimicen sus riesgos.

Durante la realización de este trabajo, se enfrentaron varias dificultades, entre ellas la recopilación y síntesis de una amplia gama de literatura científica y técnica en un campo tan dinámico y en evolución como la realidad virtual con inteligencia artificial. La complejidad de los conceptos y la diversidad de enfoques metodológicos plantearon desafíos en la integración de los hallazgos y la formulación de conclusiones significativas. Sin embargo, estas dificultades también representaron oportunidades para el crecimiento personal y profesional, así como para el desarrollo de habilidades de investigación y análisis crítico.

Para futuras investigaciones, se sugiere profundizar en la adaptabilidad del sistema a las necesidades individuales de los usuarios, así como explorar las implicaciones éticas y sociales de la integración creciente de la realidad virtual y la inteligencia artificial en la vida cotidiana. Además, se propone evaluar formalmente la eficacia del cuestionario como instrumento de investigación de usabilidad, utilizando técnicas como el Alfa de Cronbach u otros coeficientes específicos para la usabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] H. Huang y C.-F. Lee, "Factors affecting usability of 3D model learning in a virtual reality environment", *Interactive Learning Environments*, vol. 30, n.º 5, pp. 848-861, nov. 2019, doi: 10.1080/10494820.2019.1691605.
- [2] Y. M. Kim, I. Rhiu, y M. H. Yun, "A Systematic Review of a Virtual Reality System from the Perspective of User Experience", *Int J Hum Comput Interact*, vol. 36, n.º 10, pp. 893-910, dic. 2019, doi: 10.1080/10447318.2019.1699746.
- [3] D. Shin, "How do users experience the interaction with an immersive screen?", *Computers In Human Behavior*, vol. 98, pp. 302-310, sep. 2019, doi: 10.1016/j.chb.2018.11.010.
- [4] P. Harms, "Automated Usability Evaluation of Virtual Reality Applications", *ACM Transactions On Computer-Human Interaction*, vol. 26, n.º 3, pp. 1-36, abr. 2019, doi: 10.1145/3301423.
- [5] Espinoza, Jaqueline Sánchez, et al. "Propuesta de mundos virtuales como apoyo a tratamientos Psicológicos." *Tecnologías e Innovación en la Práctica Educativa*: 145.
- [6] M. Virvou, "Artificial Intelligence and User Experience in reciprocity: Contributions and state of the art", *Intelligent Decision Technologies*, vol. 17, n.o 1, pp. 73-125, abr. 2023, doi: 10.3233/idt-230092.
- [7] Y. K. Dwivedi et al., "Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy", *International Journal Of Information Management*, vol. 66, p. 102542, oct. 2022, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542.

- [8] C. Creed, M. Al-Kalbani, A. Theil, S. Sarcar, y I. Williams, “Inclusive AR/VR: accessibility barriers for immersive technologies”, *Universal Access In The Information Society*, feb. 2023, doi: 10.1007/s10209-023-00969-0.
- [9] M. Haenlein y A. Kaplan, “A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence”, *California Management Review*, vol. 61, n.o 4, pp. 5-14, jul. 2019, doi: 10.1177/0008125619864925.
- [10] R. Luckin, W. Holmes, M. Griffiths, and L. B. F. Pearson, “Intelligence Unleashed An argument for AI in Education.”
- [11] J. L. Rubio-Tamayo y M. G. Barrio, “Realidad Virtual (HMD) e Interacción desde la Perspectiva de la Construcción Narrativa y la Comunicación: Propuesta Taxonómica”, *La Revista Icono 14*, vol. 14, n.o 2, p. 1, jul. 2016, doi: 10.7195/ri14.v14i2.965.
- [12] J. Nielsen, “Usability 101: Introduction to Usability”, *Nielsen Norman Group*, 31 de enero de 2024. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
- [13] ISO 25000 Calidad del producto de software: <http://iso25000.com/>
- [14] D. Kamińska, G. Zwoliński, y A. Laska-Leśniewicz, “Usability Testing of Virtual Reality Applications—The Pilot Study”, *Sensors*, vol. 22, n.o 4, p. 1342, feb. 2022, doi: 10.3390/s22041342.
- [15] D. Hariyanto, M. B. Triyono, y T. Köhler, “Usability evaluation of personalized adaptive e-learning system using USE questionnaire”, *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal*, pp. 85-105, mar. 2020, doi: 10.34105/j.kmel.2020.12.005.
- [16] P. Kourtesis, S. Collina, L. A. A. Dumas, y S. E. MacPherson, “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*, vol. 13, nov. 2019, doi: 10.3389/fnhum.2019.00417.
- [17] L. M. Csepregi, “The effect of context-aware LLM-based NPC conversations on player engagement in role-playing video games”, *Department Of Architecture, Design And Media Technology*, 2021, [En línea]. Disponible en: 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
- [18] S. G. Fussell *et al.*, “Usability Testing of a Virtual Reality Tutorial”, *Proceedings Of The Human Factors And Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 63, n.º 1, pp. 2303-2307, nov. 2019, doi: 10.1177/1071181319631494.
- [19] F. V. De Freitas, M. V. M. Gomes, y I. Winkler, “Benefits and Challenges of Virtual-Reality-Based Industrial Usability Testing and Design Reviews: A Patents Landscape and Literature Review”, *Applied Sciences*, vol. 12, n.º 3, p. 1755, feb. 2022, doi: 10.3390/app12031755.
- [20] T. Marsh, “Evaluation of virtual reality systems for usability”, *Human Computer Interaction Group Department Of Computer Science University Of York*, ene. 1999, doi: 10.1145/632716.632756.
- [21] K. Kous, M. Pušnik, M. Heričko, y G. Polančič, “Usability evaluation of a library website with different end user groups”, *Journal Of Librarianship And Information Science*, vol. 52, n.º 1, pp. 75-90, may 2018, doi: 10.1177/0961000618773133.
- [22] C. P. C. Munaiseche y O. E. S. Liando, “Evaluation of expert system application based on usability aspects”, *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, vol. 128, p. 012001, abr. 2016, doi: 10.1088/1757-899x/128/1/012001.

- [23] Misro, N. Kadoglou, N. Mishra, P. Whittington, y H. Doğan, “A Usability Evaluation of YouDiagnose: Artificial Intelligence Powered Physician Consultation”, *medRxiv (Cold Spring Harbor Laboratory)*, dic. 2022, doi: 10.1101/2022.12.20.22283710.
- [24] Ardito *et al.*, “An approach to usability evaluation of e-learning applications”, *Universal Access In The Information Society*, vol. 4, n.º 3, pp. 270-283, dic. 2005, doi: 10.1007/s10209-005-0008-6.
- [25] S. Zwakman, D. Pal, y C. Arpnikanondt, “Usability Evaluation of Artificial Intelligence-Based Voice Assistants: The Case of Amazon Alexa”, *SN Computer Science*, vol. 2, n.º 1, ene. 2021, doi: 10.1007/s42979-020-00424-4.
- [26] P. Brusilovsky, “Methods and techniques of adaptive hypermedia”, *User Modeling And User-Adapted Interaction*, vol. 6, n.º 2-3, pp. 87-129, jul. 1996, doi: 10.1007/bf00143964.
- [27] T. Grossman, G. Fitzmaurice, y R. Attar, “A survey of software learnability”, *Association For Computing Machinery*, abr. 2009, doi: 10.1145/1518701.1518803.
- [28] K. Thaker, Y. Huang, P. Brusilovsky, y D. He, “Dynamic knowledge modeling with heterogeneous activities for adaptive textbooks”, *School Of Computing And Information University Of Pittsburg*, jul. 2018, [En línea]. Disponible en: <http://d-scholarship.pitt.edu/34939/>
- [29] G. Lindgaard y C. Dudek, “User Satisfaction, Aesthetics and Usability”, en *IFIP advances in information and communication technology*, 2002, pp. 231-246. doi: 10.1007/978-0-387-35610-5_16.
- [30] N. Harrati, I. Bouchrika, A. Tari, y A. Ladjailia, “Exploring user satisfaction for e-learning systems via usage-based metrics and system usability scale analysis”,

- Computers In Human Behavior*, vol. 61, pp. 463-471, ago. 2016, doi:
10.1016/j.chb.2016.03.051.
- [31] F. A. C. J. Heijsters *et al.*, “A usability evaluation of the perceived user friendliness, accessibility, and inclusiveness of a personalized digital care pathway tool”, *International Journal Of Medical Informatics*, vol. 175, p. 105070, jul. 2023, doi:
10.1016/j.ijmedinf.2023.105070.
- [32] S. Griffiths, F. A. Eyssel, A. Philippsen, C. Pietsch, y S. Wachsmuth, “Perception of artificial agents and utterance friendliness in dialogue”, *Proceedings Of The 4th International Symposium On New Frontiers In Human-Robot Interaction At The AISB Convention*, ene. 2015, [En línea]. Disponible en: https://pub.uni-bielefeld.de/download/2730552/2730563/nfhri2015_griffiths_et_al.pdf
- [33] C. Khundam, V. Vorachart, P. Preeyawongsakul, W. Hosap, y F. Noël, “A Comparative Study of Interaction Time and Usability of Using Controllers and Hand Tracking in Virtual Reality Training”, *Informatics (Basel)*, vol. 8, n.º 3, p. 60, sep. 2021, doi: 10.3390/informatics8030060.
- [34] K. Ijaz, N. Ahmadpour, S. L. Naismith, y R. A. Calvo, “An Immersive Virtual Reality Platform for Assessing Spatial Navigation Memory in Predementia Screening: Feasibility and Usability Study”, *JMIR Mental Health*, vol. 6, n.º 9, p. e13887, sep. 2019, doi: 10.2196/13887.
- [35] D. Paes y J. Irizarry, “A Usability Study of an Immersive Virtual Reality Platform for Building Design Review: Considerations on Human Factors and User Interface”, *Construction Research Congress 2018*, mar. 2018, doi:
10.1061/9780784481264.041.
- [36] G. Perlman, “Purdue usability testing questionnaire”.
<https://garyperlman.com/quest/quest.cgi?form=PUTQ>

- [37] J. Nielsen, “Usability metrics: tracking interface improvements”, *IEEE Software*, vol. 13, n.o 6, pp. 1-2, nov. 1996, doi: 10.1109/ms.1996.8740869.
- [38] C. R. Dias, M. R. Pereira, y A. P. Freire, “Qualitative review of usability problems in health information systems for radiology”, *Journal Of Biomedical Informatics*, vol. 76, pp. 19-33, dic. 2017, doi: 10.1016/j.jbi.2017.10.004.
- [39] N. Bevan, “International standards for HCI and usability”, *International Journal Of Human-computer Studies*, vol. 55, n.o 4, pp. 533-552, oct. 2001, doi: 10.1006/ijhc.2001.0483.

ANEXO A: ESTUDIO DE CARACTERÍSTICAS DE EVALUACIÓN

Características Evaluación	Documentos												Resultados
	[18]	[19]	[20]	[21]	[15]	[14]	[5]	[16]	[22]	[23]	[24]	[25]	Suma
Eficiencia		x	x						x			x	4
Learnability	x	x	x		x			x			x		6
Efectividad	x			x								x	3
Satisfacción Usuario	x	x			x	x			x			x	6
Tareas/tiempo		x		x		x					x		4
Numero de errores		x							x				2
Malestar Cibernético								x					1
Friendliness					x	x	x		x		x		5
Claridad instrucciones										x			1
Interacción		x	x			x		x	x		x		6
Comprensión			x			x	x		x	x		x	6
Lenguaje				x			x						2
Adaptabilidad			x	x				x	x	x	x		6
Ajustar el entorno de aprendizaje								x					1
Camino de aprendizaje								x			x		2
Interfaz						x	x						2
Experiencia			x			x						x	3
Feedback						x	x						2
Accesibilidad						x							1
Navegación		x	x		x		x				x		5
Nivel de inmersión		x	x			x		x			x	x	6
Olor													0
Sonido								x				x	2
Gráficos								x			x		2
Realismo											x		1
Cinetosis								x			x		2
Movimientos físicos		x				x		x					3
Coger/colocar Items			x					x					2
Eficiencia procesos diagnósticos										x	x		2
Cantidad Información		x				x					x		3

ANEXO B: CUESTIONARIO

Learnability		1	2	3	4	5	6	7	Notas
Entorno intuitivo									
1.	¿Consideraste que el entorno de realidad virtual era intuitivo y fácil de encontrar las funciones que necesitabas?	BAD							GOOD
		Apuntes							
2.	¿Cómo mejorarías el entorno para que sea fácil de entender y sea intuitivo?								
Claridad de las instrucciones y tutoriales		1	2	3	4	5	6	7	Notas
3.	¿Las instrucciones y tutoriales te brindaron la claridad y la información necesaria para usar efectivamente el entorno y el agente desde el principio?	BAD							GOOD
		Apuntes							
4.	¿Cómo mejorarías estas instrucciones para que sean más claras y te brinden la información necesaria para usar efectivamente el entorno y el agente desde el principio?								
Tiempo requerido para dominar las acciones básicas		1	2	3	4	5	6	7	Notas
5.	¿Consideras que el tiempo fue adecuado para sentirte completamente cómodo utilizando las acciones básicas en el entorno de realidad virtual, dada la complejidad del entorno?	BAD							GOOD
		Apuntes							
6.	¿Qué medidas sugerirías para reducir el tiempo necesario para sentirte completamente cómodo utilizando las acciones básicas en el entorno de realidad virtual?								
Retroalimentación sobre el progreso del usuario		1	2	3	4	5	6	7	Notas
7.	¿La retroalimentación recibida durante tu experiencia en el entorno de realidad virtual fue clara y útil para comprender qué acciones estaban funcionando bien y cuáles necesitaban mejora?	BAD							GOOD
		Apuntes							
8.	¿Qué tipo de retroalimentación adicional te habría sido útil para comprender qué acciones estaban funcionando bien y cuáles necesitaban mejora?								
Nivel de Inmersión									
Calidad visual (gráficos realistas, resolución, etc.)		1	2	3	4	5	6	7	Notas

1. ¿Consideras que la calidad visual del entorno de realidad virtual contribuyó al realismo de la experiencia?	BAD	GOOD
Apuntes		
2. ¿Hubo momentos en los que la calidad visual afectara negativamente tu experiencia? Describe qué pasó.		
Calidad auditiva (efectos de sonido, música, etc.)	1 2 3 4 5 6 7	Notas
3. ¿Cómo calificarías la contribución de los efectos de sonido y la música a la inmersión en el entorno virtual?	BAD	GOOD
Apuntes		
4. ¿Pudiste identificar momentos en los que la calidad auditiva mejorara o empeorara tu experiencia de inmersión?		
Elementos sensoriales adicionales (olor, temperatura, etc.)	1 2 3 4 5 6 7	Notas
5. ¿Consideras que la incorporación de elementos sensoriales adicionales como el olor o la temperatura afectó positiva o negativamente tu experiencia en algún momento?	BAD	GOOD
Apuntes		
6. ¿Cómo crees que estos elementos contribuyeron a tu sensación de inmersión en el entorno virtual?		
Malestar cibernético (mareos, fatiga visual, etc.)	1 2 3 4 5 6 7	Notas
7. ¿Experimentaste algún tipo de malestar cibernético, como mareos o fatiga visual, durante tu experiencia en el entorno de realidad virtual?	BAD	GOOD
Apuntes		
8. ¿En el caso de que hayas experimentado algún malestar, describe qué experimentaste y en qué momento?		

Satisfacción del Usuario		
Expectativas del usuario	1 2 3 4 5 6 7	Notas
1. ¿El entorno de realidad virtual cumplió con tus expectativas en términos de funcionalidad y características?	BAD	GOOD
Apuntes		
2. ¿Hubo áreas específicas en las que el entorno no cumplió con lo que esperabas? Describe estas áreas y explica por qué no cumplían tus expectativas.		
Placer y disfrute durante la interacción	1 2 3 4 5 6 7	Notas

3. ¿Disfrutaste tu experiencia general en el entorno de realidad virtual y al interactuar con el agente?	BAD	GOOD
	Apuntes	
4. ¿Describe si algún aspecto de la interacción que disminuyera o aumentara tu disfrute durante la experiencia?		
Objetivos del usuario	1 2 3 4 5 6 7	Notas
5. ¿Lograste cumplir tus objetivos al utilizar el entorno de realidad virtual y el agente te ayudó eficientemente en ese proceso?	BAD	GOOD
	Apuntes	
6. ¿Encontraste algún obstáculo o dificultad que te impidiera alcanzar tus objetivos de manera efectiva? Proporciona detalles sobre estos obstáculos y cómo afectaron tu experiencia general.		

Friendliness		
Comportamiento amigable de los agentes	1 2 3 4 5 6 7	Notas
1. ¿Consideras que el agente mostró un comportamiento amigable y acogedor durante la interacción?	BAD	GOOD
	Apuntes	
2. Describe si no hubo algún aspecto específico en la interacción que te hizo sentir bienvenido y apoyado, ¿qué echaste en falta?		
Sensación de comodidad y seguridad	1 2 3 4 5 6 7	Notas
3. ¿Te sentiste cómodo en el ambiente y al interactuar con el agente?	BAD	GOOD
	Apuntes	
4. ¿Pudiste identificar elementos que te hicieran sentir menos seguro e incómodo durante tu experiencia?		
Respuestas emocionales y expresiones faciales de los agentes	1 2 3 4 5 6 7	Notas
5. ¿Consideras que las emociones expresadas por el agente fueron efectivas y creíbles durante la interacción?	BAD	GOOD
	Apuntes	
6. ¿Cómo crees que las respuestas emocionales del agente podrían mejorarse?		

Interacción		
Variedad de opciones de interacción (gestos, voz, etc.)	1 2 3 4 5 6 7	Notas

1. ¿Te sentiste satisfecho con la variedad de opciones de interacción disponibles en el entorno de realidad virtual y con el agente?	BAD	GOOD
Apuntes		
2. ¿Describe si hubo algún método de interacción que encontraste especialmente interesante o poco satisfactorio?		
Capacidad de respuestas en tiempo real a las acciones del usuario	1	2 3 4 5 6 7
3. ¿Los agentes respondieron de manera rápida y precisa a tus acciones durante la interacción?	BAD	GOOD
Apuntes		
4. ¿Experimentaste algún retraso o demora en las respuestas del agente? Describe cualquier momento en el que notaste este tipo de retraso.		
Interacción con el ambiente	1	2 3 4 5 6 7
5. ¿Sentiste que la interacción con el ambiente fue consistente y adecuada durante toda la experiencia?	BAD	GOOD
Apuntes		
6. ¿Cómo crees que las inconsistencias afectaron tu experiencia general en el entorno de realidad virtual?		
Comprensión		
Lectura de Textos en el ambiente	1	2 3 4 5 6 7
1. ¿Pudiste entender con precisión la información presentada en los mensajes en forma de texto dentro del entorno virtual?	BAD	GOOD
Apuntes		
2. ¿Experimentaste algún momento en el que te resultara difícil entender algún texto específico? Describe cuáles fueron esos momentos y qué aspectos encontraste complicados.		
Comunicación Usuario-Agente	1	2 3 4 5 6 7
3. ¿Cómo calificarías la capacidad del agente para comprender tus preguntas y responder de manera coherente durante la interacción?	BAD	GOOD
Apuntes		
4. ¿Describe si hubo momentos en los que te resultara difícil entender las respuestas del agente o encontrarlas coherentes con tus preguntas?		
Interpretación de comandos y solicitudes	1	2 3 4 5 6 7
5. ¿El agente interpretó con precisión tus comandos y solicitudes durante la interacción?	BAD	GOOD
Apuntes		

6. ¿Describe si hubo algún momento en el que el agente malinterpretara tus comandos o solicitudes, generando confusión en la interacción? Proporciona ejemplos si los hubiera.

Adaptabilidad	
Personalización de la experiencia según las preferencias del usuario	1 2 3 4 5 6 7 Notas
1. ¿Sentiste que el entorno de realidad virtual se adaptaba a tus preferencias personales durante la interacción?	BAD GOOD
	Apuntes
2. ¿Qué personalización encontraste inútil o poco beneficiosa para tu experiencia?	
Adaptación a diferentes estilos de comunicación del usuario	1 2 3 4 5 6 7 Notas
3. ¿Cómo calificarías el nivel en que el agente virtual se adaptó a tu forma de comunicarse?	BAD GOOD
	Apuntes
4. ¿Notaste alguna dificultad en la capacidad del agente para adaptarse a diferentes estilos de comunicación que podrías destacar?	
Flexibilidad para adaptación a diferentes perfiles de usuario	1 2 3 4 5 6 7 Notas
5. ¿Cómo evaluarías la capacidad del entorno de realidad virtual y del agente virtual para adaptarse eficazmente a tus preferencias y comportamientos?	BAD GOOD
	Apuntes
6. ¿Identificaste alguna característica del entorno de realidad virtual que, aunque funcionara bien para la mayoría de los usuarios, podría haber presentado desafíos o limitaciones para personas con necesidades específicas, como daltonismo u otras condiciones particulares?	

Navegación	
Facilidad para moverse dentro del entorno virtual	1 2 3 4 5 6 7 Notas
1. ¿Sentiste que era fácil y natural moverte dentro del entorno durante tu experiencia?	BAD GOOD
	Apuntes
2. ¿Qué elementos del diseño del entorno facilitaron o dificultaron tu movimiento dentro de él? Proporciona ejemplos concretos si los hubiera.	

Claridad de las indicaciones y señalizaciones	1	2	3	4	5	6	7	Notas
3. ¿Cómo calificarías la claridad y facilidad de comprensión de las indicaciones y señalizaciones dentro del entorno?	BAD							GOOD
Apuntes								
4. ¿Qué tipo de indicaciones o señalizaciones encontraste más útiles para orientarte dentro del entorno?								
Efectividad de los controles de navegación (joystick, teletransporte, etc.)	1	2	3	4	5	6	7	Notas
5. ¿Qué tan efectivos fueron los controles de navegación disponibles para moverte y explorar el entorno virtual?	BAD							GOOD
Apuntes								
6. ¿Hubo algún tipo de control de navegación que encontraste especialmente útil o intuitivo para tu experiencia de navegación?								

ANEXO C: REPOSITORIO

<https://github.com/CesarCardenasD/Proyecto-Integrador>