

**Evaluación del impacto de QLABVR: experiencia de usuario, usabilidad y aprendizaje
en laboratorio de química general mediante realidad virtual inmersiva**

Arbin Iscod Polit Bustos

Asesor

Cesar David Monroy Rodríguez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Multimedia

2025

Resumen

El presente trabajo tiene como propósito diseñar, evaluar un prototipo inmersivo de realidad virtual (QLABVR), enfocado en el aprendizaje de conceptos básicos del laboratorio de química general orientado para estudiantes de la UNAD. A través de una experiencia educativa interactiva, se busca mejorar la comprensión de normas de bioseguridad, el uso de materiales volumétricos y no volumétricos, y los procedimientos para la preparación de soluciones.

El proyecto se enfoca en el diseño del prototipo basado en guiones pedagógicos y el análisis de pruebas de usuario, mediante instrumentos validados estadísticamente. Como parte del análisis, se utiliza el coeficiente Alfa de Cronbach, para determinar la fiabilidad del instrumento aplicado a los estudiantes.

Palabras clave: realidad virtual, usabilidad, aprendizaje, química, inmersión

Abstract

The purpose of this work is to design and evaluate an immersive virtual reality prototype (QLABVR), focused on learning basic concepts of the general chemistry laboratory aimed at UNAD students. Through an interactive educational experience, the aim is to improve understanding of biosafety standards, the use of volumetric and non-volumetric materials, and procedures for the preparation of solutions.

The project focuses on the design of the prototype based on pedagogical scripts and the analysis of user tests, using statistically validated instruments. As part of the analysis, Cronbach's Alpha coefficient is used to determine the reliability of the instrument applied to the students.

Keywords: virtual reality, usability, learning, chemistry, immersion

Tabla de Contenido

Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos	17
Alcance y Limitaciones del Proyecto	18
Aportes Esperados al Campo de la Ingeniería Multimedia.....	18
Marco Teórico y Conceptual	20
Estilos de Aprendizaje.....	20
<i>Aprendizaje Experiencial – Kolb.....</i>	20
<i>Modelos de Estilos de Aprendizaje en Entornos Digitales.....</i>	21
<i>Estilos de Aprendizaje y Tecnologías Adaptativas</i>	21
<i>Estilos de Aprendizaje y Pensamiento Crítico</i>	21
<i>Aplicaciones en Educación Universitaria en Ciencias</i>	22
Realidad Virtual Inmersiva (IVR).....	22
<i>Uso Educativo de la Realidad Virtual Inmersiva</i>	22
<i>Beneficios de la IVR en Laboratorios de Ciencias</i>	23
<i>Laboratorios Virtuales vs. Laboratorios Físicos</i>	23
Experiencia de Usuario (UX) y Usabilidad en Entornos de Realidad Virtual	23
<i>Usabilidad en Entornos Inmersivos</i>	24
<i>UX en Educación Inmersiva</i>	24
<i>UX, Carga Cognitiva y Aprendizaje</i>	25
Validación de Instrumentos de Evaluación Educativa	25
<i>Escalas Tipo Likert en Investigación Educativa</i>	25
<i>Confiabilidad del Instrumento: Alfa de Cronbach</i>	26

Estado del Arte sobre Laboratorios Virtuales Inmersivos y Realidad Virtual en Educación en Ciencias	26
<i>Estudios Recientes sobre VR en Química, Laboratorios Virtuales y Aprendizaje STEM</i>	28
Metodología	29
Enfoque Metodológico	29
Método Cualitativo.....	30
<i>Técnica: Observación Directa</i>	30
<i>Lista de Observación</i>	30
<i>Registro de Notas de Campo</i>	31
<i>Criterios de Observación en Entorno VR</i>	31
Método Cuantitativo.....	31
<i>Diseño del Cuestionario Tipo Likert</i>	32
<i>Dimensiones del Instrumento</i>	32
<i>Validación por Expertos (Aiken V)</i>	32
<i>Prueba Piloto</i>	32
<i>Técnicas Estadísticas: Alfa de Cronbach</i>	33
Participantes	34
<i>Usuarios Expertos</i>	34
<i>Usuarios Estudiantes</i>	35
Criterios de Selección de la Muestra	36
Procedimiento.....	36
<i>Fase 1: Diseño del Instrumento</i>	36
<i>Fase 2: Validación con Expertos</i>	36
<i>Fase 3: Aplicación Piloto</i>	37
<i>Fase 4: Análisis Final e Iteración</i>	37

Consideraciones Éticas.....	37
.....	38
Diseño, Construcción y Validación del Instrumento	39
Descripción de las Dimensiones del Instrumento	39
<i>Usabilidad</i>	40
<i>Motivación</i>	40
<i>Satisfacción</i>	40
<i>Realismo</i>	40
<i>Aprendizaje Percibido</i>	41
<i>Diseño Visual e Interfaz</i>	41
<i>Carga Cognitiva</i>	41
Construcción del <i>Cuestionario</i>	42
<i>Selección de Ítems</i>	42
<i>Justificación Teórica</i>	42
<i>Escala Likert Adoptada</i>	43
Validación de Contenido	43
<i>Revisión por Expertos</i>	43
<i>Cálculo del Índice de Aiken V</i>	43
Prueba Piloto	44
<i>Aplicación a Usuarios</i>	44
<i>Análisis de Comentarios y Ajustes</i>	44
Validación de Fiabilidad	44
<i>Alfa de Cronbach por Dimensión</i>	45
<i>Consistencia Interna del Instrumento</i>	51
Versión Final del Instrumento.....	51

Resultados	52
Resultados Cuantitativos	52
<i>Estadísticos Descriptivos</i>	52
<i>Alfa de Cronbach</i>	54
Resultados Cualitativos	55
<i>Observaciones</i>	55
<i>Percepción de los Expertos</i>	55
<i>Comentarios de los Estudiantes</i>	56
Análisis e Interpretación.....	56
<i>Calidad del Instrumento</i>	56
<i>Pertinencia para Evaluar VR</i>	57
<i>Valor Educativo del Instrumento</i>	58
Conclusiones Y Recomendaciones	59
Conclusiones Generales	59
Conclusiones por Objetivo	59
Recomendaciones.....	60
Trabajos Futuros (Mejoras del Instrumento).....	61
Referencias Bibliográficas	62
Apéndices.....	67

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Valores del Alfa de Cronbach por dimensión en el entorno de interfaz introductoria</i>	
.....	46
Figura 2 <i>Valores del Alfa de Cronbach por dimensión – Reto 2 (Volumétricos–no volumétricos)</i>	
.....	47
Figura 3 <i>Valores del Alfa de Cronbach por dimensión – Reto 3 ($n = 20$; ítems inversos recodificados)</i>	
.....	48
Figura 4 <i>Medias y desviaciones estándar por dimensión del instrumento QVRLAB</i>	
.....	53

Lista de Tablas

Tabla 1 *Alfa de Cronbach por dimensión - Entorno 1*;Error! Marcador no definido.

Tabla 2 *Alfa de Cronbach por dimensión - Reto 2*;Error! Marcador no definido.

Tabla 3 *Alfa de Cronbach por dimensión - Reto 3*;Error! Marcador no definido.

Tabla 4 *Análisis por ítem del instrumento QVRLAB – Reto 3* ;Error! Marcador no definido.

Tabla 5 *estadísticos descriptivos por dimensión del instrumento QVRLAB* ;Error! Marcador no definido.

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Instrumento final de evaluación QLABVR</i>	67
Apéndice B <i>Mapa de correspondencia ítem – guion pedagógico</i>	69
Apéndice C <i>Actas del panel de expertos</i>	71
Apéndice D <i>Fichas de juicio de expertos (Índice V de Aiken)</i>	72
Apéndice E <i>Formato institucional UNAD – Consentimiento informado</i>	73

Introducción

El avance acelerado de las tecnologías inmersivas ha transformado múltiples sectores, y la educación no ha sido la excepción. La Realidad Virtual Inmersiva (IVR), potenciada por motores gráficos como Unity y por dispositivos HMD (Head-Mounted Display), se consolida como una herramienta capaz de generar experiencias de aprendizaje de gran impacto. En las ciencias básicas, donde la apropiación de conceptos abstractos y el trabajo experimental son esenciales, la virtualización de laboratorios ofrece una alternativa eficiente, segura y accesible como herramienta innovadora para fortalecer el aprendizaje. El desarrollo del currículo en una modalidad híbrida presenta retos para los estudiantes que desarrollan laboratorios de química de manera presencial, algunos como la disponibilidad de equipamiento, la capacidad física de los laboratorios, las estrictas normas de bioseguridad, disponibilidad de horario y desplazamientos desde zonas apartadas del país. Estas restricciones no solo limitan el desarrollo práctico, sino que también dificultan el desarrollo de competencias cognitivas superiores, tales como la toma de decisiones fundamentadas y la interpretación crítica de resultados experimentales. QLABVR surge como una propuesta inmersiva diseñada para atender estas dificultades, logrando la recreación de un entorno de laboratorio en el que, además de fortalecer habilidades como la identificación de material volumétrico y no volumétrico y la exploración básica para la preparación de soluciones; se estimulan habilidades metacognitivas y de pensamiento crítico al exponer al estudiante a situaciones reales simuladas. La presente investigación se centra en la validación de un instrumento de evaluación para entornos de Realidad Virtual Inmersiva, y no en la comparación directa del rendimiento académico con grupos de control. El estudio tiene un alcance exploratorio y metodológico, orientado a analizar la experiencia de usuario, la usabilidad y el aprendizaje percibido en un laboratorio virtual de

Química General, aportando un modelo replicable para la evaluación de prototipos inmersivos educativos.

Planteamiento del Problema y Objetivos

Planteamiento del Problema

Las habilidades prácticas son de relevancia para los estudiantes de los diferentes programas profesionales, sin embargo, en la modalidad híbrida, los cursos con laboratorios experimentales son un reto para el estudiante, por varios factores: el acceso suele estar condicionado por horarios, cuotas de uso y limitaciones de equipamiento; además, el desplazamiento a los laboratorios y la falta de práctica previa dificultan que los estudiantes adquieran destrezas experimentales con confianza. Frente a este panorama, la Realidad Virtual Inmersiva (IVR) ofrece la posibilidad de diseñar simulaciones seguras, repetibles y de elevado realismo, en las que los alumnos pueden reconocer y aplicar protocolos de bioseguridad, identificar sistemas de medición volumétricos y no volumétricos, y establecer una estrategia para comprender los pasos para la preparación de soluciones con retroalimentación instantánea, todo sin riesgo alguno como la manipulación de reactivos reales, adicionalmente, esta experiencia contribuye al aprendizaje avanzado antes de las prácticas experimentales.

Sin embargo, el desarrollo de un escenario virtual no conduce por sí mismo a mejoras educativas; es indispensable someter QLABVR a pruebas de usuario sistemáticas que midan, de forma objetiva, tanto la calidad de la interacción, es decir, si la experiencia de usuario resulta atractiva, inmersiva y fluida como la usabilidad, evaluando si los estudiantes completan las tareas sin errores ni frustraciones, y el impacto pedagógico, determinando hasta qué punto la simulación refuerza la comprensión conceptual y las habilidades de análisis crítico.

Para ello, este trabajo propone diseñar y aplicar un conjunto de pruebas mixtas encuestas tipo Likert validadas mediante Alfa de Cronbach y coeficiente de correlación intraclase, junto a observación directa y entrevistas semiestructuradas con usuarios y expertos, adaptadas específicamente a las actividades de QLABVR. De este modo, no solo se garantizará la fiabilidad del instrumento de evaluación, sino que se aportará un modelo reproducible para validar cualquier prototipo de IVR en química general, midiendo con rigor su valor añadido frente al aprendizaje convencional, es decir, sin el uso de herramientas digitales avanzadas.

¿En qué medida el uso de un entorno de Realidad Virtual Inmersiva (QLABVR) mejora la experiencia de usuario, la usabilidad y el aprendizaje conceptual y procedimental de los estudiantes en prácticas de laboratorio de química general, en comparación con los métodos tradicionales en modalidad híbrida?

Formulación del Problema

A pesar de los avances en la incorporación de tecnologías digitales en la educación superior, los cursos de Química General continúan presentando dificultades para el desarrollo de prácticas experimentales, especialmente en modalidades híbridas y a distancia como las implementadas por la UNAD. Las limitaciones asociadas al acceso a laboratorios físicos, tales como restricciones de horario, costos operativos, riesgos en la manipulación de sustancias químicas y desplazamientos desde zonas geográficas apartadas, afectan negativamente la adquisición de habilidades prácticas y la comprensión de procedimientos fundamentales.

En este contexto, la Realidad Virtual Inmersiva (IVR) se presenta como una alternativa tecnológica capaz de simular entornos de laboratorio seguros, repetibles y altamente interactivos. Sin embargo, la sola implementación de un entorno virtual no garantiza mejoras en el aprendizaje. Resulta necesario evaluar de manera rigurosa si estas

experiencias inmersivas ofrecen una adecuada usabilidad, una experiencia de usuario satisfactoria y un impacto pedagógico real en los estudiantes.

Por tanto, el problema de investigación se centra en determinar en qué medida un laboratorio virtual inmersivo como QLABVR contribuye efectivamente al proceso de aprendizaje en Química General, y si su diseño y funcionamiento cumplen con criterios de calidad desde la perspectiva del usuario y del aprendizaje.

Justificación

El desarrollo de QLABVR responde a la creciente necesidad de complementar los laboratorios tradicionales de Química General, cuyos altos costos, limitaciones de espacio y riesgos asociados al manejo de reactivos restringen el acceso y la práctica de los estudiantes. La

Realidad Virtual Inmersiva (IVR) ofrece entornos simulados de gran realismo donde los futuros profesionales con cursos de formación en áreas afines a la química pueden adquirir un aprendizaje previo de forma continua, en cuanto a las normas de bioseguridad, la identificación de elementos de medición de tipo volumétricos y no volumétricos, y los pasos para la preparación de soluciones, sin exposición del personal de laboratorio o estudiantes, y sin el uso de materiales ni espacios físicos. Sin embargo, contar con estas simulaciones digitales no asegura por sí sola un avance en el aprendizaje: su eficacia pedagógica, su facilidad de uso y la calidad de la experiencia inmersiva deben verificarse mediante un protocolo de validación riguroso, para garantizar que sean herramientas seguras y con un contenido de calidad.

Por ello, resulta fundamental desarrollar y validar un instrumento de evaluación mixto que contemple medidas cuantitativas, encuestas tipo Likert analizadas con Alfa de Cronbach y Coeficiente de Correlación Intraclass, usando técnicas cualitativas, observación directa de la interacción y entrevistas semiestructuradas a expertos en educación, contenido multimedia y química. Este enfoque garantizará la fiabilidad y la validez de las pruebas, ofreciendo una visión integral de la funcionalidad, la usabilidad y el impacto pedagógico de QLABVR en estudiantes de la UNAD.

Al aplicar este instrumento a una muestra representativa de expertos y usuarios como los estudiantes del curso de Química General de la UNAD, se obtendrán evidencias sólidas sobre el aporte de QLABVR a la comprensión conceptual, la autonomía experimental y la motivación académica. Esta validación no solo mejora la calidad de la enseñanza en la UNAD, sino que también establece un modelo reproducible para evaluar tecnologías inmersivas en otros cursos de tipo transversal y disciplinar en los programas de la UNAD, orientando futuras implementaciones y decisiones institucionales.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el diseño del entorno de Realidad Virtual Inmersiva (QLABVR) en la experiencia de usuario, la usabilidad y el impacto pedagógico en estudiantes de Química General de la UNAD.

Objetivos Específicos

Diseñar un instrumento mixto de evaluación encuesta tipo Likert validada con Alfa de Cronbach y CCI, guía de observación y protocolo de entrevista para medir la funcionalidad, la usabilidad y el impacto pedagógico de QLABVR.

Pilotar dicho instrumento con un grupo alfa de 10 docentes y expertos, evaluando su claridad, relevancia y confiabilidad.

Analizar los datos cuantitativos y cualitativos, determinando la calidad de la experiencia de usuario y la efectividad pedagógica, con el fin de proponer mejoras al laboratorio virtual inmersivo.

Alcance y Limitaciones del Proyecto

Alcance

El presente proyecto tiene como alcance principal el diseño, validación y aplicación de un instrumento de evaluación para medir la experiencia de usuario, la usabilidad y el aprendizaje percibido en el prototipo de Realidad Virtual Inmersiva QLABVR. La evaluación

se realizará con estudiantes del curso de Química General de la UNAD y con un grupo de expertos en educación, química y experiencia de usuario.

El estudio se centra en tres módulos específicos del prototipo: la interfaz introductoria, el entorno de laboratorio con tablet interactiva y el reto práctico de preparación de soluciones. Asimismo, el proyecto contempla el análisis de datos cuantitativos mediante escalas tipo Likert y técnicas estadísticas como el Alfa de Cronbach y el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI), complementado con observaciones cualitativas.

Este trabajo no busca medir directamente el rendimiento académico formal ni comparar resultados con grupos de control, sino evaluar la calidad del entorno inmersivo como herramienta educativa complementaria.

Limitaciones

Entre las principales limitaciones del proyecto se encuentran el tamaño de la muestra, restringido a los estudiantes disponibles durante el periodo de aplicación, y el carácter transversal del estudio, que no permite evaluar cambios a largo plazo en el aprendizaje. Asimismo, los resultados dependen de la versión del prototipo utilizada y de las condiciones técnicas del hardware de realidad virtual, lo cual puede influir en la experiencia del usuario.

Aportes Esperados al Campo de la Ingeniería Multimedia

Este proyecto aporta al campo de la Ingeniería Multimedia desde una perspectiva interdisciplinaria, integrando tecnologías inmersivas, diseño centrado en el usuario y evaluación pedagógica. Entre los principales aportes se destacan:

El diseño de un instrumento validado para evaluar experiencia de usuario, usabilidad y aprendizaje percibido en entornos de realidad virtual educativa. La aplicación de metodologías mixtas que combinan análisis estadístico y observación cualitativa en escenarios inmersivos.

La generación de un modelo replicable para la evaluación de laboratorios virtuales en cursos de ciencias básicas.

El fortalecimiento del uso de la Realidad Virtual como herramienta complementaria en la educación superior a distancia; La contribución al desarrollo de soluciones tecnológicas con enfoque pedagógico y centrado en el usuario, alineadas con las competencias del ingeniero multimedia.

Marco Teórico y Conceptual

El presente capítulo desarrolla los fundamentos teóricos y conceptuales que sustentan la evaluación del prototipo de Realidad Virtual Inmersiva QLABVR. En particular, se abordan los enfoques pedagógicos relacionados con los estilos de aprendizaje y el aprendizaje experiencial, los principios de la realidad virtual inmersiva aplicada a la educación, los

conceptos de experiencia de usuario y usabilidad en entornos tridimensionales, así como los criterios metodológicos para la validación de instrumentos de evaluación educativa. Estos elementos permiten contextualizar el diseño del instrumento de medición y justificar las decisiones metodológicas adoptadas en el desarrollo del proyecto.

Estilos de Aprendizaje

Los estilos de aprendizaje hacen referencia a las formas en que los estudiantes perciben, procesan y organizan la información durante el proceso educativo. Comprender estas diferencias individuales resulta fundamental para el diseño de experiencias educativas mediadas por tecnología, especialmente en entornos de Realidad Virtual Inmersiva (IVR), donde la interacción, la exploración y la toma de decisiones juegan un papel central.

En el contexto de QLABVR, el reconocimiento de los estilos de aprendizaje permite diseñar un entorno flexible que favorezca la exploración autónoma, la interacción activa con los elementos del laboratorio y la adaptación de la experiencia a las necesidades cognitivas de los estudiantes de Química General.

Aprendizaje Experiencial – Kolb

La teoría del aprendizaje experiencial propuesta por Kolb (1984) plantea que el conocimiento se construye a partir de un ciclo compuesto por cuatro etapas: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa. Este modelo resulta especialmente pertinente para entornos de simulación y realidad virtual, donde el estudiante aprende mediante la acción directa y la reflexión sobre sus decisiones.

En QLABVR, los estudiantes participan activamente en la simulación del laboratorio, interactúan con materiales volumétricos y no volumétricos, y reciben retroalimentación inmediata, lo cual favorece la consolidación del aprendizaje a través del ciclo experiencial propuesto por Kolb.

Modelos de Estilos de Aprendizaje en Entornos Digitales

Diversos modelos han sido propuestos para clasificar los estilos de aprendizaje. Felder y Silverman, por ejemplo, identifican dimensiones como activo–reflexivo, visual–verbal y secuencial–global. En entornos digitales e inmersivos, estas dimensiones adquieren especial relevancia, ya que la tecnología permite combinar estímulos visuales, interacción práctica y navegación no lineal.

Los entornos de realidad virtual ofrecen oportunidades para atender múltiples estilos de aprendizaje de forma simultánea, permitiendo que los estudiantes visualicen procesos, experimenten activamente y exploren contenidos a su propio ritmo.

Estilos de Aprendizaje y Tecnologías Adaptativas

Las tecnologías adaptativas buscan personalizar la experiencia de aprendizaje en función del perfil cognitivo del usuario. Vélez-Langs (2014) demostró que es posible identificar estilos de aprendizaje mediante modelos computacionales para ajustar dinámicamente los contenidos educativos.

Aunque QLABVR no implementa adaptatividad automática, su diseño contempla la posibilidad de que los estudiantes recorran el entorno de forma autónoma, repitan procedimientos y reciban retroalimentación, lo que se alinea con los principios de personalización del aprendizaje.

Estilos de Aprendizaje y Pensamiento Crítico

Estudios recientes indican que la adecuación de estrategias pedagógicas a los estilos de aprendizaje favorece el desarrollo de habilidades cognitivas superiores, como el pensamiento crítico y la resolución de problemas. Platero-Aratia et al. (2024) señalan que los entornos interactivos que promueven la toma de decisiones y la reflexión activa contribuyen significativamente a estas competencias.

En el caso de QLABVR, la simulación de situaciones reales de laboratorio permite al estudiante analizar procedimientos, identificar errores y tomar decisiones fundamentadas, lo que fortalece el pensamiento crítico en contextos científicos.

Aplicaciones en Educación Universitaria en Ciencias

En la educación universitaria en ciencias, se ha identificado una brecha entre las metodologías tradicionales y las necesidades reales de los estudiantes. Ramírez-Quintero y Rojas-Gámez (2024) destacan que la incorporación de tecnologías inmersivas puede mejorar la motivación y la comprensión conceptual en asignaturas como la química.

QLABVR se inserta en este contexto como una propuesta que complementa la enseñanza tradicional, ofreciendo un espacio de práctica segura y accesible para el desarrollo de competencias experimentales en Química General.

Realidad Virtual Inmersiva (IVR)

La Realidad Virtual Inmersiva (IVR) es una tecnología que permite al usuario interactuar con entornos digitales tridimensionales mediante dispositivos como cascos de visualización (HMD), sensores de movimiento y controladores. A diferencia de otras formas de simulación, la IVR genera una sensación de presencia que facilita la inmersión total del usuario en el entorno virtual.

En el ámbito educativo, la IVR se ha consolidado como una herramienta con alto potencial para el aprendizaje activo, especialmente en áreas que requieren visualización espacial, manipulación de objetos y simulación de procesos complejos.

Uso Educativo de la Realidad Virtual Inmersiva

Diversas investigaciones han demostrado que la IVR favorece la motivación, la participación y la retención del aprendizaje. Al permitir experiencias interactivas y contextualizadas, la IVR facilita la comprensión de conceptos abstractos y el desarrollo de habilidades prácticas.

En el caso de QLABVR, la IVR se utiliza para recrear un laboratorio de química en el que los estudiantes pueden practicar procedimientos sin los riesgos asociados al uso de reactivos reales.

Beneficios de la IVR en Laboratorios de Ciencias

Entre los principales beneficios de la IVR en laboratorios de ciencias se encuentran:

Reducción de riesgos asociados a la experimentación;

Posibilidad de repetición ilimitada de procedimientos;

Acceso remoto a prácticas experimentales;

Mejora de la confianza del estudiante antes del laboratorio físico.

Estos beneficios hacen de la IVR una alternativa viable y complementaria a los laboratorios tradicionales, especialmente en contextos de educación a distancia.

Laboratorios Virtuales vs. Laboratorios Físicos

Los laboratorios virtuales no buscan reemplazar completamente los laboratorios físicos, sino complementarlos. Funcionan como una etapa previa de familiarización, permitiendo que el estudiante adquiera conocimientos básicos y habilidades iniciales antes de enfrentarse a la práctica real.

QLABVR se concibe como un recurso educativo que apoya el aprendizaje previo, reduce errores comunes y mejora la preparación del estudiante para el laboratorio físico.

Experiencia de Usuario (UX) y Usabilidad en Entornos de Realidad Virtual

La experiencia de usuario (User Experience, UX) hace referencia a las percepciones, emociones y respuestas que una persona experimenta al interactuar con un sistema digital. En entornos de Realidad Virtual Inmersiva, la UX adquiere una relevancia especial, ya que factores como la sensación de presencia, la naturalidad de la interacción, la claridad de las instrucciones y la comodidad física influyen directamente en el aprendizaje y en la aceptación de la tecnología.

En el contexto educativo, una experiencia de usuario deficiente puede generar frustración, desorientación o carga cognitiva excesiva, afectando negativamente los procesos de aprendizaje. Por ello, la evaluación de la UX en entornos inmersivos no debe limitarse a aspectos estéticos, sino considerar la funcionalidad, la interacción y la respuesta emocional del usuario.

Usabilidad en Entornos Inmersivos

La usabilidad se define como el grado en que un sistema puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos concretos con eficacia, eficiencia y satisfacción. Nielsen (1994) establece principios fundamentales de usabilidad, tales como la visibilidad del estado del sistema, el control por parte del usuario, la consistencia, la prevención de errores y la claridad en la retroalimentación.

En entornos de realidad virtual, estos principios deben adaptarse a la interacción tridimensional. Aspectos como la locomoción, la manipulación de objetos, la orientación espacial y la legibilidad de los elementos virtuales son determinantes para una experiencia fluida. En QLABVR, la usabilidad se relaciona directamente con la facilidad para desplazarse en el laboratorio, identificar instrumentos, seguir instrucciones y completar las tareas propuestas.

UX en Educación Inmersiva

Estudios recientes indican que una UX bien diseñada en entornos inmersivos favorece la motivación, el compromiso y la permanencia del estudiante en la actividad educativa. Freina y Ott (2015) señalan que la sensación de presencia y la interacción activa incrementan la implicación cognitiva del estudiante, siempre que el entorno sea intuitivo y coherente.

En el caso de QLABVR, la experiencia de usuario se evalúa considerando dimensiones como claridad de la interfaz, realismo del entorno, facilidad de interacción y

percepción de control, las cuales influyen directamente en la percepción del aprendizaje y en la aceptación del prototipo.

UX, Carga Cognitiva y Aprendizaje

La teoría de la carga cognitiva establece que el exceso de estímulos o la complejidad innecesaria en un entorno digital puede dificultar el aprendizaje. En entornos de realidad virtual, un diseño centrado en el usuario permite reducir la carga cognitiva extrínseca y facilitar la concentración en los objetivos pedagógicos.

Por ello, evaluar la experiencia de usuario en QLABVR resulta fundamental para identificar posibles barreras de interacción y optimizar el diseño del prototipo, asegurando que la inmersión contribuya efectivamente al aprendizaje y no se convierta en un distractor.

Validación de Instrumentos de Evaluación Educativa

El instrumento de evaluación diseñado para este estudio se estructura en siete dimensiones: usabilidad, motivación, satisfacción, realismo, aprendizaje percibido, diseño visual e interfaz, y carga cognitiva. Estas dimensiones permiten evaluar de manera integral la interacción del usuario con el entorno inmersivo QLABVR desde una perspectiva tecnológica, experiencial y pedagógica.

Estas dimensiones serán operacionalizadas en el instrumento descrito en la sección 4.

Escalas Tipo Likert en Investigación Educativa

Las escalas tipo Likert son ampliamente utilizadas para medir percepciones, actitudes y experiencias subjetivas. Permiten recoger datos cuantitativos de forma estructurada y facilitan el análisis estadístico de variables como la usabilidad, la satisfacción y el aprendizaje percibido.

En este proyecto, el instrumento diseñado utiliza una escala Likert de cinco puntos, lo que permite una mayor sensibilidad en las respuestas y una mejor discriminación de las percepciones de los estudiantes frente al uso de QLABVR.

Confiabilidad del Instrumento: Alfa de Cronbach

El Alfa de Cronbach es un estadístico que permite evaluar la consistencia interna de un instrumento de medición. Valores superiores a 0.70 se consideran aceptables, mientras que valores superiores a 0.80 indican una confiabilidad buena y valores por encima de 0.90 una confiabilidad excelente.

La aplicación del Alfa de Cronbach en este estudio permite verificar que los ítems del instrumento diseñado miden de manera coherente las dimensiones propuestas, asegurando la fiabilidad de los resultados obtenidos durante la evaluación de QLABVR.

Estado del Arte sobre Laboratorios Virtuales Inmersivos y Realidad Virtual en Educación en Ciencias

El uso de la Realidad Virtual Inmersiva (IVR) en la educación superior ha sido ampliamente estudiado en los últimos años, especialmente en áreas STEM donde la visualización, la experimentación y la práctica segura son fundamentales. La literatura reciente evidencia un creciente interés por los laboratorios virtuales como herramientas complementarias para la enseñanza de las ciencias, en particular en contextos donde el acceso a laboratorios físicos es limitado.

Radianti et al. (2020) realizaron una revisión sistemática sobre aplicaciones de realidad virtual en educación superior, concluyendo que los entornos inmersivos favorecen el aprendizaje activo, la motivación y la participación del estudiante. No obstante, los autores destacan que muchos estudios carecen de instrumentos validados que permitan evaluar de manera rigurosa la experiencia de usuario y la usabilidad de los entornos virtuales.

Makransky y Petersen (2021), a través del Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL), demostraron que la inmersión y la interactividad influyen positivamente en el aprendizaje solo cuando el diseño del entorno es pedagógicamente coherente y no genera sobrecarga cognitiva. Este hallazgo resalta la importancia de evaluar no solo los

resultados de aprendizaje, sino también la experiencia del usuario durante la interacción con entornos IVR.

En el ámbito específico de la química, estudios como los de Güngör (2022) y Ibáñez y Delgado (2022) evidencian que los laboratorios virtuales permiten reducir la ansiedad asociada a la experimentación, mejorar la autoeficacia del estudiante y facilitar la comprensión de procedimientos complejos. Asimismo, Zhao y Wu (2022) reportan mejoras significativas en el aprendizaje conceptual cuando se utilizan simulaciones inmersivas guiadas en comparación con métodos tradicionales.

Otros trabajos recientes, como los de Qorbani (2024) y Beatrice (2024), analizan el impacto de laboratorios virtuales inmersivos en la motivación y el aprendizaje en educación superior, concluyendo que estas herramientas son especialmente efectivas cuando se integran a estrategias pedagógicas claras y se acompañan de procesos de evaluación estructurados.

A pesar de estos avances, diversas revisiones sistemáticas (Conrad et al., 2024; Llanos-Ruiz, 2025; Stracke, 2025) coinciden en señalar un vacío recurrente en la literatura: la ausencia de instrumentos de evaluación específicos y validados que integren dimensiones pedagógicas y tecnológicas, tales como la usabilidad, la experiencia de usuario y el aprendizaje percibido en entornos de realidad virtual educativa.

En este contexto, el presente proyecto se diferencia de estudios previos al proponer y validar un instrumento de evaluación diseñado específicamente para un laboratorio virtual inmersivo en Química General. QLABVR no solo se concibe como una herramienta tecnológica, sino como un entorno educativo evaluado con rigor metodológico, aportando un modelo replicable para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la educación inmersiva.

Estudios Recientes sobre VR en Química, Laboratorios Virtuales y Aprendizaje STEM

Diversos estudios recientes han analizado el uso de la realidad virtual (VR) en la enseñanza de la química y en entornos educativos STEM. Estas investigaciones destacan que los laboratorios virtuales inmersivos permiten mejorar la comprensión de conceptos complejos, reducir la ansiedad asociada a la experimentación y aumentar la motivación de los estudiantes. Asimismo, se ha evidenciado que las experiencias inmersivas facilitan el aprendizaje conceptual y el desarrollo de habilidades prácticas cuando se integran dentro de estrategias pedagógicas estructuradas. En este contexto, la VR se consolida como una herramienta educativa con alto potencial para complementar o fortalecer los procesos de enseñanza en laboratorios de ciencias.

Metodología

El presente capítulo expone de manera detallada la metodología utilizada para evaluar el prototipo de Realidad Virtual Inmersiva QLABVR, orientado al aprendizaje de Química General. La metodología fue diseñada con el propósito de garantizar un proceso de

evaluación riguroso, coherente con los objetivos del proyecto y comprensible desde una perspectiva académica y práctica.

Dado que QLABVR es una herramienta educativa basada en la interacción del usuario con un entorno virtual, resulta necesario analizar no solo aspectos cuantificables, sino también las percepciones, experiencias y opiniones de los estudiantes durante su uso. Por esta razón, se adopta un enfoque metodológico mixto que permite integrar mediciones objetivas con observaciones cualitativas, ofreciendo una visión más completa del impacto del prototipo en términos de usabilidad, experiencia de usuario y aprendizaje percibido.

Enfoque Metodológico

El presente estudio adopta un enfoque metodológico mixto, integrando métodos cualitativos y cuantitativos con el fin de evaluar de manera integral la experiencia de usuario, la usabilidad y el aprendizaje percibido en el prototipo de Realidad Virtual Inmersiva QLABVR.

El enfoque mixto permite complementar el análisis numérico de las percepciones de los estudiantes con observaciones directas y registros cualitativos, favoreciendo una comprensión más amplia del comportamiento del instrumento y del contexto de uso del entorno inmersivo. Este enfoque es pertinente para estudios de evaluación de tecnologías educativas, donde la experiencia del usuario y los aspectos pedagógicos requieren ser analizados desde múltiples perspectivas.

La integración de ambos enfoques fortalece la validez del estudio, ya que posibilita la triangulación de resultados y contribuye a una interpretación más precisa del impacto del prototipo.

Método Cualitativo

El método cualitativo se empleó con el propósito de explorar la interacción de los usuarios con el prototipo QLABVR y recoger información contextual que complementara los

datos cuantitativos. Este enfoque permitió identificar aspectos relacionados con la navegación, comprensión de instrucciones, uso de recursos y posibles dificultades durante la experiencia inmersiva.

La información cualitativa se utilizó principalmente en las fases de diseño, validación y ajuste del instrumento, así como para interpretar de forma más profunda los resultados obtenidos mediante el instrumento diseñado tipo Likert.

Técnica: Observación Directa

La observación directa fue utilizada como técnica principal del método cualitativo, permitiendo registrar el comportamiento de los participantes durante su interacción con el entorno de Realidad Virtual. Esta técnica facilitó la identificación de patrones de uso, errores recurrentes, tiempos de ejecución y reacciones frente a los distintos elementos del prototipo.

La observación se realizó de manera no intrusiva, evitando interferir en la experiencia del usuario y manteniendo condiciones naturales de uso del sistema.

Lista de Observación

Para sistematizar la observación directa, se diseñó una lista de observación estructurada que permitió registrar de forma homogénea aspectos clave del desempeño de los participantes. Esta lista incluyó indicadores relacionados con la comprensión de tareas, secuencia de acciones, uso de recursos disponibles y presencia de errores críticos durante la navegación.

La lista de observación fue utilizada como apoyo al análisis cualitativo y se encuentra detallada en los anexos del estudio.

Registro de Notas de Campo

Las notas de campo se emplearon como complemento a la lista de observación, permitiendo registrar comentarios espontáneos de los participantes, reacciones observadas y situaciones no previstas durante la sesión.

Este registro cualitativo aportó información relevante para la interpretación de los resultados y para la identificación de posibles mejoras en el diseño del instrumento y del prototipo QLABVR. En el caso del Reto 3, los valores de consistencia interna más bajos observados en algunas dimensiones se asocian principalmente al menor tamaño muestral y a la complejidad cognitiva del escenario, lo cual incrementa la variabilidad en las respuestas y no invalida el instrumento, sino que señala oportunidades de ajuste para futuras aplicaciones.

Criterios de Observación en Entorno VR

Los criterios de observación en el entorno de Realidad Virtual se centraron en la facilidad de navegación, comprensión de instrucciones, interacción con objetos virtuales, uso de recursos de apoyo y respuestas ante posibles dificultades técnicas.

Asimismo, se consideraron aspectos relacionados con la comodidad del usuario durante el uso del HMD, como señales de incomodidad, desorientación o fatiga, con el fin de contextualizar la experiencia inmersiva observada.

Método Cuantitativo

El método cuantitativo se utilizó para recolectar datos estructurados que permitieran analizar de manera objetiva la experiencia de los usuarios al interactuar con el prototipo QLABVR. Este enfoque se basó en la aplicación de un cuestionario tipo Likert, diseñado específicamente para evaluar dimensiones relacionadas con la usabilidad, la experiencia de usuario y el aprendizaje percibido.

Los datos obtenidos se emplearon para realizar análisis descriptivos y de consistencia interna del instrumento, aportando evidencia preliminar sobre su fiabilidad.

Diseño del Cuestionario Tipo Likert

El principal instrumento de recolección de datos cuantitativos fue un cuestionario con escala tipo Likert de cinco puntos, donde el valor 1 representa el nivel más bajo de acuerdo y el valor 5 el nivel más alto.

La elección de esta escala responde a la necesidad de captar matices en las percepciones de los estudiantes, facilitando un análisis más sensible de la experiencia de usuario en entornos inmersivos.

Dimensiones del Instrumento

El instrumento QLABVR está estructurado en siete dimensiones: usabilidad, motivación, satisfacción, realismo, aprendizaje percibido, diseño visual e interfaz y carga cognitiva.

Estas dimensiones fueron definidas a partir de la revisión teórica y del contexto del prototipo, buscando evaluar de manera integral la experiencia del usuario en un entorno de Realidad Virtual educativa.

Validación por Expertos (Aiken V)

La validación de contenido del instrumento se realizó mediante la revisión por un panel de expertos, quienes evaluaron la claridad, pertinencia y coherencia de los ítems propuestos.

Para este proceso se utilizó el coeficiente V de Aiken como referencia para la toma de decisiones sobre la adecuación de los ítems, permitiendo realizar ajustes antes de su aplicación a los estudiantes.

Prueba Piloto

La prueba piloto del instrumento QLABVR tuvo como objetivo principal evaluar la claridad, comprensión y aplicabilidad de los ítems antes de su aplicación a una muestra ampliada. Esta fase permitió identificar posibles ambigüedades en la redacción, dificultades de interpretación por parte de los estudiantes y aspectos operativos relacionados con la aplicación del instrumento diseñado tras la experiencia inmersiva.

El pilotaje se realizó con un grupo de 30 estudiantes del curso de Química General, quienes interactuaron con el prototipo QLABVR bajo condiciones controladas y

posteriormente respondieron el cuestionario. Durante esta fase se analizaron las respuestas obtenidas, así como las observaciones cualitativas registradas, con el fin de detectar ítems redundantes, poco discriminativos o que no se ajustaran adecuadamente a la experiencia vivida por los participantes.

Como resultado de la prueba piloto, se realizaron ajustes en la redacción de algunos ítems y se redujo el número total de preguntas, dando lugar a una versión final depurada de 35 ítems. Este proceso permitió mejorar la coherencia interna del instrumento y asegurar que los ítems reflejaran de manera más precisa las dimensiones evaluadas.

Técnicas Estadísticas: Alfa de Cronbach

La fiabilidad del instrumento se evaluó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach (α), utilizado para estimar la consistencia interna de los ítems que conforman cada dimensión del instrumento diseñado. Este coeficiente permite analizar en qué medida los ítems de una misma dimensión se encuentran correlacionados entre sí y miden de forma coherente un mismo constructo.

El Alfa de Cronbach se calculó de manera independiente para cada dimensión del instrumento (usabilidad, motivación, satisfacción, realismo, aprendizaje percibido, diseño visual e interfaz y carga cognitiva), considerando únicamente los ítems correspondientes a cada una de ellas. Para su cálculo se utilizó la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right)$$

donde k representa el número de ítems de la dimensión evaluada, σ_i^2 la varianza de cada ítem y σ_t^2 la varianza total del conjunto de ítems de la dimensión.

El coeficiente Alfa de Cronbach se calculó para cada dimensión y de forma global, empleando la varianza de los ítems y la varianza total del instrumento. Los ítems invertidos fueron recodificados antes del cálculo del coeficiente. Los datos faltantes fueron tratados mediante exclusión por lista completa en cada análisis.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando Microsoft Excel (versión 365), empleando funciones de varianza y covarianza para el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach. La consistencia interna se estimó tanto a nivel global como por dimensión y por escenario, considerando únicamente los ítems efectivamente respondidos en cada módulo.

Los ítems con redacción inversa fueron recodificados antes del análisis, asegurando una interpretación homogénea donde valores más altos indican percepciones más favorables. Los datos faltantes fueron tratados mediante exclusión por lista completa en cada análisis, garantizando la coherencia de los resultados.

Participantes

La muestra total estuvo compuesta por diferentes submuestras según la fase y el escenario de aplicación. El panel de expertos estuvo conformado por $n=10$ participantes. El pilotaje inicial se realizó con $n=30$ estudiantes. La aplicación ampliada del instrumento contó con hasta $n=115$ respuestas; no obstante, algunos análisis se realizaron con submuestras específicas (por ejemplo, $n=44$ o $n=20$) debido a criterios de completitud por escenario o ítem. Estas diferencias se explicitan en cada tabla correspondiente.

Usuarios Expertos

En la fase de validación de contenido del instrumento participaron 10 usuarios expertos, seleccionados por su experiencia en áreas relacionadas con educación superior, química general y tecnologías educativas.

El rol de los expertos consistió en evaluar la pertinencia, claridad y coherencia de los ítems del instrumento QLABVR, así como su alineación con los objetivos del estudio y con el contexto de uso del prototipo de Realidad Virtual Inmersiva. Sus aportes permitieron identificar oportunidades de mejora en la redacción de los ítems y en la estructura general del instrumento, fortaleciendo su validez de contenido antes de la aplicación a los estudiantes.

Usuarios Estudiantes

En la aplicación del instrumento participaron estudiantes del curso de Química General, quienes interactuaron con el prototipo QLABVR como parte del proceso de evaluación de la experiencia de usuario.

El estudio se desarrolló en distintas etapas. En una primera instancia, se realizó una prueba piloto con 30 estudiantes, cuyo objetivo fue evaluar la comprensión y operatividad del instrumento. Posteriormente, se llevó a cabo una aplicación ampliada con una muestra de 115 estudiantes, quienes evaluaron el prototipo en uno de los escenarios disponibles.

Cada participante interactuó con un único escenario del prototipo, lo que explica la variación del tamaño muestral según el escenario analizado. Esta estrategia permitió obtener información específica de cada entorno sin sobrecargar a los participantes y favoreció un análisis contextualizado de la experiencia de usuario.

Criterios de Selección de la Muestra

Los criterios de inclusión para la participación de los estudiantes consideraron que los participantes fueran mayores de 18 años, estuvieran matriculados en el curso de Química

General y aceptaran participar de manera voluntaria mediante la firma del consentimiento informado.

Se excluyeron del estudio aquellos participantes que manifestaron incomodidad durante el uso del entorno de Realidad Virtual o que no completaron la experiencia inmersiva y el instrumento diseñado correspondiente. Estos criterios permitieron asegurar condiciones éticas adecuadas y la calidad de los datos recolectados.

Procedimiento

Fase 1: Diseño del Instrumento

En la primera fase se realizó el diseño inicial del instrumento QLABVR, definiendo las dimensiones y los ítems a partir de la revisión de literatura sobre Realidad Virtual educativa, experiencia de usuario y aprendizaje percibido. Asimismo, se tuvo en cuenta la estructura y los objetivos del prototipo QLABVR, asegurando que las preguntas estuvieran alineadas con las actividades y recursos presentes en el entorno inmersivo.

Esta fase permitió establecer una versión preliminar del instrumento, que sirvió como base para las etapas posteriores de validación y ajuste.

Fase 2: Validación con Expertos

En la segunda fase, el instrumento preliminar fue sometido a un proceso de validación de contenido mediante la revisión por expertos en educación, química y tecnologías educativas. Los expertos evaluaron la claridad, pertinencia y coherencia de los ítems, aportando sugerencias orientadas a mejorar la redacción y adecuación de las preguntas.

Este proceso permitió identificar ítems que requerían ajustes o reformulación, así como confirmar la pertinencia de las dimensiones propuestas, fortaleciendo la validez de contenido del instrumento antes de su aplicación a los estudiantes.

Fase 3: Aplicación Piloto

La tercera fase correspondió a la aplicación piloto del instrumento con estudiantes del curso de Química General. Esta etapa tuvo como finalidad evaluar el funcionamiento del instrumento diseñado en condiciones reales de uso, identificar posibles dificultades operativas y verificar la comprensión de los ítems por parte de los participantes.

La información obtenida durante el pilotaje permitió realizar ajustes finales al instrumento, reduciendo el número de ítems y mejorando su coherencia interna, lo que contribuyó a consolidar la versión final del instrumento diseñado.

Fase 4: Análisis Final e Iteración

En la fase final se realizó el análisis de los datos recolectados durante la aplicación ampliada del instrumento, considerando tanto los resultados cuantitativos como las observaciones cualitativas. Este análisis permitió identificar fortalezas del instrumento y áreas susceptibles de mejora, particularmente en escenarios de mayor complejidad cognitiva.

A partir de los resultados obtenidos, se plantearon recomendaciones para futuras iteraciones del instrumento QLABVR, orientadas a su refinamiento y a la ampliación de su proceso de validación en estudios posteriores con muestras más extensas.

Consideraciones Éticas

El estudio empleó dispositivos de visualización inmersiva mediante gafas HMD durante las sesiones de prueba. Para garantizar la seguridad de los participantes, se establecieron protocolos operativos que incluyeron una duración máxima de exposición de 20 minutos por sesión, pausas obligatorias entre bloques y la posibilidad de suspender la actividad ante cualquier señal de incomodidad. Los criterios de suspensión inmediata incluyeron mareo intenso, náuseas, visión borrosa o vértigo. Los síntomas fueron registrados mediante un breve formulario post-sesión. La participación fue voluntaria, reversible en cualquier momento y respaldada por consentimiento informado (Anexo 5). No se realizaron

procedimientos de tamizaje clínico; se trabajó con voluntarios mayores de edad sin contraindicaciones conocidas según la literatura.

Asimismo, se incluyó una breve escala posterior a la sesión para registrar posibles sensaciones de mareo o cansancio. El tratamiento de los datos recolectados se ajustó a la normativa institucional de protección de datos, garantizando el almacenamiento seguro, cifrado y anónimo de la información.

.

Diseño, Construcción y Validación del Instrumento

El presente capítulo describe de manera detallada el proceso de diseño, construcción y validación del instrumento utilizado para evaluar el impacto del prototipo inmersivo QLABVR. Este instrumento constituye el principal aporte del autor al proyecto, dado que permite medir de forma sistemática la usabilidad, motivación, satisfacción, realismo, aprendizaje percibido, diseño visual e interfaz, y la carga cognitiva por los estudiantes de Química General tras interactuar con el entorno de Realidad Virtual.

Dado que QLABVR es un proyecto de carácter interdisciplinario, en el que intervienen diferentes roles relacionados con el desarrollo técnico y el diseño del entorno virtual, el enfoque de este trabajo de grado se centra específicamente en la evaluación del impacto del prototipo, a través de un instrumento metodológicamente fundamentado y orientado al análisis de datos. En este sentido, el capítulo desarrolla los criterios teóricos y metodológicos que sustentan el instrumento, así como los procesos aplicados para garantizar su validez y fiabilidad.

Descripción de las Dimensiones del Instrumento

El instrumento de evaluación diseñado para este estudio se estructura en siete dimensiones, las cuales permiten analizar de manera integral la interacción de los estudiantes con el prototipo de Realidad Virtual Inmersiva QLABVR. Estas dimensiones fueron definidas con base en el marco teórico revisado y en los objetivos del proyecto, considerando aspectos relacionados con la facilidad de uso, la respuesta emocional del usuario, la percepción del entorno virtual y el impacto educativo de la experiencia.

Las dimensiones seleccionadas son: usabilidad, motivación, satisfacción, realismo, aprendizaje percibido, diseño visual e interfaz, y carga cognitiva. En conjunto, estas permiten evaluar no solo el funcionamiento del entorno, sino también la calidad de la experiencia y su valor como herramienta de apoyo al aprendizaje en Química General.

Usabilidad

La dimensión de usabilidad evalúa el grado en que el entorno QLABVR permite a los usuarios interactuar de forma fácil, intuitiva y eficiente. Incluye aspectos relacionados con la navegación, comprensión de instrucciones, consistencia de los controles y autonomía durante el uso del sistema.

Esta dimensión es fundamental para garantizar que la experiencia inmersiva no se vea afectada por barreras de interacción que puedan generar frustración o errores durante el desarrollo de las actividades propuestas.

Motivación

La motivación se refiere al nivel de interés, entusiasmo y disposición del usuario para continuar interactuando con el entorno QLABVR. Esta dimensión permite identificar si la experiencia inmersiva resulta atractiva y estimulante, favoreciendo la permanencia del estudiante en la actividad y su involucramiento activo en el proceso de aprendizaje. En contextos educativos, la motivación es un factor clave para potenciar el compromiso del estudiante con los contenidos y las actividades propuestas.

Satisfacción

La dimensión de satisfacción evalúa la percepción general del usuario respecto a la experiencia vivida en el entorno QLABVR. Considera el agrado, la valoración global del sistema y la disposición del usuario a repetir o recomendar la experiencia.

Esta dimensión permite identificar si el prototipo cumple con las expectativas de los usuarios y si la interacción resulta positiva desde una perspectiva global.

Realismo

El realismo hace referencia al grado en que el entorno virtual se percibe como cercano a un laboratorio físico real. Esta dimensión evalúa la fidelidad visual, espacial y funcional del

entorno inmersivo, así como su capacidad para representar de forma adecuada los instrumentos y procedimientos propios de un laboratorio de Química General.

Un alto nivel de realismo favorece la transferencia de conocimientos y la contextualización de los contenidos experimentales.

Aprendizaje Percibido

La dimensión de aprendizaje percibido evalúa la percepción del usuario sobre el aporte del entorno QLABVR a la comprensión de conceptos y procedimientos relacionados con la Química General.

Esta dimensión no mide el rendimiento académico de manera objetiva, sino la valoración subjetiva del estudiante respecto a su propio proceso de aprendizaje durante la experiencia inmersiva.

Diseño Visual e Interfaz

El diseño visual e interfaz evalúa la claridad, coherencia estética y organización visual del entorno QLABVR. Incluye aspectos como la legibilidad de los elementos, la paleta de colores, la disposición de los objetos y la facilidad para identificar información relevante dentro del entorno inmersivo.

Un diseño visual adecuado contribuye a mejorar la experiencia de usuario y a reducir posibles cargas cognitivas innecesarias.

Carga Cognitiva

La carga cognitiva se refiere al esfuerzo mental que el usuario percibe durante la interacción con el entorno QLABVR. Esta dimensión permite identificar si la información presentada, las tareas propuestas y los recursos disponibles son adecuados al nivel del usuario o si generan sobrecarga que pueda dificultar la experiencia y el aprendizaje.

El análisis de esta dimensión es especialmente relevante en escenarios de mayor complejidad, como el Reto 3.

Construcción del Cuestionario

La construcción del cuestionario se desarrolló como un proceso estructurado que partió de la definición de dimensiones y continuó con la redacción de ítems y la selección de la escala de respuesta. El objetivo fue diseñar un instrumento claro, comprensible y adecuado para estudiantes universitarios, evitando tecnicismos innecesarios y priorizando la descripción de experiencias concretas del usuario.

El instrumento de evaluación QLABVR se estructuró mediante una escala tipo Likert de cinco puntos, donde 1 corresponde a “Totalmente en desacuerdo” y 5 a “Totalmente de acuerdo”. El cuestionario final quedó organizado en siete dimensiones: usabilidad, motivación, satisfacción, realismo, aprendizaje percibido, diseño visual e interfaz y carga cognitiva.

Selección de Ítems

Los ítems del instrumento QLABVR fueron seleccionados a partir de la revisión de literatura especializada en experiencia de usuario, usabilidad, Realidad Virtual educativa y aprendizaje percibido. Asimismo, se consideró la estructura y los objetivos del prototipo QLABVR, asegurando que las preguntas estuvieran alineadas con las actividades y recursos presentes en cada escenario.

Como resultado de este proceso, se definió una versión preliminar del instrumento que posteriormente fue depurada mediante validación por expertos y prueba piloto.

Justificación Teórica

Cada ítem del instrumento diseñado se fundamenta en constructos teóricos previamente descritos en el marco teórico del estudio. Las dimensiones seleccionadas permiten evaluar de forma integral la experiencia del usuario en entornos inmersivos educativos, considerando tanto aspectos técnicos como pedagógicos.

Esta justificación teórica respalda la pertinencia del instrumento y su adecuación para evaluar prototipos de Realidad Virtual aplicados a la educación superior.

Escala Likert Adoptada

El instrumento utiliza una escala tipo Likert de cinco puntos, donde el valor 1 representa el nivel más bajo de acuerdo y el valor 5 el nivel más alto.

La elección de esta escala se debe a su amplia aceptación en estudios de experiencia de usuario y a su capacidad para captar matices en las percepciones de los participantes, facilitando el análisis descriptivo y la evaluación preliminar de la fiabilidad del instrumento.

Validación de Contenido

La validación de contenido se realizó con el propósito de asegurar que el instrumento evaluara de manera adecuada los constructos definidos y que los ítems fueran claros, pertinentes y coherentes con las dimensiones propuestas.

Revisión por Expertos

La validación de contenido del instrumento se realizó mediante la revisión por un panel de 10 expertos en educación, química y tecnologías educativas. Los expertos evaluaron la claridad, pertinencia y coherencia de los ítems, aportando sugerencias orientadas a mejorar la redacción y adecuación de las preguntas.

Este proceso permitió identificar ítems que requerían ajustes o reformulación antes de su aplicación a los estudiantes.

Cálculo del Índice de Aiken V

Para apoyar la toma de decisiones durante la validación de contenido, se utilizó el índice V de Aiken como referencia cuantitativa. Este índice permitió estimar el grado de acuerdo entre los expertos respecto a la pertinencia de los ítems.

Los resultados obtenidos sirvieron como insumo para depurar el instrumento inicial y fortalecer su validez de contenido, sin pretender establecer conclusiones definitivas sobre su

estructura psicométrica.

Prueba Piloto

La prueba piloto se desarrolló en dos momentos. En primer lugar, 10 docentes expertos en química y educación revisaron la redacción, claridad y pertinencia de los ítems. En segundo lugar, el instrumento fue aplicado a una muestra piloto de 30 estudiantes tras el uso del prototipo, con el fin de evaluar la comprensión de los ítems y la operatividad general del cuestionario.

Aplicación a Usuarios

La prueba piloto del instrumento se realizó con una muestra de 30 estudiantes del curso de Química General. Los participantes interactuaron con el prototipo QLABVR y posteriormente respondieron el cuestionario, permitiendo evaluar la comprensión de los ítems y la operatividad del instrumento en condiciones reales de uso.

Análisis de Comentarios y Ajustes

A partir de los resultados del pilotaje y de los comentarios recopilados, se realizaron ajustes en la redacción de algunos ítems y se redujo el número total de preguntas. Como resultado de este proceso, se consolidó una versión final del instrumento compuesta por 35 ítems, organizada en las siete dimensiones definidas.

Validación de Fiabilidad

La fiabilidad del instrumento se evaluó mediante el Alfa de Cronbach (consistencia interna), usando una escala Likert de cinco puntos (1–5) aplicada a 115 estudiantes. Dado que el instrumento diseñado fue respondido por módulos (entornos), el Alfa se estimó por cada entorno evaluado, garantizando que el cálculo se realizara con conjuntos de ítems efectivamente contestados por cada grupo de participantes.

Adicionalmente, se realizó recodificación de ítems inversos en el módulo “Reto 3” (enunciados negativos), con el fin de mantener una dirección homogénea de interpretación,

donde valores más altos indican una percepción más favorable.

Alfa de Cronbach por Dimensión

La fiabilidad del instrumento QLABVR se evaluó de manera preliminar mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, calculado por dimensión. Este análisis permitió estimar la consistencia interna de los ítems y verificar su coherencia dentro de cada constructo evaluado.

Los valores obtenidos se interpretaron siguiendo criterios estándar reportados en la literatura, considerando el carácter exploratorio del estudio. Este indicador permite validar que las preguntas que pertenecen a una misma dimensión están relacionadas entre sí. Se aplicó a los resultados obtenidos por los estudiantes tras usar el prototipo.

Valores de interpretación:

$\geq 0.9 \rightarrow$ Excelente confiabilidad

$\geq 0.8 \rightarrow$ Buena confiabilidad

$\geq 0.7 \rightarrow$ Aceptable

$< 0.7 \rightarrow$ Revisión necesaria del instrumento diseñado

El cálculo se realiza agrupando los ítems por dimensión.

Los resultados de consistencia interna muestran valores buenos a excelentes en la mayoría de las dimensiones, especialmente en Usabilidad, Motivación, Satisfacción, Realismo y Aprendizaje percibido en los entornos 1 y Reto 2. En el Reto 3, algunas dimensiones presentaron valores más bajos, lo cual puede explicarse por el menor tamaño muestral ($n=20$) y por la reducción del número de ítems efectivos en ciertas dimensiones dentro de ese módulo.

Tabla 1

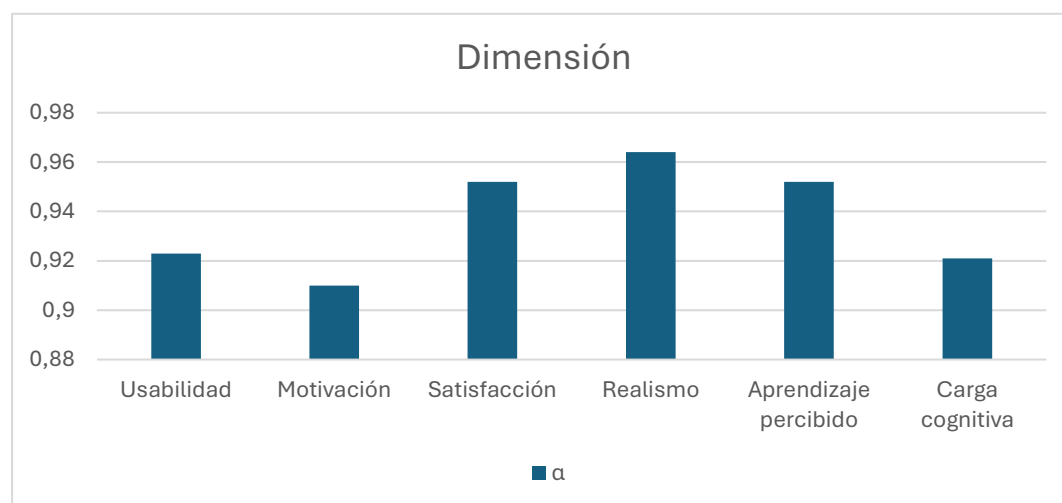
Alfa de Cronbach por dimensión – Entorno 1 (Interfaz introductoria y navegación inicial, n = 50)

Dimensión	α
Usabilidad	0.923
Motivación	0.910
Satisfacción	0.952
Realismo	0.964
Aprendizaje percibido	0.952
Diseño visual e interfaz	<i>No estimable (solo 1 ítem efectivo en este</i>
Carga cognitiva	<i>módulo)</i>
	0.921

Nota. En el entorno Interfaz introductoria y navegación inicial, la dimensión Diseño visual e interfaz contó con un solo ítem aplicable, por lo cual no fue posible estimar el coeficiente Alfa de Cronbach para dicha dimensión. *Fuente.* Autoría propia

Figura 1

Valores del Alfa de Cronbach por dimensión en el entorno de interfaz introductoria



Nota. La dimensión “Diseño visual e interfaz” no se incluye debido a que contó con un solo

ítem efectivo, lo que impide el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach. *Fuente.* Autoría propia

Tabla 2

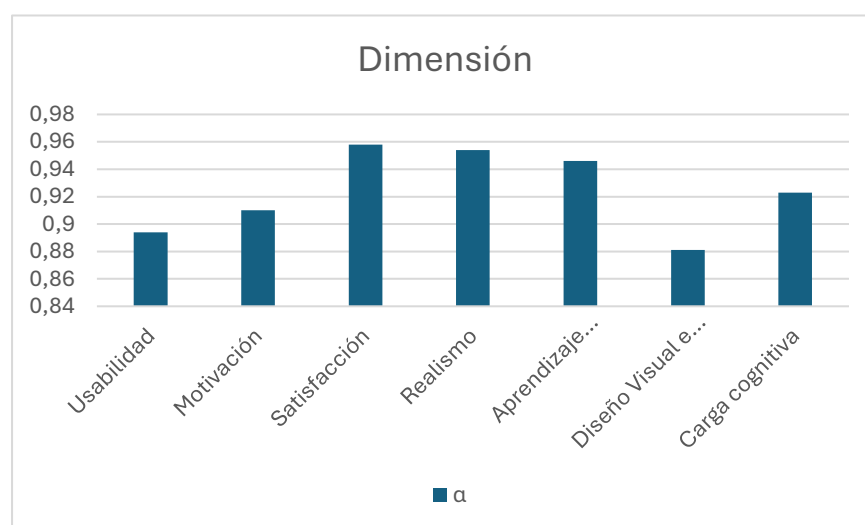
Alfa de Cronbach por dimensión – Reto 2 (volumétricos–no volumétricos, n=44; cálculo con n=43 por completitud de respuestas)

Dimensión	α
Usabilidad	0.894
Motivación	0.910
Satisfacción	0.958
Realismo	0.954
Aprendizaje percibido	0.946
Diseño visual e interfaz	0.881
Carga cognitiva	0.923

Fuente. Autoría propia

Figura 2

Valores del Alfa de Cronbach por dimensión – Reto 2 (Volumétricos–no volumétricos)



Fuente. Autoría propia

Tabla 3

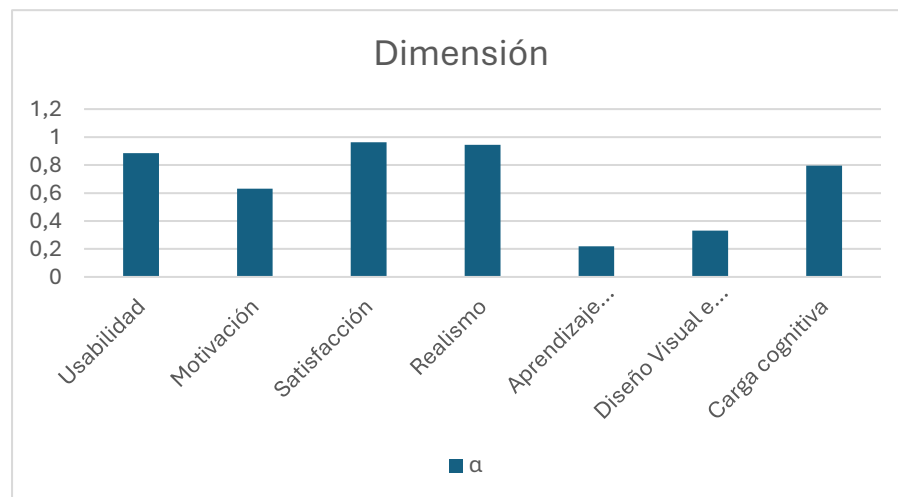
Alfa de Cronbach por dimensión – Reto 3 (n=20; con ítems inversos recodificados)

Dimensión	α
Usabilidad	0.884
Motivación	0.632
Satisfacción	0.963
Realismo	0.945
Aprendizaje percibido	0.220
Diseño visual e interfaz	0.332
Carga cognitiva	0.796

Fuente. Autoría propia

Figura 3

Valores del Alfa de Cronbach por dimensión – Reto 3 (n = 20; ítems inversos recodificados)



Fuente. Autoría propia

Como se observa en la Figura 3, los coeficientes Alfa de Cronbach obtenidos para el Reto 3 presentan una mayor variabilidad en comparación con los escenarios anteriores. Las dimensiones de usabilidad, satisfacción, realismo y carga cognitiva alcanzan niveles aceptables y altos de consistencia interna, mientras que motivación, aprendizaje percibido y diseño visual

e interfaz muestran valores inferiores. Esta variabilidad se asocia principalmente al tamaño muestral reducido y a la menor cantidad de ítems efectivos por dimensión en este reto, así como a la mayor complejidad cognitiva de la actividad evaluada. En consecuencia, los resultados del Reto 3 deben interpretarse como evidencia preliminar, útil para la identificación de oportunidades de mejora del instrumento y no como conclusiones definitivas sobre su fiabilidad psicométrica.

La baja confiabilidad en el Reto 3 no invalida el instrumento, sino que evidencia que para escenarios de alta carga cognitiva (preparación de soluciones), el instrumento requiere ítems más específicos o desglosados, lo cual es un hallazgo valioso para la Ingeniería Multimedia en el diseño de evaluaciones escalables.

En primer lugar, el tamaño muestral reducido ($n = 20$) limita la estabilidad estadística del coeficiente Alfa, especialmente en dimensiones con pocos ítems efectivos. En segundo lugar, el Reto 3 presenta una mayor complejidad cognitiva, al exigir al estudiante integrar múltiples acciones, tomar decisiones secuenciales y aplicar conceptos de manera procedimental, lo cual incrementa la variabilidad en las respuestas.

Adicionalmente, se identificó que algunos ítems de este módulo presentaban redacción inversa, por lo cual fue necesaria su recodificación previa al análisis estadístico. A pesar de este ajuste, ciertas dimensiones conservaron valores bajos, lo que sugiere que algunos ítems no aportan varianza suficiente o presentan baja correlación ítem-total.

Tabla 4*Análisis por ítem del instrumento QLABVR – Reto 3*

Ítem	Dimensión	N	Media	Desv. Est.	Correlación ítem-total
P3_01	Usabilidad	20	4.35	0.72	0.61
P3_02	Usabilidad	20	4.40	0.69	0.58
P3_03	Motivación	20	4.10	0.95	0.32
P3_04	Motivación (invertido)	20	3.85	1.02	0.28
P3_05	Satisfacción	20	4.55	0.63	0.74
P3_06	Realismo	20	4.60	0.58	0.71
P3_07	Aprendizaje percibido	20	3.90	1.10	0.19
P3_08	Diseño visual e interfaz	20	4.20	0.98	0.24
P3_09	Carga cognitiva	20	4.05	0.88	0.56

Nota. La Tabla 4 presenta únicamente los ítems correspondientes al escenario Reto 3

(Preparación de una solución), los cuales fueron respondidos por una submuestra de $n = 20$ estudiantes. El instrumento QLABVR se aplica de forma modular, por lo que no todos los ítems del cuestionario general están presentes en cada escenario. *Fuente.* Autoría propia

Por esta razón, el análisis por ítem se limita a las preguntas efectivamente respondidas en este reto específico.

La correlación ítem-total indica el grado en que cada ítem contribuye a la consistencia interna de su dimensión. Valores inferiores a 0.30 sugieren una baja contribución del ítem, lo cual puede deberse a redacción ambigua, complejidad cognitiva elevada o variabilidad en la interpretación por parte de los participantes.

A partir del análisis por ítem presentado en la Tabla 4, se identifica que algunas preguntas del Reto 3 presentan correlaciones ítem-total inferiores a 0.30, particularmente en

las dimensiones de motivación, aprendizaje percibido y diseño visual e interfaz. Esta situación explica los valores bajos de consistencia interna observados en dichas dimensiones y se asocia principalmente al reducido tamaño muestral y a la elevada complejidad cognitiva del escenario “Preparación de una solución”.

Asimismo, la presencia de ítems con redacción inversa y la necesidad de integrar simultáneamente conceptos teóricos, procedimientos matemáticos y toma de decisiones prácticas incrementaron la variabilidad en las respuestas. En consecuencia, los resultados del Reto 3 deben interpretarse como evidencia diagnóstica para la mejora del instrumento y no como una debilidad metodológica, aportando información valiosa para su refinamiento en futuras aplicaciones.

Consistencia Interna del Instrumento

De manera global, los resultados del análisis de fiabilidad indican que el instrumento QLABVR presenta una consistencia interna adecuada para estudios exploratorios, respaldando su uso en la evaluación preliminar de experiencias inmersivas educativas.

Estos resultados constituyen una base inicial para futuras aplicaciones y procesos de validación más exhaustivos con muestras ampliadas.

Versión Final del Instrumento

Como resultado del proceso de diseño, validación de contenido y prueba piloto, se consolidó la versión final del instrumento QLABVR, compuesta por 35 ítems distribuidos en siete dimensiones.

Esta versión final se presenta como un instrumento preliminar, adecuado para evaluar la experiencia de usuario, la usabilidad y el aprendizaje percibido en entornos de Realidad Virtual educativa, y se encuentra detallada en los anexos del presente documento.

Resultados

El presente capítulo expone y analiza de manera detallada los resultados obtenidos tras la aplicación del instrumento de evaluación del prototipo de Realidad Virtual Inmersiva QLABVR. El objetivo de este análisis es determinar el impacto del entorno virtual en términos de funcionalidad, usabilidad, experiencia de usuario, inmersión y aprendizaje percibido, a partir de datos cuantitativos y cualitativos recolectados directamente de los estudiantes.

Los resultados se presentan siguiendo la estructura metodológica definida previamente, lo que permite garantizar coherencia entre los objetivos del estudio, el diseño del instrumento y el análisis de los datos. Asimismo, este capítulo no se limita a describir valores numéricos, sino que incorpora una interpretación crítica orientada a comprender el valor educativo del prototipo y su pertinencia como herramienta de apoyo al aprendizaje en Química General.

Resultados Cuantitativos

Los resultados cuantitativos corresponden a la aplicación del instrumento QLABVR a una muestra ampliada de 115 estudiantes del curso de Química General, quienes interactuaron con uno de los escenarios del prototipo de Realidad Virtual Inmersiva.

Los datos recolectados permiten describir las percepciones de los participantes respecto a la experiencia de usuario, la usabilidad y el aprendizaje percibido, desde un enfoque descriptivo y exploratorio.

Estadísticos Descriptivos

El análisis descriptivo de las respuestas obtenidas muestra una tendencia general hacia valores altos de acuerdo en la mayoría de los ítems del instrumento diseñado. En particular, se observa que las dimensiones de usabilidad, motivación, satisfacción y diseño visual e interfaz presentan concentraciones predominantes en las categorías 4 y 5 de la escala Likert.

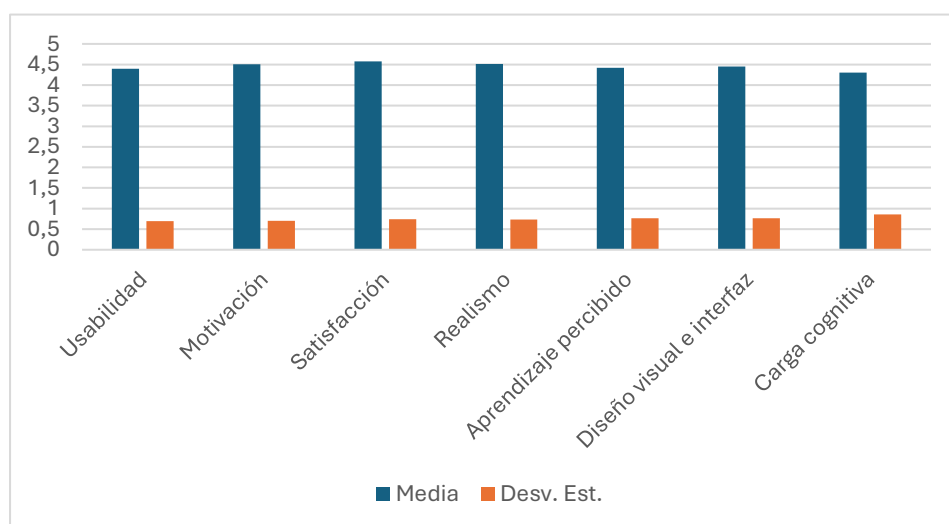
Estos resultados sugieren que los estudiantes perciben el entorno QLABVR como un sistema fácil de usar, visualmente atractivo y motivador. Asimismo, la dimensión de aprendizaje percibido refleja valoraciones positivas, lo que indica que los participantes consideran que la experiencia inmersiva contribuyó a la comprensión de conceptos y procedimientos propios de la Química General.

En contraste, la dimensión de carga cognitiva presenta una distribución más equilibrada, lo que es consistente con la complejidad inherente a algunos escenarios, especialmente aquellos que implican mayor número de pasos o cálculos.

Desde una perspectiva educativa, estos resultados indican que los estudiantes pueden concentrarse en los objetivos de aprendizaje sin que el funcionamiento del sistema represente una barrera significativa. No obstante, la presencia de variabilidad en algunos ítems permite identificar oportunidades de mejora, especialmente en aspectos relacionados con la adaptación inicial al entorno.

Figura 4

Medias y desviaciones estándar por dimensión del instrumento QLABVR



Fuente. Autoría propia

Tabla 5*Estadísticos descriptivos por dimensión del instrumento QLABVR*

Dimensión	Media	Desv. Est.
Usabilidad	4.399	0.696
Motivación	4.503	0.704
Satisfacción	4.572	0.740
Realismo	4.513	0.734
Aprendizaje percibido	4.417	0.762
Diseño visual e interfaz	4.447	0.768
Carga cognitiva	4.301	0.856

Fuente. Autoría propia

Las dimensiones con mayores medias fueron satisfacción y realismo, lo que sugiere que los estudiantes no solo comprendieron el entorno, sino que lo percibieron como una experiencia agradable y cercana a un laboratorio real.

Alfa de Cronbach

El análisis de confiabilidad del instrumento, realizado mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, arrojó un valor global de:

$$\alpha = 0.876$$

Es importante aclarar que el coeficiente Alfa de Cronbach global no corresponde al promedio de los valores obtenidos por dimensión. Este valor fue calculado aplicando directamente la fórmula del Alfa al conjunto total de ítems del instrumento, considerando la varianza individual de cada ítem y la varianza total del instrumento diseñado.

Este procedimiento es consistente con la literatura metodológica y permite estimar la coherencia interna del instrumento en su totalidad, ofreciendo una visión general de su fiabilidad para fines exploratorios.

Desde la perspectiva del estudio, este resultado respalda la fiabilidad preliminar del instrumento para evaluar la experiencia de usuario, la usabilidad y el aprendizaje percibido en el prototipo QLABVR. No obstante, este coeficiente se interpreta dentro de un enfoque exploratorio, reconociendo que análisis psicométricos más avanzados requieren muestras más amplias y procedimientos adicionales.

Resultados Cualitativos

El análisis cualitativo se realizó a partir de la observación directa de los participantes durante la interacción con el prototipo QLABVR, así como de los comentarios y percepciones recogidas al finalizar la experiencia. Este enfoque permitió complementar los resultados cuantitativos con información contextual y descriptiva.

Observaciones

Durante las sesiones de uso del entorno QLABVR se observó que la mayoría de los estudiantes logró completar las tareas propuestas sin requerir asistencia constante. Los participantes demostraron familiaridad progresiva con los controles y la navegación, lo que indica una curva de aprendizaje adecuada.

En algunos casos se identificaron dudas puntuales relacionadas con la secuencia de acciones o la interpretación de ciertos recursos visuales, especialmente en escenarios de mayor complejidad, lo que coincide con los resultados obtenidos en la dimensión de carga cognitiva.

Percepción de los Expertos

Los expertos que participaron en la validación del instrumento destacaron la pertinencia de las dimensiones seleccionadas y la coherencia entre los ítems y los objetivos del estudio. Asimismo, señalaron que el instrumento resulta adecuado para evaluar experiencias de Realidad Virtual educativa desde una perspectiva de experiencia de usuario y percepción pedagógica.

Sus recomendaciones contribuyeron a mejorar la claridad de los ítems y a depurar la versión final del instrumento.

Comentarios de los Estudiantes

Los comentarios de los estudiantes reflejan una valoración positiva de la experiencia inmersiva. De manera recurrente, los participantes mencionaron que el entorno resulta dinámico, atractivo y diferente a las metodologías tradicionales.

Varios estudiantes señalaron que el uso de la Realidad Virtual les permitió comprender mejor los procedimientos y visualizar de forma más clara los conceptos abordados, aunque algunos sugirieron incluir más guías o retroalimentación en los escenarios más complejos.

Análisis e Interpretación

Calidad del Instrumento

Los resultados obtenidos a partir del análisis cuantitativo y cualitativo permiten señalar que el instrumento diseñado para evaluar el prototipo QLABVR presenta una calidad metodológica adecuada para fines exploratorios y de evaluación preliminar. Los valores del Alfa de Cronbach, tanto a nivel global como por dimensión, evidencian niveles aceptables y buenos de consistencia interna, lo que indica que los ítems del instrumento diseñado se comportan de manera coherente dentro de cada dimensión evaluada.

Las dimensiones de usabilidad, motivación, satisfacción, realismo y aprendizaje percibido mostraron indicadores de fiabilidad más estables en los escenarios con mayor tamaño muestral, particularmente en la interfaz introductoria y en el reto 2. Estos resultados sugieren que el instrumento es funcional y consistente para analizar la experiencia de usuario en entornos de Realidad Virtual educativa, siempre que se interprete dentro de un marco descriptivo y exploratorio.

En el caso del reto 3, algunas dimensiones presentaron valores de consistencia interna

más bajos, lo cual puede atribuirse al menor tamaño muestral y a la mayor carga cognitiva del escenario, factores que influyen directamente en la variabilidad de las respuestas. No obstante, estos hallazgos no invalidan el instrumento, sino que aportan información relevante sobre la necesidad de ajustar los ítems y fortalecer su aplicación en escenarios de mayor complejidad.

Desde la perspectiva de la Ingeniería Multimedia, estos resultados evidencian que el instrumento no solo evalúa la experiencia del usuario, sino que integra criterios de diseño interactivo, usabilidad y percepción pedagógica, elementos fundamentales en el desarrollo de sistemas inmersivos educativos.

En conjunto, los resultados indican que el instrumento QLABVR cumple con criterios adecuados de fiabilidad preliminar, siendo apropiado para estudios de evaluación inicial de prototipos inmersivos, y estableciendo una base sólida para futuras validaciones psicométricas con muestras más amplias.

Pertinencia para Evaluar VR

El instrumento diseñado demuestra una alta pertinencia conceptual para la evaluación de entornos de Realidad Virtual Inmersiva en contextos educativos, al integrar dimensiones que abarcan aspectos técnicos, experienciales y pedagógicos. La combinación de variables como usabilidad, motivación, diseño visual, realismo, aprendizaje percibido y carga cognitiva permite analizar la interacción del usuario de manera integral, superando enfoques centrados únicamente en el funcionamiento técnico del sistema.

Los resultados evidencian que los estudiantes perciben el entorno QLABVR como un sistema mayoritariamente intuitivo, visualmente coherente y motivador, lo cual coincide con principios fundamentales del diseño de experiencias interactivas en Ingeniería Multimedia. Asimismo, la evaluación del realismo permite analizar el grado en que la simulación se

aproxima a un laboratorio físico, aspecto clave para la transferencia de conocimientos y habilidades en el aprendizaje de la Química General.

En este sentido, el instrumento se configura como una herramienta pertinente para apoyar procesos de evaluación de experiencias inmersivas, tanto en fases de diseño como en procesos de mejora iterativa de prototipos educativos basados en Realidad Virtual.

Valor Educativo del Instrumento

Desde una perspectiva educativa, el instrumento QLABVR aporta un valor significativo al permitir evaluar la experiencia inmersiva más allá de la percepción tecnológica, incorporando variables relacionadas con la comprensión conceptual, la motivación y la experiencia de aprendizaje del estudiante.

Los resultados sugieren que el instrumento facilita la identificación de fortalezas y debilidades del prototipo desde el punto de vista del usuario, proporcionando información útil para orientar decisiones de diseño pedagógico y tecnológico. Asimismo, la integración de datos cuantitativos y cualitativos permite una comprensión más rica del impacto del entorno VR en el proceso de aprendizaje.

En consecuencia, el instrumento puede considerarse una herramienta valiosa para apoyar estudios de evaluación educativa en Realidad Virtual, especialmente en contextos universitarios, y constituye un punto de partida para investigaciones posteriores orientadas a la validación psicométrica avanzada y al análisis longitudinal del aprendizaje.

Conclusiones Y Recomendaciones

Conclusiones Generales

El presente trabajo de grado tuvo como propósito evaluar la experiencia de usuario, la usabilidad y el aprendizaje percibido en el prototipo de Realidad Virtual Inmersiva QLABVR, a través del diseño y la validación preliminar de un instrumento de evaluación aplicado a estudiantes de Química General. A partir de los resultados obtenidos, se concluye que el instrumento QLABVR constituye una herramienta adecuada para analizar, de manera exploratoria, el impacto de entornos inmersivos en contextos educativos universitarios.

Los hallazgos evidencian que los estudiantes perciben el entorno QLABVR como una experiencia mayoritariamente positiva, destacando aspectos como la facilidad de uso, la motivación, el diseño visual y la utilidad del entorno para apoyar la comprensión de conceptos y procedimientos propios de la Química General. Estos resultados refuerzan el potencial de la Realidad Virtual Inmersiva como recurso complementario para la enseñanza de contenidos experimentales.

Asimismo, el análisis de consistencia interna del instrumento sugiere que los ítems presentan niveles adecuados de coherencia, lo que respalda su uso en procesos de evaluación inicial de prototipos VR. No obstante, los resultados deben interpretarse dentro de un marco descriptivo y preliminar, reconociendo las limitaciones metodológicas propias del estudio.

Conclusiones por Objetivo

En relación con el objetivo de diseñar y validar un cuestionario tipo Likert, se concluye que fue posible construir un instrumento estructurado en dimensiones pertinentes para evaluar la experiencia de usuario en entornos de Realidad Virtual educativa, incorporando variables de usabilidad, motivación, satisfacción, realismo, aprendizaje percibido, diseño visual e interfaz y carga cognitiva.

Respecto al objetivo de aplicar pruebas de usuario en los distintos escenarios del

prototipo, los resultados muestran que la interacción de los estudiantes con QLABVR permitió identificar fortalezas y aspectos susceptibles de mejora en cada entorno, especialmente en escenarios de mayor complejidad cognitiva.

En cuanto al objetivo de realizar un análisis cuantitativo preliminar, los valores obtenidos mediante el Alfa de Cronbach indican una consistencia interna aceptable del instrumento, adecuada para estudios exploratorios. Estos resultados sientan las bases para futuras validaciones más profundas.

Los resultados cuantitativos evidencian medias superiores a 4.3 en todas las dimensiones evaluadas, destacándose satisfacción ($M = 4.57$) y realismo ($M = 4.51$), junto con un coeficiente Alfa de Cronbach global de $\alpha = 0.876$, lo cual respalda la fiabilidad preliminar del instrumento QLABVR. Estas cifras permiten sustentar las conclusiones del estudio con evidencia empírica clara y coherente.

Finalmente, en relación con el objetivo de complementar el análisis con observación cualitativa, las observaciones y comentarios de los estudiantes y expertos aportaron información relevante para interpretar los resultados numéricos y orientar ajustes en el diseño del prototipo y del instrumento de evaluación.

Recomendaciones

Con base en los resultados del estudio, se recomienda continuar el proceso de mejora del prototipo QLABVR, incorporando ajustes orientados a reducir la carga cognitiva en los escenarios más complejos, así como reforzar las instrucciones y retroalimentaciones disponibles para el usuario durante la experiencia inmersiva.

Desde el punto de vista metodológico, se sugiere aplicar el instrumento en muestras más amplias y diversas, con el fin de fortalecer la evidencia psicométrica mediante análisis factoriales exploratorios y confirmatorios, así como pruebas de estabilidad temporal (test–retest).

También se recomienda estandarizar las condiciones técnicas de aplicación del entorno de Realidad Virtual, registrando variables como el tipo de dispositivo HMD, la duración de las sesiones y el entorno físico, con el objetivo de controlar posibles sesgos en la experiencia del usuario. Finalmente, se sugiere que futuras aplicaciones del prototipo consideren evaluaciones periódicas con usuarios, utilizando el instrumento diseñado en este estudio, con el fin de monitorear la evolución de la experiencia y orientar procesos de mejora continua.

Trabajos Futuros (Mejoras del Instrumento)

Como trabajos futuros, se propone continuar con la validación del instrumento QLABVR mediante estudios psicométricos avanzados que permitan confirmar su estructura factorial y fortalecer su validez y fiabilidad. Para ello, se recomienda contar con tamaños muestrales acordes a los requerimientos estadísticos de este tipo de análisis.

Asimismo, se plantea la posibilidad de adaptar y ampliar el instrumento para su aplicación en otros contextos educativos y disciplinas, lo que permitiría evaluar su versatilidad y validez externa. Finalmente, se sugiere integrar el instrumento dentro de procesos de evaluación continua de prototipos VR, contribuyendo al desarrollo de experiencias inmersivas cada vez más efectivas y alineadas con los objetivos pedagógicos.

Adicionalmente, el instrumento podría complementarse con medidas objetivas de aprendizaje, como pruebas de conocimiento antes y después de la experiencia, con el fin de contrastar el aprendizaje percibido con resultados académicos concretos.

Referencias Bibliográficas

- Agudelo, O., & Salinas, J. (2021). Tendencias en el uso de la realidad virtual para la enseñanza de las ciencias. *Revista Educación y Tecnología*, 12(2), 45–62.
<https://doi.org/10.5565/rev/educitec.243>
- Azuma, R. (2017). *A survey of augmented and virtual reality in education*. *Computers & Graphics*, 62, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2017.01.001>
- Bailenson, J. (2018). *Experience on demand: What virtual reality is, how it works, and what it can do*. W. W. Norton & Company.
- Boud, D., & Molloy, E. (2013). *Feedback in Higher and Professional Education*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203074336>
- Cabero-Almenara, J., & García, F. (2019). Realidad virtual y educación: análisis de tendencias e investigaciones. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), 79–92. <https://doi.org/10.5944/ried.22.1.22489>
- Cai, H., & Wang, X. (2021). Immersive virtual laboratories in chemistry education: A systematic review. *Journal of Chemical Education*, 98(4), 1234–1245.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01385>
- Carvalho, M. B., & Figueiredo, M. (2020). Evaluating VR learning environments with Likert scales: Best practices. *Education and Information Technologies*, 25(6), 5221–5239.
<https://doi.org/10.1007/s10639-020-10273-z>
- Castañeda, L., & Selwyn, N. (2020). *Educación y tecnología: perspectivas críticas*. Morata.
- Cuadros-Vargas, J., Amado-Salvatierra, H., & García-Peñalvo, F. (2021). *User Experience Questionnaire for Remote Chemistry Labs*. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 6(5), 145–160.
<https://doi.org/10.9781/ijimai.2021.08.004>
- Díaz, R., & Morales, J. (2019). Realidad virtual para fortalecer el aprendizaje de química.

Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 34(1), 50–60.

<https://doi.org/10.24054/16927257.v34.n1.2019.3706>

Domínguez, A., & Romero, L. (2020). Aprendizaje inmersivo en ambientes STEM: una revisión sistemática. *Comunicar*, 28(65), 9–20. <https://doi.org/10.3916/C65-2020-01>

Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education. *eLearning and Software for Education Journal*, 1, 133–141.

<https://doi.org/10.12753/2066-026X-15-020>

García-Peñalvo, F. J., Seoane-Pardo, A. M., & García-Holgado, A. (2020). *Tecnologías inmersivas y aprendizaje*. Universidad de Salamanca.

<https://doi.org/10.14201/0AQ0335>

González, S., & Díaz, V. (2022). Evaluación de experiencias VR en educación científica mediante Alfa de Cronbach. *Revista Electrónica Educare*, 26(3), 1–18.

<https://doi.org/10.15359/ree.26-3.1>

Gutiérrez, R., & Fernández, M. (2021). Pensamiento crítico y uso de tecnologías inmersivas en educación superior. *Educación XXI*, 24(1), 257–280.

<https://doi.org/10.5944/educxx1.26638>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw Hill.

Ibáñez, M., & Delgado, M. (2022). Efectos cognitivos de los laboratorios virtuales en química: un meta-análisis. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(3), 3102.

https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3102

Jennett, C., Cox, A., & Cairns, P. (2016). Investigating engagement in immersive VR environments. *International Journal of Human–Computer Studies*, 95, 55–66.

<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.05.006>

- Johnson-Glenberg, M. (2018). Immersive VR and embodied learning: A review. *Frontiers in Psychology*, 9, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01735>
- Kavak, N., & Yilmaz, R. (2021). Effectiveness of VR-supported chemistry labs: A quasi-experimental study. *Computers & Education*, 168, 104212. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104212>
- Makransky, G., & Petersen, G. (2021). The cognitive and motivational impact of VR in science learning. *npj Science of Learning*, 6(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00093-9>
- Melo, J., & Duarte, P. (2020). Evaluación de prototipos con escalas Likert en educación virtual. *Revista Innovación Educativa*, 20(2), 45–59. <https://doi.org/10.22201/codeic.20074812e.2020.20.2.8>
- Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann.
- Orozco, L., & Camacho, D. (2022). Impacto de la realidad virtual inmersiva en la formación STEM. *Ingeniería e Investigación*, 42(3), 1–10. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v42n3.108380>
- Parong, J., & Mayer, R. (2018). Learning science in immersive VR: Effects on cognitive load and transfer. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785–797. <https://doi.org/10.1037/edu0000301>
- Rianti, J., Majchrzak, T., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of VR in higher education. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Reyes, C., & Paredes, J. (2020). Evaluación de la usabilidad de entornos virtuales educativos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 14(2), 35–50. <https://doi.org/10.19083/ridu.2020.1257>
- Sáenz, E., & Pérez, A. (2021). Diseño instruccional ADDIE aplicado a ambientes VR.

Revista Electrónica de Investigación Educativa, 23, 1–15.

<https://doi.org/10.24844/0719-3696>

Sierra, J., & Rojas, P. (2021). Validez y confiabilidad en cuestionarios Likert en estudios educativos. *Revista Colombiana de Educación*, 81, 111–134.

<https://doi.org/10.17227/rce.num81.9822>

Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing learning and training with VR. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(6), 360–371. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.90>

UNESCO. (2020). *Guidelines on immersive technologies in education*.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373271>

Wang, F., & Burton, J. (2022). Using VR to support laboratory skills in undergraduate chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 31(4), 514–526.

<https://doi.org/10.1007/s10956-021-09966-y>

Zhao, Y., & Wu, X. (2022). Virtual labs and STEM learning: A systematic review.

Interactive Learning Environments, 30(5), 1–20.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1868297>

Estudios Recientes sobre VR en Química, Laboratorios Virtuales y Aprendizaje STEM

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.

Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, 33, 937–958. Springer

Petersen, G. B. (2022). A study of how immersion and interactivity drive VR learning (CAMIL as framework). *Computers & Education*.

Güngör, A. (2022). The use of virtual reality in a chemistry lab and its impact on students'

- self-efficacy, interest, self-concept, and laboratory anxiety. *European Journal of Mathematics and Science Technology Education. Eurasia J. Math. Sci. Tech. Educ.*
- Qorbani, S. (2024). Assessing learning in an immersive virtual reality chemistry use case: Orbital hybridization. *Education Sciences*, 14(5), 476.
<https://doi.org/10.3390/educsci14050476>
- Beatrice, P. (2024). Adding immersive virtual reality laboratory simulations to biotechnology training: Effects on motivation and learning outcomes. *Frontiers in Education*.
<https://www.frontiersin.org/>
- Conrad, M., (2024). Learning effectiveness of immersive virtual reality in education. *Journal of Computer Assisted Learning*. <https://onlinelibrary.wiley.com/>
- Llanos-Ruiz, D. (2025). Virtual reality in higher education: A systematic review (2020–2025). *Societies*, 15(9), 251. <https://doi.org/10.3390/soc15090251>
- Stracke, C. M. (2025). Immersive virtual reality in higher education: Systematic review and synthesis of prior SLRs. DNB.

Apéndices

Apéndice A

Instrumento final de evaluación QLABVR

Instrumento estructurado en siete dimensiones: usabilidad, motivación, satisfacción, realismo, aprendizaje percibido, diseño visual e interfaz, y carga cognitiva.

Dimensión 1. Usabilidad. El entorno fue fácil de usar.

Navegar dentro del laboratorio fue intuitivo.

Pude interactuar con el sistema de forma autónoma.

Los controles y respuestas del sistema fueron consistentes y predecibles.

Los mensajes e instrucciones del sistema fueron suficientes para guiarme durante la experiencia.

Dimensión 2. Motivación. Q-Lab VR es una experiencia motivadora para continuar aprendiendo.

El diseño visual y la estética de Q-Lab VR me generan entusiasmo para seguir aprendiendo.

El sistema me incentivó a seguir explorando.

El uso de Q-Lab VR me pareció una actividad dinámica y entretenida.

El tiempo pasó rápido mientras utilizaba Q-Lab VR.

Dimensión 3. Satisfacción. Estoy satisfecho con la experiencia general del sistema.

Usar el sistema fue una experiencia agradable.

Recomendaría esta experiencia a otros estudiantes.

Me gustaría usar Q-Lab VR en futuros cursos o actividades.

Siento que el tiempo que invertí usando Q-Lab VR valió la pena.

Dimensión 4. Realismo. Los elementos visuales simulan un laboratorio real.

Las interacciones simuladas fueron realistas.

La experiencia generó sensación de presencia en un entorno real.

Mi atención estuvo centrada en las tareas, sin distracciones externas.

La sensación de inmersión se mantuvo estable a lo largo de la sesión.

Dimensión 5. Aprendizaje percibido. Me ayudó a comprender mejor los conceptos sobre normas de bioseguridad y elementos de laboratorio.

La simulación y la actividad de autoevaluación me permitieron comprender cómo aplicar las normas de bioseguridad en un laboratorio.

Tengo confianza en mi comprensión de los temas trabajados tras usar Q-Lab VR.

La experiencia me permitió fortalecer los conceptos para aplicar correctamente las normas y buenas prácticas de bioseguridad en el laboratorio físico.

La experiencia me permitió fortalecer conceptos y aplicar correctamente las normas de bioseguridad dentro del espacio físico antes de la práctica inicial.

La retroalimentación del sistema me ayudó a corregir errores.

Dimensión 6. Diseño visual e interfaz. El diseño gráfico es atractivo para continuar la inmersión.

Los elementos visuales son claros y fáciles de identificar.

La interfaz y/o escenario de inmersión virtual es coherente y bien organizada.

La paleta de colores y los elementos visuales me resultaron visualmente agradables.

El escenario me acerca de forma clara a un espacio físico real de un laboratorio.

Dimensión 7. Carga cognitiva. El esfuerzo mental requerido para completar las tareas fue adecuado.

Las instrucciones fueron claras y fáciles de entender.

La cantidad de información presentada fue manejable.

El número de pasos que tuve que recordar simultáneamente fue razonable.

El ritmo de la actividad fue adecuado para mí.

Apéndice B

Mapa de correspondencia ítem – guion pedagógico

Relación entre cada ítem del instrumento y los objetivos pedagógicos y acciones desarrolladas en el entorno QLABVR.

Ítem	Dimensión	Objetivo pedagógico	Acción en QLABVR
U1	Usabilidad	Facilitar la navegación inicial	Exploración libre del entorno
U2	Usabilidad	Reducir errores de interacción	Uso guiado de controles
M1	Motivación	Fomentar interés por la actividad	Retroalimentación visual
S1	Satisfacción	Evaluar agrado general	Finalización del reto
R1	Realismo	Simular laboratorio real	Manipulación de materiales
A1	Aprendizaje percibido	Comprender el procedimiento	Preparación de solución
C1	Carga cognitiva	Evaluar esfuerzo mental	Resolución del reto

Fuente. Autoría propia.

Cada ítem del instrumento QLABVR fue diseñado para evaluar aspectos específicos de la experiencia del usuario asociados a los objetivos pedagógicos del entorno virtual.

Las dimensiones de usabilidad, motivación y diseño visual evalúan la interacción inicial y la navegación; las dimensiones de realismo y carga cognitiva se vinculan con la sensación de inmersión y la demanda mental de las tareas; y la dimensión de aprendizaje

percibido se relaciona con la comprensión y aplicación de normas de bioseguridad y prácticas de laboratorio.

Esta correspondencia garantiza la coherencia entre el diseño pedagógico del entorno QLABVR y el instrumento de evaluación aplicado.

Apéndice C

Actas del panel de expertos

Acta de validación por expertos

Durante la fase de validación de contenido del instrumento QLABVR, el cuestionario fue revisado por un panel de expertos conformado por docentes y profesionales del área de educación, tecnología y diseño multimedia.

Los expertos evaluaron los ítems en términos de claridad, pertinencia y coherencia con los objetivos pedagógicos del entorno virtual.

Como resultado del proceso, se sugirieron ajustes menores en la redacción de algunos ítems, los cuales fueron incorporados en la versión final del instrumento.

Registro de participación y evaluación realizada por los expertos durante la validación de contenido del instrumento.

Apéndice D

Fichas de juicio de expertos (Índice V de Aiken)

Matrices individuales y consolidadas utilizadas para el cálculo del índice de validez de contenido.

Para la validación de contenido del instrumento QLABVR se empleó el juicio de expertos mediante el índice V de Aiken. Cada ítem fue evaluado en términos de relevancia y claridad, utilizando una escala ordinal.

Las valoraciones individuales fueron consolidadas para identificar el grado de acuerdo entre los expertos. Los resultados obtenidos evidenciaron niveles adecuados de validez de contenido, por lo que el instrumento fue considerado apto para su aplicación en la fase piloto con estudiantes.

Apéndice E

Formato institucional UNAD – Consentimiento informado

Los participantes del estudio fueron informados sobre los objetivos de la investigación, la naturaleza voluntaria de su participación y la posibilidad de retirarse en cualquier momento sin consecuencias académicas.

El consentimiento informado incluyó advertencias sobre posibles molestias asociadas al uso de dispositivos de realidad virtual, como mareo o fatiga visual, así como las medidas de seguridad implementadas durante las sesiones.

Todos los datos recolectados fueron tratados de forma confidencial y utilizados exclusivamente con fines académicos.