

HERRAMIENTA DE AUTOR WEBXR PARA CREAR APLICACIONES EDUCATIVAS E INTELIGENTES EN AMBIENTES DE REALIDAD EXTENDIDA

WEBXR AUTHORIZING TOOL FOR CREATING EDUCATIONAL AND SMART APPLICATIONS IN EXTENDED REALITY ENVIRONMENTS

Ramón Zatarain Cabada

Tecnológico Nacional de México / IT de Culiacán, México
ramon.zc@culiacan.tecnm.mx

María Lucía Barrón Estrada

Tecnológico Nacional de México / IT de Culiacán, México
lucia.be@culiacan.tecnm.mx

Rosalío Zatarain Cabada

Tecnológico Nacional de México / IT de Culiacán, México
rosalio.zc@culiacan.tecnm.mx

Víctor Manuel Bátiz Beltrán

Tecnológico Nacional de México / IT de Culiacán, México
victor.bb@culiacan.tecnm.mx

Manuel Alberto Sotelo Rivas

Tecnológico Nacional de México / IT de Culiacán, México
manuel.sr@culiacan.tecnm.mx

Recepción: 2/diciembre/2025

Aceptación: 25/diciembre/2025

Resumen

Estudios recientes han demostrado que la realidad extendida, tiene la capacidad de elevar la calidad educativa al ofrecer experiencias inmersivas e interactivas. Este artículo presenta el desarrollo de una herramienta de autor WebXR, para el desarrollo de ambientes de aprendizaje que incorporan realidad extendida. La plataforma está basada en la nube y permite a los profesores crear cuentas, subir archivos multimedia y diseñar ambientes de realidad extendida utilizando lenguajes de programación visuales como Blockly. Con una interfaz de arrastrar y soltar bloques, los usuarios pueden construir ambientes de realidad extendida de forma fácil y rápida. La herramienta de autor desarrollada fue evaluada por un grupo

compuesto de estudiantes y profesores de nivel licenciatura. Se evaluó la usabilidad de la aplicación mediante la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS por sus siglas en inglés), obteniendo un puntaje de 74 que indica que la herramienta tiene un buen nivel de usabilidad.

Palabras Clave: Ambientes de aprendizaje virtuales, herramientas de autor, realidad extendida.

Abstract

Recent studies have shown that extended reality has the ability to enhance educational quality by offering immersive and interactive experiences. This article presents the development of a WebXR authoring tool for the development of learning environments that incorporate extended reality. The platform is cloud-based and allows teachers to create accounts, upload multimedia files, and design extended reality environments using visual programming languages such as Blockly. With a drag-and-drop block interface, users can quickly and easily build extended reality environments. The authoring tool developed was evaluated by a group of undergraduate students and teachers. The usability of the application was evaluated using the System Usability Scale (SUS), obtaining a score of 74, which indicates that the tool has a good level of usability.

Keywords: Authoring tools, extended reality, virtual learning environments.

1. Introducción

La realidad extendida (RE), que engloba la realidad virtual (RV), la realidad aumentada (RA) y la realidad mixta (RM), es una tecnología en desarrollo que ha crecido de manera significativa en las décadas recientes [Cipresso, 2018], [Vasarainen, 2021]. La RE, al ofrecer experiencias inmersivas e interactivas, tiene la capacidad de elevar la calidad educativa [Curran, 2023], [Su, 2023], [Ross, 2023], [Hwang, 2023], [Manfredi, 2023]. Esta tecnología ha sido incorporada en diferentes campos, como la medicina, que la usa para formar a los médicos en cómo hacer intervenciones quirúrgicas [Curran, 2023]; la robótica, que la aplica para recrear entornos laborales [Su, 2023]; la aeronáutica, que se sirve de ella para mejorar el

diseño y simulación de vuelos [Ross, 2023]; y la educación, que se vale de ella para enseñar varias materias [Hwang, 2023], [Manfredi, 2023].

La RE se aplica en una variedad de dispositivos, desde gafas de RV [Sutherland, 1968] hasta dispositivos móviles que funcionan bajo sistemas operativos como iOS y Android [Linowes, 2017]. Además, en los últimos años, se ha popularizado el uso de Interfaz de Programación de Aplicaciones (API por sus siglas en inglés) para el desarrollo web de RE, como WebVR [Yan, 2020] y posteriormente WebXR [Hanfati, 2022]. Estas tecnologías permiten desarrollar aplicaciones que utilizan directamente las capacidades de los navegadores para implementar la RE, haciendo uso de lenguajes de programación como JavaScript, apoyado por bibliotecas como ThreeJS [Dirksen, 2015], BabylonJS [Moreau, 2016] y P5JS [McCarthy, 2015].

Por otra parte, la RE tiene la capacidad de optimizar el aprendizaje, ya que contribuye a entender conceptos abstractos y complejos, permite crear entornos realistas e incluso reproducir contextos potencialmente peligrosos. Cuando se crean esos ambientes, se ofrecen entornos que son interactivos e inmersivos, lo que permite que el usuario esté más motivado y retenga mejor la información [Kamińska, 2019], [Ibáñez, 2018]. No obstante, el desarrollo de aplicaciones de RE enfrenta diversas dificultades, como la creación de algoritmos, la elaboración de contenido virtual y la instalación de la infraestructura necesaria para desarrollar y desplegar estas aplicaciones. También requiere inversión de tiempo y esfuerzo para llevar a cabo lo anterior, entre otras cosas [Prabhakaran, 2022].

En vista de lo anterior, este trabajo de investigación propone crear una herramienta de autor para generar y visualizar entornos de aprendizaje en RE a través de una plataforma en la nube. Los maestros tienen la posibilidad de registrarse en esta plataforma, generar entornos de aprendizaje inmersivos a través de WebXR y compartirlos con los alumnos por medio de un enlace de Internet. Su funcionalidad permite que el contenido educativo sea accesible desde cualquier dispositivo con acceso a Internet. Esto se logra con herramientas interactivas y atractivas, como lo es la programación con bloques, utilizando bibliotecas como Blockly de Google [Blockly, 2025], cuyo uso ha sido demostrado en las plataformas de Scratch [Scratch, 2025] y MIT App Inventor [MIT, 2025].

A lo largo de la historia se han desarrollado diversas herramientas de autor para la creación de aplicaciones de RE. En el trabajo de [Hedlund, 2023], se creó una aplicación web de RV con una interfaz de programación basadas en bloques llamada BlocklyVR, que consiste en un espacio de área de trabajo en donde el usuario interactúa en un entorno 3D arrastrando bloques. En este estudio, se realizó una comparación para determinar si es más eficiente realizar actividades en entornos 2D o 3D. Los resultados muestran que el aprendizaje de ciertos ejercicios de programación es más eficiente en entornos virtuales, debido a que los usuarios se sienten inmersos y, por lo tanto, centran su atención en la resolución de los problemas. Por otra parte, en [Nguyen, 2020], los autores crearon una aplicación web denominada BlocklyAR, con el objetivo de desarrollar ambientes de RA. Esta aplicación ofrece un área de trabajo y un espacio para observar en vivo el entorno de RA que se está desarrollando. El objetivo principal de BlocklyAR es facilitar que los usuarios desarrollen aplicaciones de realidad aumentada sin tener que aprender la sintaxis de algún lenguaje de programación. Asimismo, en [Jung, 2021] los autores crearon una aplicación web titulada BlocklyXR, que combina las tecnologías de RV y RA. Esta herramienta incluye un panel para seleccionar una parte del mundo real que posteriormente se renderiza en 3D y, un editor de programación visual en donde el usuario desarrolla la lógica. Una funcionalidad relevante de este trabajo es la importación de modelos en 3D. En este estudio, se evaluó la aceptación de la tecnología, demostrando que la herramienta era fácil de utilizar.

En el trabajo de [Karoui, 2022] se presenta una herramienta de autor que utiliza programación por bloques basada en MIT App Inventor, llamada JEM Inventor, para la creación de Juegos de Aprendizaje Móvil (MLGs por sus siglas en inglés: *mobile learning games*). Esta herramienta permite a los usuarios acceder a funcionalidades del dispositivo móvil cada vez más complejas a medida que aumentan sus habilidades, lo que reduce la barrera del conocimiento técnico previo.

Los resultados de las pruebas realizadas demuestran que es eficaz en simplificar el proceso de creación de MLGs y mejorar la experiencia de aprendizaje, haciendo que los juegos educativos sean más accesibles y personalizables para los educadores. En el ámbito de las aplicaciones educativas en el trabajo de [Narman,

2020], se desarrolló una aplicación móvil de RA llamada ARCSE, que utiliza marcadores para el aprendizaje de la materia estructura de datos en la carrera de ciencias computacionales. La aplicación expone a los alumnos a temas relacionados con listas, pilas y colas, y el alumno debe resolver ejercicios. Los resultados obtenidos demuestran que la mayoría de los estudiantes prefieren realizar ejercicios en RA en lugar de los métodos tradicionales, ya que mejoran su entendimiento de los conceptos.

Por otra parte, en [Ahmad, 2020] se exploró cómo la RA puede mejorar la enseñanza de las matemáticas. Evaluaron el impacto de las aplicaciones de RA en la retención del aprendizaje y el desarrollo de habilidades críticas en estudiantes de secundaria. Los resultados indican que la RA no solo mejora la comprensión y retención de conceptos matemáticos abstractos, sino que también fomenta un mayor interés y participación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

Además, en [Tang, 2020] se analiza cómo la RM mejora el aprendizaje en diseño en la educación superior. Comparando la RM con métodos tradicionales, encontraron que la RM incrementa significativamente la creatividad y habilidades en análisis geométrico de los estudiantes. El estudio concluye que la RM es más efectiva que los materiales tradicionales, sugiriendo que la RM tiene un gran potencial para enriquecer la educación en diseño y destaca la necesidad de más investigaciones en este ámbito.

Por otro lado, en [Chen, 2022] se investigó el uso de la realidad aumentada (AR) para mejorar el aprendizaje de astronomía en estudiantes de primaria. El estudio desarrolló la aplicación Cosmos Planet Go, que utiliza AR para simular el movimiento planetario, permitiendo a los estudiantes comprender mejor las características y comportamientos de los planetas. Utilizando un método cuasi-experimental, el estudio comparó a estudiantes que aprendieron con la aplicación AR con aquellos que recibieron enseñanza tradicional. Los resultados mostraron que los estudiantes que usaron la aplicación AR demostraron una mejor efectividad en el aprendizaje, mayor motivación y una experiencia de flujo más inmersiva.

El objetivo de este trabajo de investigación es desarrollar una plataforma que permita a los profesores crear ambientes de aprendizaje en realidad extendida (RE)

de manera sencilla y rápida. La plataforma, permitirá que los profesores, mediante un taller de 1 *hora*, aprendan y puedan crear ambientes de RE en unas pocas horas o días, y compartirlos con sus alumnos de manera inmediata. Esta herramienta permite a los profesores crear contenido educativo en RE sin necesidad de conocimiento previo en programación, utilizando la programación en bloques. De esta manera, los profesores no tendrán que preocuparse por la complicada sintaxis de los lenguajes de programación, modelado 3D y diseño de interfaces, sino simplemente seleccionar los bloques adecuados y definir el contenido. Además, ofrece la capacidad de que los profesores visualicen en tiempo real lo que están creando, y una vez que su construcción esté completa, pueden compartirlo con sus alumnos a través de un enlace en pocos segundos. De esta forma, la herramienta desarrollada permite que los profesores se vean beneficiados al poder desarrollar un ambiente de RE personalizado para sus clases, y poder compartirlo con sus alumnos. Los alumnos también se verán beneficiados, ya que, tendrán una nueva manera de obtener conocimiento, interactuando y estando inmersos en el ambiente creado por el profesor.

2. Métodos

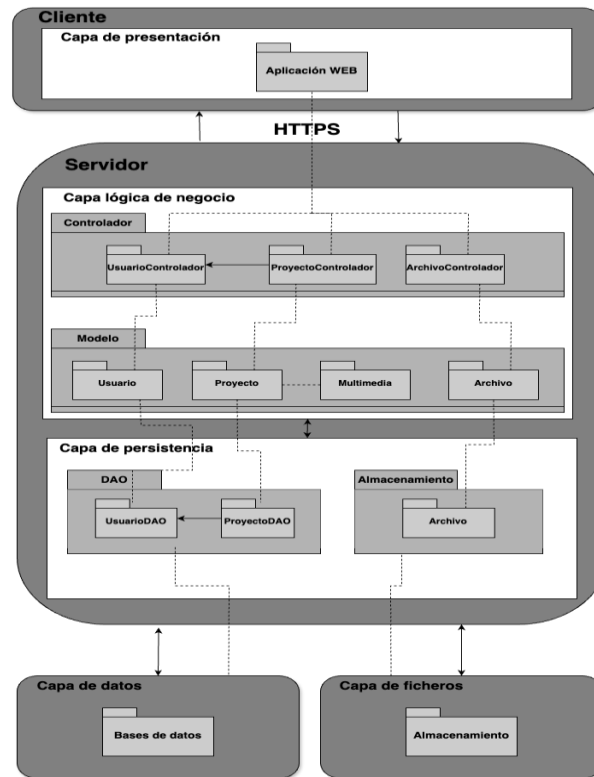
La herramienta de autor WebXR desarrollada en este trabajo de investigación, es una plataforma en la nube diseñada para facilitar a los profesores la creación de ambientes de RE. A través de ella, los profesores pueden crear sus perfiles, cargar archivos multimedia (como audios, imágenes y videos) y diseñar ambientes de RE. Estos ambientes pueden ser compartidos con los alumnos mediante un URL.

Arquitectura

Para la arquitectura del sistema se seleccionó el modelo cliente-servidor utilizando una arquitectura de capas. En la Figura 1 se muestra la arquitectura del sistema, se decidió implementar utilizando una arquitectura híbrida compuesta por los siguientes componentes:

- **Cliente-Servidor.** Esta arquitectura se utiliza debido a que el sistema es distribuido.

- **Capas.** Se hace uso del patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador (MVC) para proporcionar un mayor mantenimiento, flexibilidad y escalabilidad.



Fuente: elaboración propia

Figura 1 Arquitectura del sistema.

Capa de presentación

Representa la vista del sistema, es la encargada de mostrar los datos al usuario de manera comprensible y de forma visualmente atractiva, sin realizar acciones, procesamiento o lógica de negocios.

Capa lógica de negocio

Esta capa tiene como tarea principal manejar la lógica del sistema, contiene los elementos controlador y modelo. El elemento controlador recibe interacciones de los usuarios y las traduce en acciones, manejando la lógica de control de aplicaciones y validaciones. El elemento modelo por su parte, gestiona el acceso a los datos y las operaciones, haciendo cumplir las reglas y operaciones comerciales.

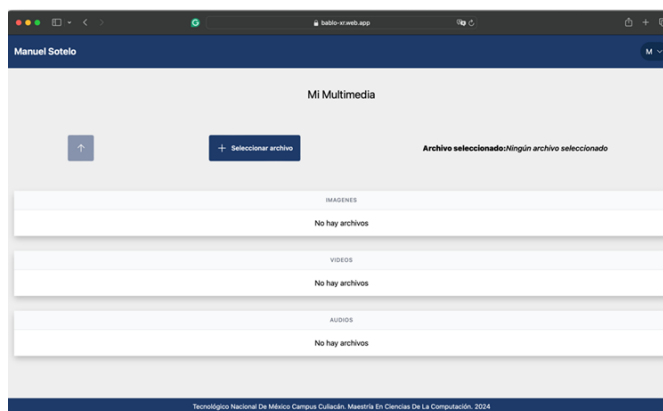
Capa de persistencia

Es la capa responsable de gestionar los elementos necesarios para el almacenamiento de los datos y los archivos multimedia del sistema. Esta capa cuenta con un elemento DAO (*Data Access Object*) el cual transforma la información entre la base de datos en objetos que el sistema puede manipular. También tiene un elemento denominado almacenamiento que maneja la carga, almacenamiento y recuperación de archivos multimedia en servidores en la nube.

Interfaz gráfica

La herramienta de autor WebXR desarrollada es una plataforma completa que ofrece varias secciones denominadas como páginas: una página para subir multimedia, una página para visualizar las construcciones hechas, una página para realizar la construcción del ambiente de RE utilizando programación en bloques, y una página para visualizar el ambiente de RE en diversos dispositivos:

- **Página de multimedia.** La Figura 2 muestra la página de multimedia, en donde, los usuarios pueden subir, organizar y eliminar archivos multimedia esenciales para los ambientes de aprendizaje. Estos recursos se almacenan en el servicio de almacenamiento en la nube proporcionado por Firebase.



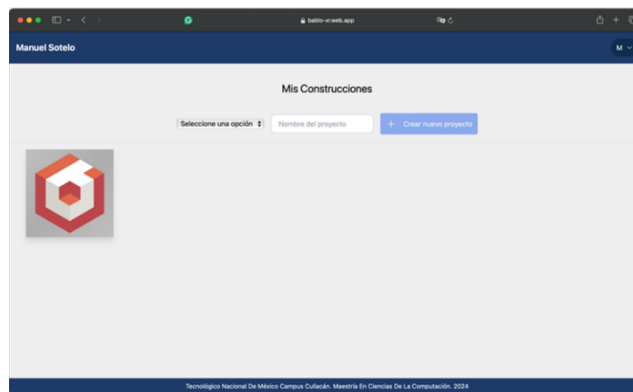
Fuente: elaboración propia

Figura 2 Página de multimedia.

- **Página de construcciones.** La Figura 3 presenta la página de construcciones, en donde, los usuarios pueden crear un nuevo proyecto de

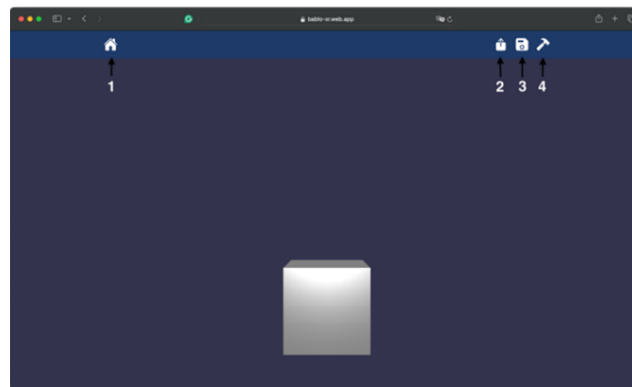
ambiente de RE y darle un nombre a la construcción. Además, pueden visualizar sus construcciones previas.

- **Página de mi construcción.** El apartado de mi construcción está diseñado para simplificar el complejo proceso de creación de ambientes de RE, gracias a la programación en bloques y la visualización del ambiente en tiempo real. La Figura 4 muestra la interfaz gráfica de usuario (GUI) del apartado de mi construcción, en donde, se cuenta con una barra de navegación en la parte superior que facilita la interacción con la plataforma.



Fuente: elaboración propia

Figura 3 Página de construcciones.



Fuente: elaboración propia

Figura 4 Interfaz de mi construcción.

Opciones disponibles en la barra:

- ✓ **Ir a la página de inicio (1).** Este icono permite a los usuarios regresar a la página principal en cualquier momento.

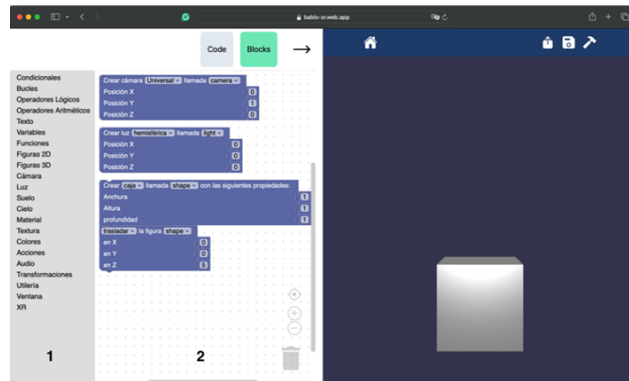
- ✓ **Compartir la construcción actual (2).** Este icono proporciona la opción de compartir el entorno de RE que el usuario está creando a través de un enlace. Con dicho enlace cualquier usuario que lo reciba podrá visualizar el ambiente de RE correspondiente.
- ✓ **Guardar el progreso de la construcción actual (3).** Este icono permite a los usuarios guardar los cambios y avances en su proyecto de manera segura.
- ✓ **Abrir el editor (4).** Este icono abre el editor de bloques, ubicado en la parte izquierda del diseño. El editor es una herramienta esencial para la construcción y personalización de los ambientes de RE, permitiendo a los usuarios agregar, modificar y organizar los diferentes elementos y funcionalidades de su entorno.

Cuando se abre el editor, la interfaz se divide en dos secciones principales, en la Figura 5 se muestra la interfaz de mi construcción y el editor, las secciones de esta interfaz son:

- ✓ **Barra de herramientas (1).** Ubicada a la izquierda, contiene diversas categorías de bloques, como Condicionales, Bucles, Operadores Lógicos, Operadores Aritméticos, Texto, Variables, Funciones, Figuras 2D, Figuras 3D, Cámara, Luz, Suelo, Cielo, Material, Textura, Colores, Acciones, Audio, Transformaciones, Utilería, Ventana y XR. Cada categoría contiene bloques específicos que pueden ser utilizados para construir y personalizar el ambiente de RE.
- ✓ **Espacio de trabajo (2).** Situado a la derecha de la barra de herramientas, este es el área donde los usuarios pueden arrastrar y soltar bloques para construir su entorno de RE. Los bloques se pueden conectar entre sí para definir la lógica y el comportamiento del ambiente. En este espacio, los usuarios pueden crear cámaras, luces, figuras geométricas y otros elementos interactivos para enriquecer su entorno.

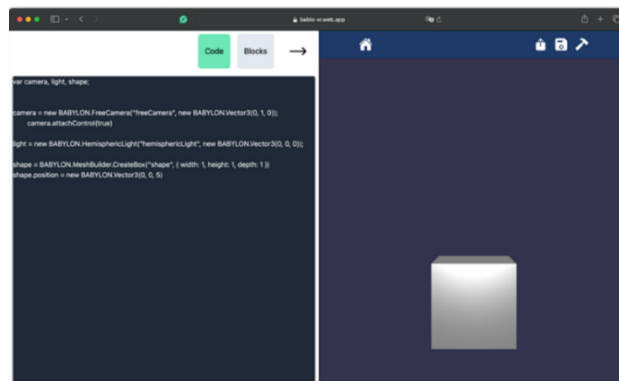
En la Figura 6 se presenta el editor de la herramienta de autor WebXR, que también incluye un visualizador de código que muestra el código generado a

partir de los bloques. De esta forma los usuarios pueden observar y aprender cómo se programa el ambiente de RE que se está construyendo. El visualizador de código es accesible a través de una pestaña dentro del editor, permitiendo a los usuarios alternar entre la vista de bloques y la vista de código según sea necesario.



Fuente: elaboración propia

Figura 5 Interfaz de mi construcción con editor abierto.

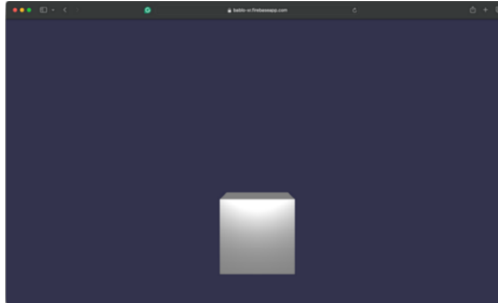


Fuente: elaboración propia

Figura 6 Interfaz de mi construcción con editor y sección de código.

- **Página de visualización.** En la Figura 7 se muestra la página de visualización, donde los estudiantes pueden explorar e interactuar con los ambientes educativos de RE.
- **Visualización de un ambiente de RE.** Para poder utilizar el ambiente creado anteriormente, se hace uso del enlace proporcionado por el creador del ambiente de RE. Este enlace permite a los usuarios acceder al ambiente a

través de diversos dispositivos, incluyendo computadoras, teléfonos celulares y cascos de realidad virtual. La versatilidad de la herramienta de autor permite que los ambientes de realidad extendida sean accesibles en múltiples plataformas.



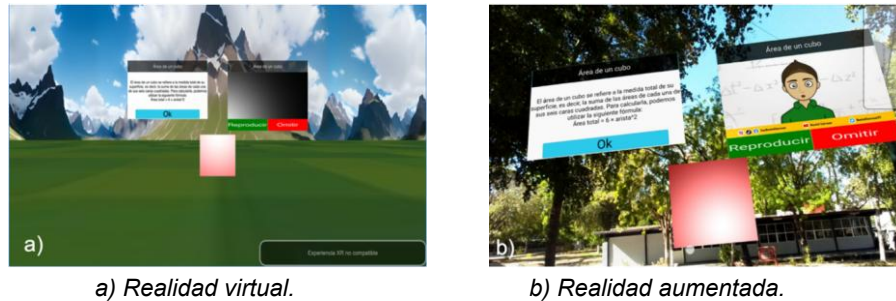
Fuente: elaboración propia

Figura 7 Página de visualización.

En la Figura 8 se presentan las dos formas de visualizar el ambiente de RE:

- ✓ **Visualización en realidad virtual (Figura 8a).** Para una experiencia más inmersiva, los usuarios pueden utilizar cascos de realidad virtual (RV) para visualizar el ambiente de RE. Al abrir el enlace en un dispositivo compatible con RV, el ambiente se presenta en un formato optimizado para la realidad virtual, permitiendo una mayor sensación de presencia y profundidad. Los usuarios pueden moverse e interactuar con el ambiente utilizando los controladores del casco de RV, explorando el entorno de una manera más natural e inmersiva. En la Figura 8a se muestra cómo es visualizar el ambiente en RV, destacando la inmersión total que ofrece esta tecnología.
- ✓ **Visualización en realidad aumentada (Figura 8b).** Además de la realidad virtual, los ambientes creados también pueden ser visualizados en realidad aumentada (RA). Utilizando un dispositivo móvil con capacidades de RA, como un teléfono celular o una *tablet*, los usuarios pueden superponer el ambiente de RE sobre el entorno real. Al acceder al enlace en un dispositivo de RA, el ambiente se integra con el mundo físico a través de la cámara del dispositivo,

permitiendo a los usuarios interactuar con elementos virtuales en su entorno real. En la Figura 8b se observa cómo es visualizar el ambiente en RA, mostrando la capacidad de combinar el mundo virtual y real.



Fuente: elaboración propia

Figura 8 Formas de visualización.

- **Componente de inteligencia artificial generativa.** Como parte de las mejoras que se pretenden agregar a los bloques disponibles se encuentra en fase de implementación un componente de inteligencia artificial generativa que permitirá conectarse a un modelo de lenguaje grande como ChatGPT para la generación de contenido. El texto generado podrá ser agregado a las ventanas de información, facilitando así la labor del usuario al momento de construir los ambientes de RE.
- **Pruebas.** Se aborda el experimento realizado con un grupo de estudiantes y profesores del Instituto Tecnológico de Culiacán. El grupo estuvo conformado por 30 estudiantes de licenciatura en ingeniería (27 hombres y 3 que prefirieron no decir su sexo), con una edad entre 19 y 25 años ($M = 20.3$, $DE = 1.48$). Adicionalmente se contó con la participación de tres profesores. El experimento se realizó en tres fases principales: un tutorial inicial de 60 minutos, un periodo de desarrollo autónomo del ambiente por cada participante de dos semanas y finalmente un cuestionario para medir la usabilidad de la aplicación. Para la realización del experimento se obtuvo el consentimiento de los participantes y la aplicación del cuestionario se realizó de forma anónima para proteger la información sensible de los estudiantes.

- **Instrumentos de medición.** El instrumento de medición utilizado es la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS, por sus siglas en inglés: *system usability scale*) [Brooke, 1996], que consiste en un cuestionario de 10 preguntas en escala Likert con valoraciones que van desde totalmente en desacuerdo (valor de 1) a totalmente de acuerdo (valor de 5).

3. Resultados

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos con respecto a la media aritmética y la desviación estándar en cada una de las preguntas de la prueba de Escala de Usabilidad del Sistema (SUS, por sus siglas en inglés).

Para medir la fiabilidad del cuestionario SUS, se utilizó el alfa de Cronbach, obteniéndose un resultado de 0.80. Este valor se considera muy aceptable, indicando que las preguntas que integran el cuestionario son consistentes y fiables para evaluar la usabilidad del sistema. En cuanto al SUS, se evaluó con los siguientes pasos: restar 1 a las preguntas impares. Restar la puntuación de las preguntas pares a 5. Sumar los valores calculados. Multiplicar por 2 la suma de los valores calculados. El valor SUS obtenido fue de 74, lo que indica un buen resultado. Según la escala SUS, un puntaje de 74 se considera superior a la media, lo que sugiere que el sistema tiene una buena usabilidad.

Tabla 1 Resultados de la prueba SUS.

No.	Pregunta	Media	Desviación estándar
1	¿Te gustaría usar esta herramienta de autor WebXR muchas veces para crear tus propios mundos de realidad extendida?	4.50	0.57
2	¿Te pareció que la herramienta es muy difícil de usar?	1.50	0.57
3	¿Crees que la herramienta de autor es fácil de manejar?	4.10	0.75
4	¿Necesitarías ayuda de alguien que sabe mucho de tecnología para poder usar esta herramienta de autor WebXR?	3.00	0.94
5	¿Te pareció que todas las cosas que puedes hacer con la herramienta de autor trabajan bien juntas?	4.30	0.59
6	¿Piensas que la herramienta es un poco desordenada o confusa?	2.96	1.09
7	¿Crees que tus amigos podrían aprender rápido a usar la herramienta, incluso si no saben mucho de computadoras?	3.93	1.04
8	¿Te pareció que la herramienta de autor es muy complicada de usar?	1.50	0.57
9	¿Te sentiste seguro y tranquilo usando la herramienta?	4.33	0.71
10	¿Tuviste que saber algo especial antes de poder usar la herramienta de autor bien?	2.63	1.15

Fuente: elaboración propia

4. Discusión

Los resultados del experimento arrojaron datos interesantes:

- En la pregunta: ¿Te gustaría usar esta herramienta de autor WebXR muchas veces para crear tus propios mundos de realidad extendida? La media de 4.5 sobre 5, indica que en general se considera que la herramienta es adecuada para utilizarla en la creación de ambientes de realidad extendida (RE).
- La pregunta: ¿Te pareció que la herramienta es muy difícil de usar? El bajo valor de 1.5, indica que la herramienta de autor no es complicada de usar. Esto se refuerza al observar el valor de 4.1 obtenido en la pregunta: ¿Crees que la herramienta de autor es fácil de manejar?
- En cuanto a los elementos disponibles en la herramienta, el valor de 4.3 obtenido en la pregunta: ¿Te pareció que todas las cosas que puedes hacer con la herramienta de autor trabajan bien juntas? permite afirmar que los usuarios consideran que están relacionadas y funcionan bien en conjunto.
- Es importante reconocer que la herramienta requiere de cierta preparación para su uso, lo cual queda demostrado con los valores promedio obtenidos en las preguntas, ya que estos tuvieron medias de 3.0 y 2.63, valores que se ubican hacia el centro de la escala utilizada:
 - ✓ ¿Necesitarías ayuda de alguien que sabe mucho de tecnología para poder usar esta herramienta de autor WebXR?
 - ✓ ¿Tuviste que saber algo especial antes de poder usar la herramienta de autor bien?.

5. Conclusiones

La investigación y desarrollo de la herramienta de autor WebXR desarrollada ha demostrado ser exitosa en cumplir con el objetivo planteado.

Se logró desarrollar una herramienta de autor robusta y completamente basada en la nube que permite a los profesores crear ambientes de aprendizaje en realidad extendida (RE), incluyendo realidad virtual (RV), realidad aumentada (RA) y realidad mixta (RM). Los resultados obtenidos de las pruebas de usabilidad mostraron que

los usuarios pudieron crear escenarios completos y detallados, comprobando que los usuarios, independientemente de su conocimiento previo en programación, pueden crear sus propios ambientes de aprendizaje interactivos e inmersivos de realidad extendida con la herramienta de autor WebXR, ya que en la evaluación los usuarios pudieron crear sus propios ambientes de aprendizaje interactivos e inmersivos solo siguiendo un taller de 1 hora.

Como trabajo a futuro, se identifican varias áreas clave para la expansión y mejora de la herramienta. Estas áreas incluyen la expansión de la biblioteca de bloques con BabylonJS, ThreeJS y P5JS, el desarrollo de plantillas predefinidas para facilitar a los profesores la creación rápida de ambientes educativos, la importación de modelos 3D personalizados, la creación de tutoriales interactivos integrados para mejorar la accesibilidad, y la implementación de funcionalidades de colaboración en línea que permitan a múltiples usuarios trabajar simultáneamente en el mismo proyecto de RE. Otro aspecto que se considera medular es la integración de un *chatbot* que pueda apoyar a los usuarios del sistema en la generación de contenido para las ventanas de información. En este sentido, se propone el uso de inteligencia artificial generativa mediante una ventana de interacción con el usuario en la que éste pueda realizar preguntas y el sistema se conecte a un modelo de lenguaje grande para obtener la respuesta.

6. Referencias y Bibliografía

- [1] Ahmad, N., & Junaini, S., (2020). Augmented reality for learning mathematics: A systematic literature review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(16), pp. 106–122. doi: 10.3991/ijet.v15i16.14961.
- [2] Blockly, Google for Developers, (2025). [Online]. Available: <https://developers.google.com/blockly?hl=es-419>.
- [3] Brooke, J. SUS—A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), pp. 4–7, 1996.
- [4] Chen, C. C., Chen, H. R., & Wang, T. Y., (2022). Creative situated augmented reality learning for astronomy curricula. *Educational Technology & Society*, 25(2), pp. 148–162. doi: 10.30191/ETS.202204_25(2).0011.

- [5] Cipresso, P., Giglioli, I. A. C., Raya, M. A., & Riva, G., (2018). The past, present, and future of virtual and augmented reality research: a network and cluster analysis of the literature. *Frontiers in psychology*, 9, 2086. doi: 10.3389/fpsyg.2018.02086.
- [6] Curran, V. R., Xu, X., Aydin, M. Y., & Meruvia-Pastor, O., (2023). Use of extended reality in medical education: an integrative review. *Medical Science Educator*, 33(1), pp. 275–286. doi: 10.1007/s40670-022-01698-4.
- [7] Dirksen, J., (2015). *Learning Three.js—the JavaScript 3D Library for WebGL*. Packt Publishing Ltd.
- [8] Hanfati, K., Sukaridhoto, S., Basuki, D. K., Budiarti, R. P. N., Fajrianti, E. D., & Al Hafidz, I. A., (2022). Design and implementation of WebXR health learning module application. In *2022 International Electronics Symposium (IES)*, pp. 632–637. IEEE. doi: 10.1109/IES55876.2022.9888325.
- [9] Hedlund, M., Jonsson, A., Bogdan, C., Meixner, G., Ekblom Bak, E., & Matviienko, A., (2023). Blocklyvr: Exploring block-based programming in virtual reality. In *Proceedings of the 22nd International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, pp. 257–269. doi: 10.1145/3626705.3627779.
- [10] Hwang, W. Y., Nurtantyana, R., Purba, S. W. D., & Hariyanti, U., (2023). Augmented reality with authentic GeometryGo app to help geometry learning and assessments. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(5), pp. 769–779. doi: 10.1109/TLT.2023.3251398.
- [11] Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C., (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, pp. 109–123. doi: 10.1016/j.compedu.2018.05.002.
- [12] Jung, K., Nguyen, V. T., & Lee, J., (2021). BlocklyXR: An interactive extended reality toolkit for digital storytelling. *Applied Sciences*, 11(3), 1073. doi: 10.3390/app11031073.
- [13] Kamińska, D., Sapiński, T., Wiak, S., Tikk, T., Haamer, R. E., Avots, E., Helmi, A., Ozinar, C., & Anbarjafari, G., (2019). Virtual reality and its applications in education: Survey. *Information*, 10(10), 318. doi: 10.3390/info10100318.

- [14] Karoui, A., Marfisi-Schottman, I., & George, S., (2022). JEM Inventor: a mobile learning game authoring tool based on a nested design approach. *Interactive learning environments*, 30(10), pp. 1851–1878. doi: 10.1080/10494820.2020.1753214.
- [15] Linowes, J., & Babilinski, K., (2017). *Augmented reality for developers: Build practical augmented reality applications with unity, ARCore, ARKit, and Vuforia*. Packt Publishing Ltd.
- [16] Manfredi, G., Erra, U., & Gilio, G., (2023). A mixed reality approach for innovative pair programming education with a conversational ai virtual avatar. In *Proceedings of the 27th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, pp. 450–454. doi: 10.1145/3593434.3593952.
- [17] McCarthy, L., Reas, C., & Fry, B., (2015). *Getting started with P5.js: Making interactive graphics in JavaScript and processing*. Maker Media, Inc.
- [18] MIT App Inventor, Mit.edu, (2025). [Online]. Available: <https://appinventor.mit.edu/>.
- [19] Moreau-Mathis, J., (2016). *Babylon.js Essentials*. Packt Publishing Ltd.
- [20] Narman, H. S., Berry, C., Canfield, A., Carpenter, L., Giese, J., Loftus, N., & Schrader, I., (2020). Augmented reality for teaching data structures in computer science. In *2020 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, pp. 1–7. doi: 10.1109/GHTC46280.2020.9342932.
- [21] Nguyen, V. T., Jung, K., & Dang, T., (2020). BlocklyAR: A visual programming interface for creating augmented reality experiences. *Electronics*, 9(8), 1205. doi: 10.3390/electronics9081205.
- [22] Prabhakaran, A., Mahamadu, A. M., & Mahdjoubi, L., (2022). Understanding the challenges of immersive technology use in the architecture and construction industry: A systematic review. *Automation in Construction*, 137, 104228. doi: 10.1016/j.autcon.2022.104228.
- [23] Ross, G., & Gilbey, A., (2023). Extended reality (xR) flight simulators as an adjunct to traditional flight training methods: a scoping review. *CEAS Aeronautical Journal*, 14(4), pp. 799–815. doi: 10.1007/s13272-023-00688-5.

- [24] Scratch, Mit.edu, (2025). [Online]. Available: <https://scratch.mit.edu/>.
- [25] Su, Y. P., Chen, X. Q., Zhou, C., Pearson, L. H., Pretty, C. G., & Chase, J. G., (2023). Integrating virtual, mixed, and augmented reality into remote robotic applications: A brief review of extended reality-enhanced Robotic systems for Intuitive Telemanipulation and Telemanufacturing tasks in Hazardous conditions. *Applied Sciences*, 13(22), 12129. doi: 10.3390/app132212129.
- [26] Sutherland, I. E., (1968). A head-mounted three dimensional display. In *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I*, pp. 757–764. doi: 10.1145/1476589.1476686.
- [27] Tang, Y. M., Au, K. M., Lau, H. C., Ho, G. T., & Wu, C. H., (2020). Evaluating the effectiveness of learning design with mixed reality (MR) in higher education. *Virtual Reality*, 24(4), pp. 797–807. doi: 10.1007/s10055-020-00427-9.
- [28] Vasarainen, M., Paavola, S., & Vetoshkina, L., (2021). A systematic literature review on extended reality: Virtual, augmented and mixed reality in working life. *International Journal of Virtual Reality*, 21(2), pp. 1–28. doi: 10.20870/IJVR.2021.21.2.4620.
- [29] Yan, F., Hu, Y., Jia, J., Ai, Z., Tang, K., Shi, Z., & Liu, X., (2020). Interactive WebVR visualization for online fire evacuation training. *Multimedia tools and applications*, 79, pp. 31541–31565. doi: 10.1007/s11042-020-08863-0.