

Elementos conceptuales y tecnológicos para la creación de *Univerzoom*, una narración en realidad aumentada para la divulgación científica en astrofísica

Resumen

Este artículo propone explorar las oportunidades narrativas de la realidad aumentada para la comunicación de la ciencia en temas relacionados con la astrofísica, mediante la identificación de algunos elementos conceptuales y tecnológicos de la realidad aumentada que permitan la creación de una narrativa inmersiva interactiva. Para lograr esto, se analizan dos marcos conceptuales: los cinco componentes de Maze (2006) y las tres características de Azuma (1997). Los componentes de Maze (2006) abordan la narrativa en espacios virtuales e incluyen; el trasfondo, la superposición narrativa, el entorno, la navegación y la interacción. Las características de Azuma (1997) abordan el componente tecnológico de la realidad aumentada y se refieren a la combinación del mundo real con el virtual, la interactividad en tiempo real y la tridimensionalidad.

Además, se realiza un análisis de diez obras en diferentes formatos que abarcan experiencias de realidad aumentada, aplicaciones interactivas, series de televisión y películas relacionadas con los ejes temáticos de interés para este proyecto, de los cuales se identifican siete elementos clave para crear una narrativa inmersiva en estas condiciones. Estos últimos se enmarcan en: proporcionar instrucciones claras al usuario a través de un tutorial, el uso de personajes para transmitir la historia, la planificación de la duración de la narración, la inclusión de elementos lúdicos y exploratorios, el diseño de estrategias de navegabilidad corporal para guiar al usuario, el valor comunicativo de los componentes gráficos y el potencial auditivo. Finalmente, se concluye que la realidad aumentada ofrece nuevas oportunidades para la narrativa

Luis Carlos Ealo Otero
Magíster en Creación y Estudios
Audiovisuales
Medellín, Colombia
Correo electrónico:
luiscarlosealo@gmail.com
orcid.org/0000-0003-0734-7333
Google Scholar

Recibido: junio 20 de 2023

Aprobado: junio 26 de 2024

Palabras clave:
animación, apps, instalaciones
interactivas, programación
multimedia, tecnologías
emergentes, videojuegos.



Revista KEPES Año 21 No. 30 julio-diciembre 2024, págs. 183-220 ISSN: 1794-7111 (Impreso) ISSN: 2462-8115 (En línea)
DOI: 10.17151/kepes.2024.21.30.7



y la comunicación científica, además se brinda un marco teórico y práctico para guiar el diseño de experiencias inmersivas utilizando esta tecnología.

Conceptual and technological elements for the creation of *Univerzoom*, an augmented reality narration for science communication in astrophysics

Abstract

This article proposes to explore the narrative opportunities of augmented reality for science communication in topics related to astrophysics by identifying some conceptual and technological elements of augmented reality that enable the creation of an immersive interactive narrative. To achieve this, two conceptual frameworks are analyzed: the five components of Maze (2006) and the three characteristics of Azuma (1997). The Maze (2006) components address narrative in virtual spaces and include the background, narrative overlay, environment, navigation, and interaction. The Azuma (1997) characteristics address the technological component of augmented reality and refer to the combination of the real and virtual world, real-time interactivity, and three-dimensionality.

Additionally, an analysis of ten media works in different formats including augmented reality experiences, interactive experiences, TV series, and movies related to the thematic axes of interest for this project is conducted, identifying seven key elements for creating an immersive narrative under these conditions. These include providing clear instructions to the user through a tutorial, using characters to convey the story, planning the narrative duration, incorporating playful and exploratory elements, designing strategies for bodily navigation to guide the user, the communicative value of graphic components, and auditory potential. Finally, it is concluded that augmented reality offers new opportunities for narrative and scientific communication and a theoretical and practical framework is provided to guide the design of immersive experiences using this technology.

Key words:

animation, apps, emerging technologies, interactive installations, multimedia programming, video games.

Introducción

Desde los inicios de la humanidad, el hombre ha utilizado la narrativa como una forma de comunicar sus experiencias, transmitir sus conocimientos y manifestar su imaginación. A lo largo de la historia, la narrativa ha adoptado diferentes formas, utilizando diferentes medios y formatos (Barthes y Duisit, 1975), que van desde las ilustraciones rupestres en cavernas, pasando por los vitrales de las catedrales góticas, hasta las formas más modernas de representación, como las pantallas expandidas e interactivas.

En la actualidad, las nuevas tecnologías digitales ofrecen formas innovadoras de representación de la realidad. De este modo, se permite que la narrativa se adapte a estas formas y explore nuevos temas. Un ejemplo de esto es la narrativa en realidad aumentada, que está permitiendo a los científicos divulgar sus investigaciones de una manera más atractiva y accesible para el público en general.

Realidad aumentada

La realidad aumentada es una tecnología emergente que está cambiando la forma en que interactuamos con el mundo a nuestro alrededor. Esta tecnología nos permite superponer contenido digital sobre la realidad que vemos a través de la pantalla de un dispositivo (Azuma, 1997). En comparación con la realidad virtual, que crea un entorno completamente artificial y sintético en el que el usuario está inmerso, la realidad aumentada permite al usuario ver el mundo real con elementos virtuales integrados en él (Figura 1.). Su objetivo es complementar la realidad y no reemplazarla por completo, por esta razón, se podría considerar la realidad aumentada como un punto intermedio entre la realidad virtual (el mundo completamente sintético) y el mundo real (Azuma, 1997).



Figura 1. La realidad aumentada.
Fuente: elaboración propia.

Los orígenes de la realidad aumentada se remontan a 1968, cuando Ivan Sutherland creó el dispositivo "The Sword of Damocles", un casco montado en la cabeza que permite experimentar contenidos virtuales superpuestos sobre el mundo real (Jamali et al., 2013). Para 1985 aparece Videoplase, de la mano de Myron Krueger, considerado el primer sistema de interacción en tiempo real con objetos virtuales (Krueger y Wilson, 1985). En 1992 se acuña finalmente el término "realidad aumentada" por Tom Caudell y David Mizell en un proyecto para Boeing, en el que se superponen imágenes virtuales sobre el mundo real para asistir al personal de ingeniería (Kipper, 2013). Desde el año 2000, el campo de aplicación de la realidad aumentada se extiende en múltiples áreas, desde la divulgación científica, la educación, el entretenimiento, los museos hasta todo tipo de expresiones artísticas, con el fin de mejorar la presentación convencional de la información (Handler Miller, 2020).

Una de las maneras en que la realidad aumentada está transformando la educación es mediante el uso de narrativas en realidad aumentada para la divulgación científica. Esto se refiere al uso de realidad aumentada para contar historias que informan al público sobre temas científicos. Estas narrativas se pueden presentar de diferentes formas, desde personajes animados que guían al espectador a través de una historia, hasta simulaciones interactivas que permiten al espectador experimentar de primera mano los conceptos científicos (Cheng y Tsai, 2013). Un ejemplo de esto es el sistema Sustainable Observation for Learning, Awareness and Research (S.O.L.A.R.) desarrollado por El HIT LAB NZ para el Centro de Ciencia de TeManawa en Palmerston North, Nueva Zelanda. Este sistema permite a los usuarios explorar en detalle los planetas del sistema solar a través de tarjetas con representaciones 3D en realidad aumentada. Al organizar las tarjetas en el orden correcto, comienza la rotación de los planetas alrededor del sol. Otro ejemplo es Spacecraft 3D, una aplicación desarrollada por la NASA que permite a los usuarios aprender e interactuar con una gran variedad de naves espaciales. Con patrones impresos y un dispositivo móvil, la aplicación muestra en 3D los exploradores robóticos en la pantalla y permite ver su funcionamiento, movimiento, especificaciones técnicas e información adicional sobre su construcción.

En Colombia, existen iniciativas que utilizan la realidad aumentada para apoyar la divulgación científica. El Museo Arqueológico de los Pueblos Karib en Barranquilla utiliza la realidad aumentada para acercar a los visitantes a los contenidos arqueológicos y expandir la forma como interactúan con este (Universidad del Norte, 2016). Además, el Museo de Arte Contemporáneo de Bogotá, en colaboración con el Google Cultural Institute, ha digitalizado algunas obras y ha creado tours en realidad aumentada en sus instalaciones (Museo de Arte Contemporáneo de Bogotá, 2018).

Sin embargo, se puede observar que existen pocas aplicaciones y experiencias de realidad aumentada para la divulgación científica que cuenten con una narrativa propia diseñada para esta tecnología, ya que la mayoría de las experiencias se concentran más en ampliar la información de manera descriptiva y no tanto en sumergir al usuario en este entorno ficcional de realidad-virtualidad. Se identifica una gran dependencia de un material físico que muchas veces es el elemento principal de la historia, dejando a la realidad aumentada como una simple expansión estética descriptiva de una narración que ocurre en otro medio, desaprovechando todas las posibilidades de la realidad aumentada como medio narrativo.

Objetivo

Este artículo se propone explorar las oportunidades narrativas de la realidad aumentada para la comunicación de la ciencia en temas relacionados con la astrofísica, mediante la identificación de algunos elementos conceptuales y tecnológicos de la realidad aumentada que permitan la creación de una narrativa inmersiva en estas condiciones.

Metodología

Este artículo adopta un enfoque de investigación-creación, en el que la práctica creativa está integrada en todas las etapas de la investigación, y donde la creación es tanto un proceso como un resultado (Borgdorff, 2006; Ríos, 2019). Para lograr el objetivo planteado, esta investigación inicia con una búsqueda exhaustiva de lo existente en la literatura sobre narrativas en realidad aumentada y narrativas interactivas en medios digitales. Seguidamente, se examinan aplicaciones en realidad aumentada, así como referentes visuales en otros medios, como videojuegos, series de televisión y películas. Esto permite

determinar una serie de elementos clave para el desarrollo de experiencias en realidad aumentada que se detallan a continuación:

Elementos conceptuales y tecnológicos de la realidad aumentada

Los cinco componentes de Maze

Según John Maze, el espacio narrativo virtual está formado por cinco componentes que trabajan juntos para crear una experiencia inmersiva para el usuario, involucrando sus sentidos y captando su imaginación. Aunque estos componentes no están específicamente diseñados para entornos de realidad aumentada, esta investigación busca evaluarlos para determinar su aplicabilidad (Maze, 2006).

Trasfondo

El significado fundamental del espacio virtual se puede describir como la historia detrás de los espacios y por qué están configurados de la forma en que lo están. El usuario se encuentra en un entorno sin sentido aparente y debe reunir los elementos encontrados en este espacio para comprender la narración principal (Maze, 2006).

Superposición narrativa

Esta superposición es como un filtro que afecta la percepción del espacio narrativo y le da un tono a lo que percibimos en dicho espacio. También moldea la respuesta del usuario con relación al entorno en el que participa y ayuda a establecer la lógica subyacente que regula la creación del espacio virtual (Maze, 2006).

Entorno

Este elemento es clave para la narrativa, ya que es el lugar en el que se desarrolla la historia. Es importante que esté diseñado de manera efectiva para que los otros componentes no tengan que cargar con las acciones de navegación, logrando de esta manera una fluida experiencia para el usuario (Maze, 2006).

Navegación

La navegación determina la manera en que las experiencias se presentan al usuario, influyendo en la percepción del lugar y su contenido. Puede ser que el usuario tenga la libertad de recorrer el entorno virtual de manera autónoma, o estar limitado a una ruta específica. Hay una distinción entre "explorar" y "navegar" un espacio; la exploración supone una aventura de descubrimiento en un entorno desconocido, mientras que navegar significa seguir un camino y, en ocasiones, recibir instrucciones para llegar a un destino determinado (Maze, 2006).

Interacción

190

El grado de interacción que el usuario puede tener con el espacio narrativo virtual se determina por la libertad de elección y la forma en que se participa en la trama mientras se desplaza por este espacio. Muchos videojuegos brindan una gran flexibilidad en la manipulación del entorno narrativo, incluso con la posibilidad de utilizar un editor de niveles que permite al usuario personalizar el espacio con sus propios modelos digitales (Maze, 2006).

Las tres características de Azuma

Una estructura narrativa virtual requiere tecnologías específicas que la hagan posible en el mundo de la realidad aumentada. Para ello, se utilizan las tres características definidas por Ronald Azuma: la combinación del mundo real y el virtual, la interactividad en tiempo real y la tridimensionalidad (3D) (Azuma, 1997). Aunque fueron identificadas en 1997, la mayoría de las experiencias y aplicaciones de realidad aumentada siguen cumpliendo con estas tres características, por lo que es esencial considerarlas en cualquier experiencia de este tipo. A continuación, se ampliará un poco sobre estas características para comprender su importancia conceptualmente.

Combinación del mundo real con el virtual

La combinación del mundo real con el virtual es la primera característica esencial en una experiencia de realidad aumentada. Para llevar a cabo esta combinación, se requiere un dispositivo electrónico adecuado. Entre los dispositivos más populares se encuentra el teléfono móvil, que ofrece una amplia variedad de tecnologías como pantallas táctiles, cámaras, GPS, giroscopios, reproducción multimedia y acceso a internet (Alexander, 2011; Handler Miller, 2020). Estas características permiten ejecutar experiencias de realidad aumentada, integrando las tres características mencionadas por Ronald Azuma, utilizando la pantalla como medio de visualización y la cámara como sistema de captura del entorno (Kipper y Rampolla, 2012; Kyriakou y Hermon, 2019).

El dispositivo debe poder reconocer elementos del mundo físico para generar el contenido virtual complementario, que se fusionará en la pantalla. Algoritmos de visión computacional analizan en tiempo real los píxeles capturados por la cámara para generar una orientación espacial de los elementos virtuales que

serán superpuestos en el mundo físico, garantizando que los objetos virtuales correspondan en tamaño y perspectiva con el mundo real.

Interactividad en tiempo real

La interactividad es una de las características clave de la realidad aumentada y la han definido distintos autores. En general, se refiere a la capacidad de responder y manipular el entorno digital generado por el usuario. Esto permite a los relatos creados para entornos interactivos ser influenciados por la intervención del usuario o la audiencia, a diferencia de los relatos lineales que siguen el diseño inflexible del autor (Cavazza y Young, 2016; Slater et al., 2009).

La interactividad se considera una forma efectiva de transmitir experiencias y conocimientos en el ámbito educativo y ha probado dar buenos resultados en contextos de divulgación científica (Yilmaz y Goktas, 2017). A diferencia de las formas narrativas lineales, en una narrativa interactiva el usuario tiene mayor libertad para experimentar con el contenido, lo que plantea un reto para el director: mantener una estructura y un hilo conductor adecuado en estas nuevas condiciones (Liestøl, 2019). Esto al mismo tiempo plantea un dilema: si se concede mayor autonomía de interacción al usuario, se disminuye control sobre la estructura narrativa y viceversa, es un fenómeno conocido como "la paradoja interactiva" y enfrenta la necesidad de controlar la estructura narrativa con el grado de libertad y autonomía del usuario (Robertson et al., 2014).

El uso de gráficos tridimensionales

La tercera característica de la realidad aumentada es la tridimensionalidad, que se refiere al uso de gráficos tridimensionales o 3D. Las tecnologías actuales permiten crear nuevos universos ficcionales en entornos virtuales a través de

la animación 3D, una rama de la computación gráfica que busca representar objetos en tres dimensiones para crear una experiencia visual con sensación de volumen, profundidad, perspectiva, textura e iluminación (Watkins, 2001). Además, la integración de tecnología interactiva de los videojuegos permite una inmersión y participación en tiempo real. Aunque la tridimensionalidad es esencial para formar entornos virtuales que tratan de representar el mundo físico, la conexión corporal con estos entornos se limita a los sentidos de la vista y el oído. Por lo tanto, es necesario tener un lenguaje narrativo visual que considere estos aspectos para crear una experiencia satisfactoria (Maze, 2006).

Los siete elementos determinados a partir del análisis de referentes seleccionados

Además de los elementos teóricos recopilados de la bibliografía, se realizó un análisis de diez obras en diferentes formatos que incluyen: experiencias de realidad aumentada, experiencias interactivas, series de televisión y películas relacionadas con los ejes temáticos de interés para este proyecto. A continuación, se analizaron las características de cada obra, tales como el medio, el tema, la estructura narrativa, el narrador, los personajes, las acciones, los escenarios, los elementos narrativos, los elementos de interacción, los elementos visuales, los elementos sonoros, los elementos técnicos y otras características relevantes para el proyecto. La tabla 1 presenta los referentes analizados en cuestión, con el fin de sintetizar la información, se incluye únicamente el tipo y las características clave del proyecto.

Tabla 1. Características principales de los referentes analizados.

Referente	Tipo	Características Importantes para el Proyecto
Wonderscope	Aplicación dispositivos móviles	Al comienzo de la experiencia, se ofrece un tutorial para que los usuarios se familiaricen con su funcionamiento y aprendan cómo usar el dispositivo. Durante la experiencia, los personajes son conocidos a través de la interacción con ellos. La escala de los escenarios es amplia, lo que requiere que el usuario se desplace o gire el dispositivo. La presencia de un personaje en la experiencia mejora la conexión con el usuario y las pausas para esperar las acciones del usuario le brindan al usuario un papel activo en la experiencia. Además, el usuario puede interactuar con la perspectiva de la escena, cambiándola al girar el dispositivo.
Omaha Beach	Aplicación dispositivos móviles	Para garantizar una experiencia inmersiva, los personajes y vehículos son dispersados a través de la escena, permitiendo al usuario tener un control total de dónde enfocar su atención. Además, se ha incluido una interfaz de interacción adicional con el contenido, con vínculos que amplían la información y mejoran la experiencia del usuario.
Carletto the Spider	Aplicación dispositivos móviles	Los personajes actúan como puentes entre el usuario y la historia, guiándolo dentro de la experiencia y haciéndola avanzar. Además, estos tienen motivaciones y conflictos propios. La información presentada debe ser coherente con una estrategia de comunicación atractiva para presentarla. La ubicación del usuario dentro de la experiencia puede ser usada para activar elementos específicos de la narrativa en ese momento.
Little Red Riding Hood AR book	Aplicación dispositivos móviles	El usuario debe superar desafíos para progresar en la trama. El personaje principal brinda las indicaciones necesarias para continuar la historia. La interacción con el usuario se hace evidente a través de elementos visuales que identifican los objetos con los que puede interactuar. La construcción del escenario se lleva a cabo de manera dinámica, con objetos animados que se despliegan gradualmente en lugar de aparecer de forma abrupta. Además, cuentan con animaciones periódicas para evitar un aspecto demasiado rígido.
Mardles Augmented Reality Story Books	Aplicación dispositivos móviles	El usuario cuenta con controles en la pantalla que le permiten mover a los personajes y realizar acciones con ellos, lo que aumenta la interacción y crea una dimensión de juego en la experiencia digital.
iStory - Augmented Reality Storytelling	Aplicación dispositivos móviles	El relato es progresivo, con una voz en off que cuenta los eventos. Los entornos narrativos se integran en la realidad gracias a la pantalla, logrando una sensación de inmersión en la trama para el usuario. El alcance de los escenarios es amplio, lo que requiere que el usuario se mueva o gire el dispositivo para explorarlos completamente.
Interactive Storytelling in Augmented Reality using Torch	Aplicación dispositivos móviles	Los objetos en pantalla pueden ser seleccionados y se pueden activar acciones básicas, pero la navegación depende en gran medida de la habilidad del usuario para descubrirla sin la ayuda de instrucciones explícitas en pantalla. Aunque hay pocas opciones, eventualmente el usuario puede encontrar el camino correcto.
wlzDirector-Augmented Reality Storytelling	Aplicación para computadora	La representación de los modelos 3D es de alta calidad con texturas y materiales detallados. Además, cada personaje tiene su propia secuencia de animación. Los controles visuales, en forma de botones, cuentan con un diseño atractivo que incluye degradados y efectos de brillo, lo que los hace fácilmente identificables para el usuario.
Interstellar	Película	La representación del agujero de gusano en el contenido se ve como una esfera, reflejando más fielmente el concepto científico. Además, la representación del agujero negro incluye la distorsión de la luz en el disco de acreción, aumentando el realismo de la imagen. La banda sonora también se utiliza para expresar la relatividad en términos de tiempo, complementando la experiencia visual.
Cosmos	Serie de Televisión	La "nave de la imaginación" es el concepto que más interesa a esta investigación y consiste en una nave espacial ficticia que, con el acompañamiento del presentador, lleva al espectador en una aventura por el universo, permitiendo una mayor participación en los sucesos. La combinación de elementos ficticios y fantásticos con la precisión de los conceptos científicos parece ser una combinación efectiva.

Fuente: elaboración propia.

Tras una evaluación exhaustiva, se identificaron y afianzaron sobre siete componentes clave para aplicar una narrativa en realidad aumentada. A continuación, se presenta una descripción detallada de ellos:

Tutorial

Una observación importante del análisis de referentes es la necesidad de proporcionar instrucciones iniciales claras al usuario sobre cómo utilizar la experiencia, interactuar con ella y reconocer el entorno. Es fundamental recrear un tutorial que permita al usuario experimentar con un contenido de prueba para familiarizarse con la experiencia a la que es invitado. Es crucial indicar en el diseño de la interfaz cómo usar el dispositivo, especificando si debe mantenerlo horizontal o vertical, con una o dos manos y evitar obstruir la cámara. Sin embargo, para lograr una experiencia óptima con este tipo de interacciones, es necesario garantizar una buena iluminación para que a través de la cámara se logre una captura adecuada del entorno.

Es fundamental aclarar las posibilidades de navegación en el escenario de la narración, ya que esta dependerá del tipo de tecnología utilizada en la experiencia. Por ejemplo, si se utiliza el reconocimiento de patrones, es importante que el usuario mantenga el patrón en el enfoque de la cámara. En cambio, si se utiliza el reconocimiento de superficies, los usuarios tienen más libertad de movimiento, pero aún necesitan recibir instrucciones adecuadas para realizar el reconocimiento inicial de manera correcta.

Un buen ejemplo de cómo proporcionar instrucciones iniciales claras es la aplicación *Wonderscope*¹, que incluye una animación al principio que ayuda al usuario a calibrar el micrófono y otorgar los permisos necesarios de la

¹ Introducing Wonderscope: an augmented reality iOS app for kids

aplicación. También, guía al usuario a buscar un área despejada para el primer escenario, donde de inmediato se sumerge en la narración.

Personajes

En una narración, los personajes son una pieza clave para transmitir la historia y la información de manera efectiva a la audiencia. A través de sus acciones, los personajes impulsan la trama y sirven como enlace entre el sistema y el usuario (Lombardo y Damiano, 2012). Según el modelo actancial planteado por A.J. Greimas, los personajes son actantes que pertenecen al sistema global de acciones y tienen roles específicos, ya sea como sujetos, destinatarios, ayudantes u opositores (Saniz, 2008). Es importante que los personajes tengan motivaciones y conflictos para mantener a la audiencia comprometida con la historia y con los personajes mismos (Lombardo y Damiano, 2012).

Además, los personajes pueden guiar al usuario a través del escenario virtual y aumentar la coherencia narrativa. El antagonista también puede usarse para impulsar la trama y crear conflictos emocionantes. Un buen ejemplo es *Carletto the Spider*, una guía interactiva para dispositivos móviles del "*Palazzo Chiabrese*" en Italia, donde el personaje de Carletto, una araña antropomórfica, guía a los usuarios a través de la historia del palacio. Si el usuario no avanza o se estanca en algún lugar, Carletto lo impulsa a moverse usando el antagonista, el limpiador del castillo, que puede atraparlos si se mantienen mucho tiempo en una misma habitación (Lombardo y Damiano, 2012).

Para crear un mundo virtual que se sienta independiente del usuario, los personajes deben tener objetivos propios y fomentar el movimiento del usuario a través del entorno virtual. Si los personajes son meramente reactivos a las acciones del usuario, la narración se detendrá cuando el usuario no esté interactuando con ellos. Por lo tanto, es importante diseñar personajes que persigan sus propios objetivos dentro de la narración (MacIntyre et al., 2001).

Duración

La planificación de una narración que varía en duración requiere un enfoque especial, ya que muchos eventos deben permanecer en espera hasta que el usuario decida avanzar. Una buena estrategia consiste en considerar ciclos de animación para evitar que el tiempo se sienta congelado. Además, es importante incluir eventos que hagan avanzar la narración y partes en las que el usuario sea un mero espectador, esperando el momento para continuar con el desarrollo de los eventos. En resumen, es crucial establecer una métrica de tiempo que sea tolerable para el usuario y que permita llegar hasta el final de la experiencia.

Un ejemplo de cómo manejar esta situación es el caso de *Wonderscope*, donde los personajes esperan la entrada de voz del usuario para avanzar, ejecutando ciclos de animación en intervalos repetitivos. Si el usuario no interactúa después de unos segundos, los personajes repiten el ciclo para incentivar su participación y lograr que la narración continúe.

Componente lúdico

En este tipo de experiencias interactivas, el componente lúdico y exploratorio es fundamental para involucrar al público a través del entretenimiento. Ofrecer pequeños desafíos que el usuario deba superar o elementos que deba buscar dentro del espacio narrativo, fomenta su participación y compromiso con el contenido (Scatteia y Fulco, 2004). Un ejemplo de esto es *Mardles Augmented Reality Story Books*², una serie de libros físicos que vienen acompañados de una aplicación de realidad aumentada. En cada página, el usuario puede interactuar con los personajes y participar en pequeños minijuegos que complementan la historia. Estos minijuegos tienen sistemas de puntuación que

² Mardles Augmented Reality Story Books - Harmony Studios

motivan a los usuarios a completar las tareas de manera correcta e incentivan la exploración del escenario en busca de pistas o elementos necesarios para superar los desafíos.

Navegabilidad corporal

En general, en una experiencia de realidad aumentada, el usuario es un agente externo que se une a la experiencia en el momento de la ejecución, el autor no tiene control directo sobre este y su cuerpo físico. Por lo tanto, el autor debe diseñar estrategias para guiar a este usuario a través de las opciones en la narrativa, creando previamente un guión predeterminado de rutas que la experiencia debe alentar para controlar la forma en que se interactúa en el mundo virtual (MacIntyre et al., 2001).

Un ejemplo de esto es el simulador de realidad aumentada in situ de Omaha Beach³, que recrea el desembarco de las tropas aliadas en las playas de Normandía durante la Segunda Guerra Mundial. En este simulador, el usuario se sumerge en primera persona en los eventos bélicos, sin que la narrativa se centre en un personaje específico. En cambio, múltiples soldados y vehículos acorazados aparecen en la playa mientras una voz describe los sucesos. Así, independientemente de donde el usuario esté en la playa, experimenta la misma sensación de inmersión y puede apuntar con el dispositivo hacia cualquier dirección para percibir la magnitud del evento.

Valor comunicativo de los componentes gráficos

En relación con el tipo de gráficos utilizados en los referentes analizados, se ha observado que en la narración con realidad aumentada prevalecen los gráficos en tres dimensiones (3D), aunque también se puede recurrir a gráficos

³ HOW TO use the 'Omaha Beach' sitsim AR app!

2D, los cuales pueden contribuir a reforzar la dimensión comunicativa de la experiencia. Los gráficos en 3D ofrecen características volumétricas, texturas y efectos de iluminación y permiten recrear una espacialidad que se integra mejor con el mundo físico en el que se produce la interacción. Además, independientemente del nivel de realismo de los objetos en 3D, la posibilidad de interactuar con ellos desde todas las perspectivas y combinarlos con imágenes en tiempo real del mundo físico a través de la realidad aumentada, genera la sensación en el usuario de estar en un espacio híbrido entre lo real y lo virtual. Esto crea la ilusión de estar presente físicamente en ese espacio, lo cual se ilustra en algunos casos en los que los usuarios intentan tocar los objetos digitales o alejar el dispositivo para verlos en el mundo físico directamente. Por lo tanto, es de esperar que el uso de gráficos tridimensionales sea común en todos los referentes de realidad aumentada analizados.

Por otro lado, los elementos gráficos y estéticos en 2D que se emplean en la interfaz son también esenciales para la comunicación no verbal con el usuario. Las flechas, íconos y pequeñas animaciones de los elementos en pantalla pueden ilustrar más claramente sobre las acciones que se deben realizar que lo que proveen los textos escritos. Este enfoque se puede observar, por ejemplo, en el libro *Little Red Riding Hood AR*, donde se utilizan pequeñas ilustraciones en 2D para guiar al usuario en el despliegue de la realidad aumentada.

Potencial auditivo

El audio es un aspecto clave en la narración en realidad aumentada. No solo ofrece posibilidades narrativas únicas en la narrativa audiovisual, sino que puede guiar al usuario mediante la experiencia con instrucciones de voz. Esto es importante porque la mayoría de los dispositivos usados para acceder a la realidad aumentada son teléfonos móviles con pantallas pequeñas, lo que dificulta la lectura de textos en ella. Es crucial que el audio esté optimizado

para los dispositivos de salida, ya sea mediante altavoces o auriculares, para garantizar una experiencia de calidad. En algunos casos, se recomienda el uso de auriculares para una mayor inmersión sensorial en la experiencia.

En la aplicación *WizDirector*⁴, por ejemplo, es posible grabar diálogos de personajes para su uso en la narración, lo que ayuda a dar sentido a las animaciones. También se pueden añadir efectos de sonido para crear una experiencia sensorial más completa e inmersiva con auriculares.

Es importante señalar que, aunque se analizaron los referentes *iStory - Augmented Reality Storytelling* e *Interactive Storytelling in Augmented Reality using Torch*, sus principales aportes se relacionan con la interactividad y el uso de la realidad aumentada para la narración, aspectos que ya se mencionaron previamente. Los referentes *Interstellar* y *Cosmos* no aportan elementos relevantes en esta sección, pero sus estrategias de comunicación científica y su estética de representación sirvieron de referencia.

La recopilación de todos estos elementos conceptuales y tecnológicos fueron puestos a prueba en la construcción de una aplicación para dispositivos móviles llamada “*Univerzoom: Una aventura a través del Espacio-Tiempo*”, una narración interactiva en realidad aumentada que tiene el propósito de divulgar temas de científicos en el campo de la astrofísica. En esta experiencia, acompañamos a *Occular* y *Pulsar*, dos naves esféricas inteligentes que tienen la misión de recuperar información de unas sondas espaciales, usando una serie de portales conocidos como agujeros de gusano. Sin embargo, un problema surge y la misión se convierte en una búsqueda de rescate, lo que nos expone a fenómenos oscuros del universo, como los agujeros negros y la relatividad general.

La narración ocurre en primera persona. A medida que se recorren los escenarios y avanza la historia, el dispositivo se convierte en nave espacial y es piloteada con indicaciones que implican que el usuario se desplace en el espacio físico, para poder progresar en el espacio virtual.

La aplicación se encuentra disponible en Google Playstore⁵, pero solo para dispositivos Android compatibles con la tecnología ARCore de Google⁶, es decir, dispositivos con el poder computacional suficiente para ejecutar los algoritmos de visión computacional en tiempo real. También es posible experimentar la narración en video⁷ en caso de no poseer un dispositivo compatible, pero sin ningún componente de interactividad, por supuesto.

Resultados, hallazgos o discusiones

Viajar y explorar los misterios de la astrofísica utilizando la realidad aumentada requirió un análisis cuidadoso y una ejecución adecuada de cada elemento conceptual y tecnológico enunciado anteriormente. Los usuarios que participaron en las pruebas de la aplicación también ayudaron a hacerlo posible, permitiendo finalmente alcanzar la frontera límite: la narrativa en este espacio híbrido de realidad-virtualidad.

El proceso de construcción de esta experiencia de realidad aumentada inició con la conceptualización del guion, los escenarios y personajes que darían estructura a la narración.

⁵ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.EALOAnimation.Univerzoom>

⁶ <https://developers.google.com/ar/devices?hl=es-419>

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=IAVZIfztZ58>

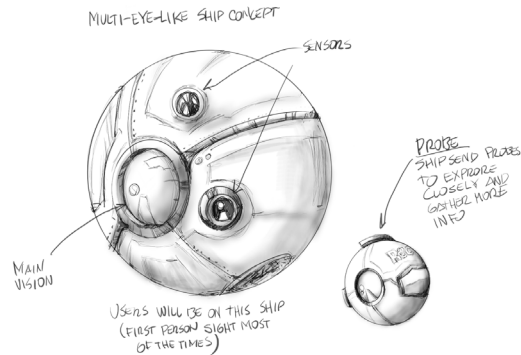


Figura 2. Boceto inicial de los personajes principales.
Fuente: elaboración propia.

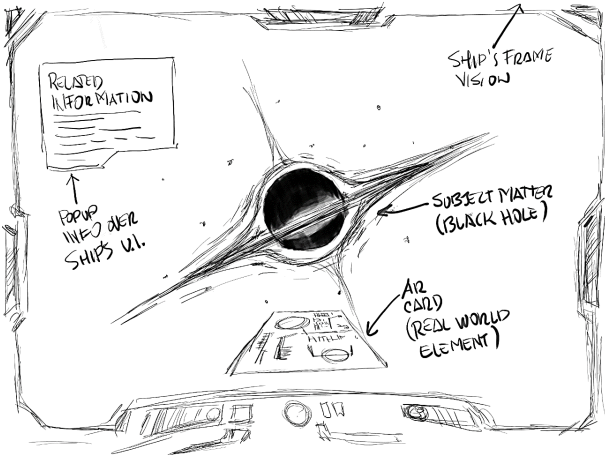


Figura 3. Boceto inicial de escenario de agujero negro e interfaz.
Fuente: elaboración propia.

Para la historia, se creó una estructura clásica aristotélica con planteamiento, nudo y desenlace. Aunque los usuarios no podían cambiar los eventos ni evitar la linealidad de la narración, manifestaron que pudieron seguirla de manera coherente y sentir que participaban en la misma. Durante toda la interacción, los usuarios encontraron los botones y elementos necesarios para avanzar en su viaje y aunque los elementos virtuales solo se generaron en la pantalla, algunos usuarios intentaron tocarlos en el espacio físico, como si estuvieran realmente allí. Incluso algunos usuarios más avanzados especularon sobre la posibilidad de que la aplicación utilizara visión computacional para reconocer la mano y tomar la entrada a través de un gesto.

La construcción virtual del espacio narrativo comenzó con el establecimiento de tres componentes básicos clave, los tres componentes de Azuma: la posibilidad de fusionar lo virtual con lo físico, la interacción, para que el mundo virtual responda a las decisiones del usuario y la generación de gráficos 3D para dar vida al universo. Estos componentes permitieron que la narrativa planteada existiera en este espacio híbrido y establecieron el lienzo para narrar la historia en realidad aumentada.



Figura 4. Pruebas iniciales de estabilidad y composición de objetos en realidad aumentada.
Fuente: elaboración propia⁸).

En esta etapa se implementó el marco de trabajo para realidad aumentada, lo que requirió establecer la arquitectura del proyecto en la herramienta adecuada. Principalmente se utilizó un motor de videojuegos, un software diseñado para la creación de productos interactivos. En este entorno, se integran todos los recursos digitales del proyecto, como objetos 3D, texturas, materiales, luces, animaciones, códigos de programación y sonidos. Para esta fase, el motor seleccionado es Unity3D, que ofrece gran versatilidad en el manejo de estos recursos y permite desplegar el producto final en diversas plataformas, como dispositivos móviles, computadoras y navegadores web.

TABLA DE PERSONAJES Y ELEMENTOS CLAVE

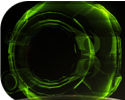
	OCCULAR LA NAVE QUE ABORDAMOS, LA GUÍA AUDITIVA
	PULSAR LA NAVE DE RECONOCIMIENTO, LA GUÍA VISUAL
	IO LA INTELIGENCIA SUPERIOR, QUIEN DA LAS ÓRDENES
	HYPERION EL AGUJERO NEGRO
	SONDAS QUIENES RECOPILAN INFORMACIÓN DEL UNIVERSO

Figura 5. Tabla de personajes y elementos clave de la narración.
Fuente: elaboración propia.

Dentro de Unity3D, se empleó AR Foundation, un marco de trabajo unificado para realidad aumentada que permite sincronizar elementos con el mundo real a través de tecnologías específicas de cada plataforma, como ARKit para iPhone y ARCore para Android.

Los personajes desempeñan un papel fundamental en la experiencia narrativa. *Occular* actúa como un narrador en off, pero sin expresar emociones debido a su voz sintética. *Pulsar*, por otro lado, conecta exitosamente con los usuarios y los guía a lo largo de la experiencia, aunque algunos usuarios pueden perderlo de vista y necesitar girar el dispositivo para encontrarlo.

Los personajes y escenarios fueron recreados digitalmente gracias a la ayuda de herramientas de modelado 3D como *Autodesk Maya* (Figura 6) el pintado digital para establecer sus características visuales fue conseguido usando el software *Substance Painter* (Figura 7).

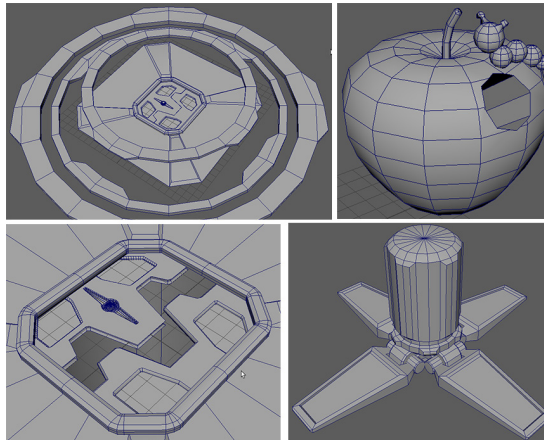


Figura 6. Algunos modelos 3D de objetos de la narración.
Fuente: elaboración propia.



Figura 7. Texturizado del personaje principal.
Fuente: elaboración propia.

El entorno y objetos virtuales también desempeñaron un papel importante en la narración. Además de la complementación con voz, cada objeto contribuyó a la historia a través de su forma, textura y movimiento, generando un trasfondo que sirve como refuerzo visual de lo que está experimentando.

Inicialmente, la experiencia se planteó utilizando el mundo físico como fondo y objetos superpuestos sobre él (Figura 8).

206



Figura 8. Escenario superpuesto sobre el mundo real.
Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, se decidió que los eventos en el espacio exterior tuvieran un entorno virtual completo para ayudar a la contextualización del usuario. Esto implicó ver un fondo virtual de estrellas que ocultaba la cámara y ayudaba a desconectar al usuario de su entorno circundante (Figura 9).



Figura 9. Escenario completamente virtual sin elementos del entorno real circundante.
Fuente: elaboración propia.

La escala en la construcción de los escenarios es importante para la percepción del usuario y su grado de inmersión. En este caso, se construyó un escenario virtual de tres metros alrededor del usuario, lo que requiere que se desplace en el espacio para aumentar su sensación de inmersión, aunque se visualice en una pantalla pequeña. El escenario virtual es a escala real y el sistema de navegación indica al usuario la distancia que debe recorrer en el mundo real.

Para guiar a los usuarios en los entornos virtuales, se implementó un sistema de navegación visual (Figura 10) que les ayuda a encontrar los objetivos y avanzar en la narración, reduciendo los tiempos muertos, además, la narración no se experimenta como una película tradicional, puesto que el usuario controla el encuadre y lo que quiere ver en todo momento.



Figura 10. Una mira digital circular en la interfaz indica al usuario a dónde ir y cuánta distancia moverse.
Fuente: elaboración propia.

208

Se construyó también un tutorial al principio para que los usuarios aprendan a utilizar la narrativa en realidad aumentada, guiados por el personaje *Occular*. Además, la interfaz en pantalla está por defecto en modo horizontal, para sugerir el modo de uso y garantizar que la experiencia se experimente de la forma esperada.

La pantalla limitada del dispositivo puede afectar algunos detalles visuales y animaciones, pero también permite sorpresas y una conexión íntima con la experiencia.

Durante las pruebas, estos cimientos permitieron capturar la atención de los usuarios, especialmente al ver cómo los objetos virtuales parecían estar en el mismo lugar que en el espacio físico. Algunos usuarios exploraron y pusieron a

prueba la tecnología de realidad aumentada moviéndose en su entorno físico. Afortunadamente, el mundo virtual se mantuvo sincronizado con el mundo real sin problemas. Algunos usuarios compararon la experiencia como algo similar a "entrar en un agujero y descubrir otro mundo, como lo hace *Alicia en el país de las maravillas*".

El primer escenario de pruebas fue en el campus principal de la Universidad de Antioquia, en donde varios estudiantes tuvieron la posibilidad de experimentar la narrativa y dar retroalimentación (Figura 11).



Figura 11. Instalación en la Facultad de Artes de la Universidad de Antioquia.
Fuente: elaboración propia.

Luego, Univerzoom fue presentado en una instalación en el marco de la Novena Edición de “Ecologías Digitales: Presencias y Co-creación en la Virtualidad” (Figura 12), realizado en el Centro Cultural Facultad de Artes de la Universidad de Antioquia, donde se validó la experiencia ante un público mayor, contando con la participación de la Secretaría de Cultura de Medellín (Figura 13) y el cubrimiento a través de canales locales de televisión (Figura 14).



Figura 12. Instalación en la Novena Edición de “Ecologías Digitales: Presencias y Co-creación en la Virtualidad”.
Fuente: elaboración propia.



Figura 13. Secretario de Cultura de Medellín, Álvaro Narváez, Interactuando con Univerzoom.
Fuente: elaboración propia.

Ealo, L. / Elementos conceptuales y tecnológicos para la creación de *Univerzoom*, una narración en realidad aumentada para la divulgación científica en astrofísica



Figura 14. Cubrimiento Telemedellín.
Fuente: elaboración propia.

La experiencia superó su último paso de validación con la aprobación de Google para su publicación en Google Play Store, la tienda oficial de aplicaciones de Android. Tras 20 días desde su envío, se recibió la confirmación de que la aplicación estaba disponible a nivel mundial (Figura 15).

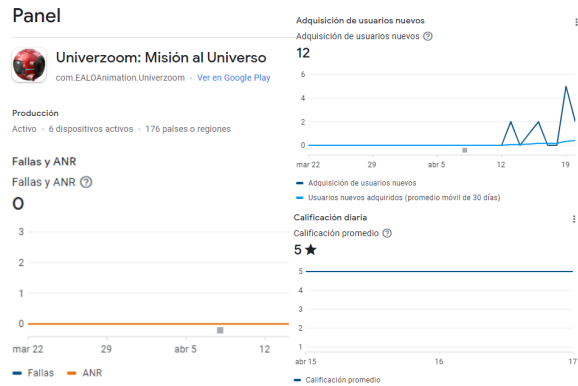


Figura 15. Ficha de la aplicación en Google Play Store.
Fuente: elaboración propia.

Se incluyen también algunos comentarios de los usuarios que instalaron la aplicación directamente desde la tienda oficial (Figura 16).



Figura 16. Comentarios de los usuarios en Google Play Store.
Fuente: elaboración propia.

Por último, es importante destacar que, aunque nuestra narración en realidad aumentada cuenta con gráficos tridimensionales, hemos optado por representar algunos conceptos, como la explicación del funcionamiento de los agujeros de gusano y la curvatura del espacio-tiempo, utilizando un enfoque bidimensional. Esta decisión se debe a que resulta más fácil de comprender, incluso en un entorno tridimensional como el espacio. En cuanto a los aspectos visuales, en *Univerzoom* utilizamos representaciones artísticas inspiradas en visualizaciones científicas, películas y series de televisión para ilustrar estos conceptos científicos abstractos y dar una idea de cómo se cree que se ven estos fenómenos en el mundo real.

Conclusiones

En relación con los elementos conceptuales y tecnológicos para la creación de una narración en realidad aumentada para la divulgación científica en astrofísica, se pueden destacar las siguientes conclusiones:

Se identificaron elementos tecnológicos, conceptuales y estéticos importantes para construir una narración en realidad aumentada. En primer lugar, se utilizaron los cinco componentes de Maze (2006) para una estructura narrativa en entornos virtuales, adaptándolos al desarrollo creativo de la obra y demostrando su efectividad. Estos componentes incluyen el trasfondo o significado inherente de los espacios virtuales, la superposición narrativa que influye en estos espacios, el diseño del entorno donde se desarrolla la narración, la navegación guiada del usuario por el mundo virtual y la interacción que permite al usuario tomar decisiones durante la experiencia. Además, se consideraron las tres características de Azuma (1997): la capacidad de combinar el mundo virtual y físico a través de dispositivos móviles, la interactividad en tiempo real y el uso de gráficos en 3D. También se identificaron siete elementos basados en el análisis de diferentes obras de realidad aumentada, series de televisión y películas. Estos elementos incluyen un tutorial para guiar al usuario, personajes que impulsan la narración, la duración de los eventos, los componentes lúdicos, elementos auditivos como refuerzo narrativo, la posibilidad de que el usuario se involucre físicamente en la narración (navegabilidad corporal) y el valor comunicativo de los componentes gráficos.

Estos elementos se utilizaron en la narrativa de *Univerzoom* de la siguiente manera: al inicio, se estableció la base tecnológica para respaldar la experiencia, utilizando las características de Ronald Azuma. La realidad aumentada hizo posible combinar el mundo físico con el virtual para crear nuestro universo, mientras que el uso de gráficos tridimensionales permitió construir personajes

y escenarios. La interactividad se logró a través de botones de acción en la escena, el seguimiento continuo de la posición y dirección del dispositivo del usuario, lo que generó respuestas narrativas a sus acciones.

Luego, se integraron los cinco componentes mencionados por Maze (2006). Se crearon los entornos o escenarios donde se desarrolla la narración, seleccionando objetos visualmente relevantes para transmitir el mensaje de la experiencia. El trasfondo se utilizó para dar significado a estos escenarios y personajes, utilizando texturas desgastadas para indicar experiencias pasadas y el paso del tiempo. Los personajes y construcciones robóticas y artificiales sugieren una forma de vida futura o de otro planeta. La superposición narrativa se logró a través del uso de tonos de color dominantes en cada escena, como azules para transmitir calma, rojos y naranjas para generar incomodidad y verdes para representar veneno y contaminación en la escena de la tierra desolada.

La navegación permitió al usuario moverse a lo largo de la narración, guiado por el personaje *Pulsar* y un sistema visual que indica los objetivos y la distancia en el espacio. Finalmente, la interacción fue un elemento clave, alentando la participación activa del usuario, tal como lo plantea Azuma (1997).

Además, se aplicaron siete características basadas en el análisis de referentes. La experiencia comenzó con un tutorial guiado por *Occular* para familiarizar al usuario con la realidad aumentada. Los personajes, *Occular*, *Pulsar* e *IO*, se encargaron de transmitir la narración y los conceptos de astrofísica. Las escenas tenían duraciones variables para permitir que el usuario encontrara su propio ritmo, y se utilizaron animaciones cíclicas para evitar tiempos de espera aburridos. El componente lúdico estuvo presente en toda la experiencia, invitando al usuario a moverse y resolver conflictos como en un videojuego. La

inmersión se logró gracias a la calidad y detalle de los componentes gráficos, el poder de la tecnología de realidad aumentada, así como al uso de audio para reforzar la narración, a través de efectos de sonido y musicalización.

Después de aplicar estos elementos en el desarrollo de la narrativa en *Univerzoom*, se observa que su combinación puede contribuir a la creación de una experiencia animada en realidad aumentada consistente y sólida. *Univerzoom* tiene la capacidad tanto tecnológica como narrativa para despertar la fascinación en el usuario, utilizando temas de astrofísica pertinentes, lo que la constituye como una experiencia estética que captura la atención y fomenta el interés en los temas científicos del proyecto, con la esperanza de motivar a los usuarios a profundizar en ellos posteriormente.

Una narración en realidad aumentada ofrece al usuario condiciones especiales de experimentación con el contenido, recuperando la tridimensionalidad y espacialidad de la narración. El usuario ya no es simplemente un espectador sentado e inmóvil, sino que se convierte en un participante activo más allá de la pared bidimensional, es un actor que reclama parte del espacio tridimensional, lo habita y lo recorre, pero es importante guiarlo y hacerlo transitar por la trama en un viaje de descubrimiento, mientras recolecta fragmentos de la narración que se encuentran en el espacio virtual.

Aunque pueda parecer que navegar por una narrativa inmersiva de este tipo deja muchas cosas al azar, como la probabilidad de que el usuario mire o esté en el lugar y momento adecuados, los componentes mencionados anteriormente pueden ayudar a que la narrativa esté presente y lista para ser descubierta. Sin embargo, para lograr una mejor integración estética, el sistema de orientación o navegación implementado debería estar en sintonía con la propuesta visual, evitando que parezca una ayuda externa superpuesta al usuario.

Las narrativas digitales, específicamente en entornos de realidad aumentada, han abierto nuevas posibilidades para contar historias, más allá de seguir un guion previamente planificado de manera lineal. Se están explorando nuevas posibilidades, como por ejemplo; contenido generado automáticamente mediante el uso de inteligencia artificial y aprendizaje automático (machine learning). También se podría tener tramas generativas que se reconfiguran según las decisiones del usuario y ramificaciones narrativas basadas en sus hábitos de navegación. Esto implica no solo la creación automática de la narrativa a través del aprendizaje de la máquina, sino también la generación en tiempo real de escenarios basados en una base de datos de objetos tridimensionales. El resultado sería una expresión narrativa personalizada e íntima para cada usuario que experimente la historia.

Un breve estudio de las implicaciones pedagógicas de tal narrativa, aunque no sea el enfoque principal de esta investigación, se pueden vislumbrar oportunidades de aprendizaje vivencial desde la filosofía y la pedagogía, que generan nuevas experiencias y acercan elementos abstractos o distantes que no están en una realidad tangible como los conceptos astrofísicos. Al crear representaciones creativas a través de estos medios, se puede plantear que se generan experiencias estéticas simuladas que promueven la reflexión y la comprensión a través del entretenimiento, sumergiendo al usuario en estas temáticas.

Este trabajo plantea la posibilidad de que futuras investigaciones identifiquen elementos adicionales que enriquezcan aún más una narrativa en realidad aumentada. Estos avances probablemente estarán vinculados al progreso de la visión computacional, que es fundamental para esta simulación. También surgen nuevas preguntas, como ¿si esta narrativa en realidad aumentada permite una narración con temporalidad discontinua, alterando el orden de los eventos?, o ¿si se pueden implementar ramificaciones narrativas generadas

por la interacción con el usuario? Sin bien, se supone que son posibles, solo su implementación revelará las implicaciones y los elementos necesarios para conformar una narrativa de este tipo.

Entre los problemas y limitaciones identificados, la principal dificultad, según lo mencionado por *MacIntyre*, es saber en todo momento la ubicación y la orientación del usuario en el escenario virtual con el dispositivo. La coherencia y el sentido de la narración dependen de resolver este problema, ya que si el usuario se pierde durante la navegación, puede perderse elementos importantes. Para futuros desarrollos, se propone crear un sistema que evalúe constantemente la ubicación y orientación del dispositivo, para mantener a los personajes guía dentro del campo de visión del usuario y reducir la posibilidad de que pierda la continuidad de los eventos. Otro problema identificado está relacionado con permitir saltos temporales en la narración, ya que esto implica un cambio espacial en la mayoría de los casos, lo que podría desorientar al usuario. Una posible solución sería calcular la posición en la que el usuario debería estar después de realizar el salto temporal y desplazar todo el escenario una distancia equivalente para compensar el desfase espacial.

En cuanto a las limitaciones, se encuentra la restricción de la aplicación a dispositivos que admitan los servicios de realidad aumentada implementados, lo cual excluye a algunos dispositivos móviles de gama media y baja. Además, se requiere que la superficie a reconocer tenga textura o un patrón para que el sistema de visión computacional funcione correctamente.

Es importante destacar que este tipo de aplicaciones pueden requerir un largo tiempo de producción y un costo económico elevado, ya que involucran experiencia en diversas áreas tecnológicas como animación 3D, realidad virtual y aumentada, programación de software, diseño de interfaces de

usuario, usabilidad y diseño de sonido. Además, se necesita un flujo de trabajo sólido con varias herramientas de software para completar las fases requeridas.

Por último, se espera que esta experiencia pueda llegar a diferentes audiencias hispanohablantes, convirtiéndose en una herramienta que utilice nuevas tecnologías para comunicarse directamente con estos públicos. A menudo, las producciones de este tipo no están disponibles en español, o solo se ofrecen con subtítulos, sin estar diseñadas específicamente para el público hispanohablante. La aplicación está disponible de forma gratuita en la tienda de aplicaciones de Google, ya que el objetivo siempre fue acercar la ciencia a las masas mediante una tecnología avanzada y accesible. Aunque actualmente esta tecnología no está disponible en dispositivos móviles de gama baja, cada día se lanzan al mercado nuevos terminales con mejores características a precios más asequibles.

Referencias

- Alexander, B. (2011). *The New Digital Storytelling: Creating Narratives with New Media* (Revised and Updated ed.). Praeger. <http://dx.doi.org/10.5040/9798216979456>
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4). <https://direct.mit.edu/pvar/article-abstract/6/4/355/18336/A-Survey-of-Augmented-Reality?redirectedFrom=fulltext>
- Barthes, R., & Duisit, L. (1975). An Introduction to the Structural Analysis of Narrative. *New Literary History*, 6(2), 237–272.
- Borgdorff, H. (2006). *El debate sobre la investigación en las artes*. <http://www.ahk.nl/lectoraten/onderzoek/>
- Cavazza, M., & Young, R. M. (2016). Introduction to Interactive Storytelling. En *Handbook of Digital Games and Entertainment Technologies* (pp. 1–16). Springer Singapore.

- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. En *Journal of Science Education and Technology* 22(4), 449–462. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9>
- Handler Miller, C. (2020). Digital Storytelling: A creator's Guide to Interactive Entertainment. En *Elsevier* (4a ed.). CRC Press.
- Jamali, S. S., Shiratuddin, M. F., & Wong, K. W. (2013). A Review of Augmented Reality (AR) and Mobile-Augmented Reality (mAR) Technology: Learning in Tertiary Education. *International Journal of Learning in Higher Education*, 20(2), 67–87.
- Kipper, G. (2013). Chapter 1 - What Is Augmented Reality? En *Augmented Reality*, (pp. 1–27). Elsevier.
- Kipper, G., & Rampolla, J. (2012). *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-04606-9>
- Krueger, M., & Wilson, M. (1985). Videoplace: A Report from the Artificial Reality Laboratory. *Leonardo*, 18, 145–151.
- Kyriakou, P., & Hermon, S. (2019). Can I touch this? Using Natural Interaction in a Museum Augmented Reality System. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 12, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2018.e00088>
- Liestøl, G. (2019). Augmented reality storytelling: Narrative design and reconstruction of a historical event in situ. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 12, 196–209.
- Lombardo, V., & Damiano, R. (2012). Storytelling on mobile devices for cultural heritage. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 18(1–2), 11–35. <https://doi.org/10.1080/13614568.2012.617846>
- MacIntyre, B., Bolter, J. D., Moreno, E., & Hannigan, B. (2001). Augmented reality as a new media experience. En *Proceedings - IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality, ISAR 2001*, (pp. 197–206). <https://doi.org/10.1109/ISAR.2001.970538>
- Maze, J. (2006). Narrative and the space of digital architecture: Implementing interdisciplinary storytelling in the design of interactive digital space. *WIT Transactions on the Built Environment*, 90, 167–176. <https://doi.org/10.2495/DARC060171>

- Museo de Arte Contemporáneo de Bogotá. (2018). *TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN - Museo de arte contemporáneo Bogotá*. <http://www.mac.org.co/proyectos/tecnologia-e-innovacion>
- Ríos, A. S. G. (2019). Research-creation in doctoral theses of arts and design. *Kepes*, 16(20), 639–671. <https://doi.org/10.17151/kepes.2019.16.20.23>
- Robertson, B. J., Emerson, L., & Marie-Laure, R. (2014). *The Johns Hopkins Guide To Digital Media*. Johns Hopkins University Press.
- Saniz, L. (2008). El esquema actancial explicado. *Punto Cero*, 13(16), 97–97. <https://www.redalyc.org/pdf/4218/421839608011.pdf>
- Scatteia, L., & Fulco, I. (2004). Space technology in modern fiction: And videogames. *International Astronautical Federation - 55th International Astronautical Congress 2004*, 7, 4720–4732.
- Slater, M., Lotto, B., Arnold, M. M., & Sanchez-Vives, M. v. (2009). How we experience immersive virtual environments: The concept of presence and its measurement. *Anuario de Psicología* 40(2), 193–210
- Universidad del Norte. (2016). *Realidad aumentada que enriquece la experiencia en el Mapuka*. <https://www.uninorte.edu.co/web/grupo-prensa/noticia?articleId=12522411&groupId=73923>
- Watkins, A. (2001). *3D Animation: From Models to Movies*. Rockland, Mass: Charles River Media.
- Yilmaz, R. M., & Goktas, Y. (2017). Using augmented reality technology in storytelling activities: examining elementary students' narrative skill and creativity. *Virtual Reality*, 21(2), 75–89.