

**Univerzoom: Una Propuesta Narrativa en Realidad Aumentada para la Divulgación de la
Ciencia en Tems de Astrofísica.**

Luis Carlos Ealo Otero

Asesora:

Isabel Cristina Restrepo Acevedo

Doctora en Artes

Profesora Titular

Universidad de Antioquia

Maestría en Creación y Estudios Audiovisuales

Facultad de Comunicaciones

Universidad de Antioquia

11 de marzo de 2022

Dedicatoria

Dedicado a mi hija Helena, el propulsor principal de este viaje por el universo.

A mi esposa Lina, por su paciencia y apoyo en todos mis periodos de ausencia y de "realidad disminuida"

para completar esta "realidad aumentada".

A mis padres, Armando y Margoth, por el apoyo incondicional en todo este proceso.

Tabla de Contenidos

| | |
|--|----|
| Univerzoom: Una Propuesta Narrativa en Realidad Aumentada para la Divulgación de la Ciencia en Temas de Astrofísica. | 1 |
| Dedicatoria | 2 |
| Tabla de Contenidos | 3 |
| Índice de Figuras | 6 |
| Introducción | 8 |
| El problema | 12 |
| Objetivos de este Viaje | 12 |
| Acercamiento Metodológico | 13 |
| Estructura de este Informe | 14 |
| Capítulo I: Narrativa en Realidad Aumentada | 16 |
| Realidad Aumentada: Aplicaciones y Evolución | 20 |
| Posibilidades Narrativas de la Realidad Aumentada en la Literatura | 26 |
| Elementos para la Implementación de una Narración en Realidad Aumentada | 26 |
| Los Cinco Componentes de Maze | 27 |
| Las Tres Características de Azuma | 29 |
| Elementos Determinados del Análisis de Referentes | 34 |
| Capítulo II: La Narrativa en Realidad Aumentada como Medio para Potenciar la Divulgación Científica en Temas de Astrofísica. | 44 |

| | |
|---|----|
| Fundamentos Científicos para una Narración de Divulgación Científica en Temas de Astrofísica. | 49 |
| Agujeros Negros | 49 |
| Agujeros de Gusano | 54 |
| Relatividad General | 57 |
| Capítulo III: Construyendo una Narrativa en Realidad Aumentada | 60 |
| Establecimiento General de Flujo de Trabajo | 60 |
| Rastreo Bibliográfico | 62 |
| Referentes Artísticos y Científicos | 63 |
| Idea inicial y sinopsis | 64 |
| Diseño conceptual | 65 |
| Personajes | 67 |
| Escaleta | 70 |
| Guion técnico | 70 |
| Prototipado | 71 |
| Marco de Trabajo Para Realidad Aumentada | 73 |
| Modelado 3D | 75 |
| Materiales y Texturas | 77 |
| Integración | 80 |
| Animación | 83 |
| Interacción | 85 |

| | |
|--|-----|
| | 5 |
| Sistema de Navegación Visual | 86 |
| Creando a Hyperion, Nuestro Agujero Negro Supermasivo | 87 |
| Diseño Sonoro | 89 |
| Código de programación | 90 |
| Pruebas | 91 |
| Capítulo IV: Bitácoras de un Viaje Estelar en Realidad Aumentada | 93 |
| Instalación Facultad de Artes Universidad de Antioquia | 100 |
| Muestra Académica en el Marco de la Novena Edición de Ecologías Digitales: Presencias y Co-creación en la Virtualidad. | 103 |
| Publicación de la Experiencia como Aplicación en la <i>Google Play Store</i> | 107 |
| Conclusiones | 110 |
| Bibliografía | 121 |
| Anexo 1: Tabla de Análisis de Referentes | 129 |
| Anexo 2: Sinopsis, Premisa, Storyline, Tagline | 137 |
| Sinopsis | 137 |
| Premisa | 138 |
| Storyline | 138 |
| Tagline | 138 |
| Anexo 3: Escaleta | 139 |
| Anexo 4: Guion Técnico | 143 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Representación artística de la realidad aumentada. | 17 |
| Figura 2. Recreación del Continuo de Realidad – Virtualidad de Milgram. | 18 |
| Figura 3. Sensorama, de Morton Heilig | 21 |
| Figura 4. The Sword of Damocles, de Ivan Sutherland | 21 |
| Figura 5. Detección del suelo del mundo físico por parte del dispositivo en Univerzoom. | 30 |
| Figura 6. Resumen análisis de referentes detallando las características importantes para el proyecto. | 35 |
| Figura 7. Elementos que componen un agujero negro. | 50 |
| Figura 8. Arte conceptual del agujero negro Cygnus X-1. | 51 |
| Figura 9. Agujero negro supermasivo captado por la Colaboración EHT. | 51 |
| Figura 10. Representación tradicional de un agujero de gusano. | 54 |
| Figura 11. Explicación del concepto de agujero de gusano en Univerzoom. | 55 |
| Figura 12. Representación de la puerta de entrada y salida de un agujero de gusano. | 56 |
| Figura 13. Representación de agujero de gusano en Univerzoom. | 57 |
| Figura 14. Representación del espacio-tiempo como un plano distorsionado por la gravedad. | 58 |
| Figura 15. Representación del espacio-tiempo como una malla en 3D distorsionada por la gravedad. | 59 |
| Figura 16. Flujo general de trabajo | 60 |
| Figura 17. Diseño conceptual inicial de Occular y Pulsar. | 66 |
| Figura 18. Boceto inicial de la interfaz de Occular. | 66 |
| Figura 19. Occular, la nave que abordamos y la guía auditiva. | 67 |
| Figura 20. Pulsar, el personaje que sirve de guía visual. | 68 |
| Figura 21. IO, el antagonista. | 69 |
| Figura 22. Tabla de personajes y elementos clave de la narración. | 70 |
| Figura 23. Estructura poligonal base de Occular y Pulsar. | 76 |

| | |
|--|-----|
| Figura 24. Modelos de compuerta, sonda y manzana con gusano. | 77 |
| Figura 25. Proceso de desarme de un objeto en sus componentes para texturizado | 78 |
| Figura 26. Trabajo de texturizado de Occular. | 79 |
| Figura 27. Trabajo de texturizado de los elementos del escenario. | 80 |
| Figura 28. Escenario 1, introducción y descripción de la misión. | 82 |
| Figura 29. Escenario 2, primera misión al espacio. | 82 |
| Figura 30. Escenario 3, Hyperion. | 82 |
| Figura 31. Escenario 4, La tierra desolada. | 83 |
| Figura 32. Vista del Timeline en Unity 3D. | 85 |
| Figura 33. Vista del sistema de mira implementado, representado por los círculos blancos con líneas y puntos. | 87 |
| Figura 34. Hyperion, el agujero negro supermasivo. | 88 |
| Figura 35. Instalación de Univezoom en el bloque de Artes de la Universidad de Antioquia. | 101 |
| Figura 36. Interacción de los estudiantes de Artes con Univezoom. | 102 |
| Figura 37. Visión general del montaje en Ecologías Digitales | 103 |
| Figura 38. Imágenes de algunas escenas expuestas como cuadros impresos. | 103 |
| Figura 39. Secretario de Cultura de Medellín, Álvaro Narváez, Interactuando con Univerzoom | 104 |
| Figura 40. Cubrimiento TeleMedellín | 104 |
| Figura 41. Asistentes interactuando con Univerzoom | 105 |
| Figura 42. Univerzoom captó incluso la atención de niños asistentes. | 105 |
| Figura 43. Intervención sobre la creación en la virtualidad | 106 |
| Figura 44. Ficha técnica de Univerzoom en Google Play Store | 108 |
| Figura 46. Comentarios de los usuarios | 109 |

Introducción

“El arte de narrar es el arte de la percepción errada y de la distorsión. El relato avanza siguiendo un plan férreo e incomprensible y recién al final surge en el horizonte la visión de una realidad desconocida: el final hace ver un sentido secreto que estaba cifrado y como ausente en la sucesión clara de los hechos.”

Ricardo Piglia

“Incontables son las formas narrativas del mundo” es la frase con la que muchos autores comienzan sus artículos citando a Barthes y su introducción al análisis estructural de la narrativa, y es que, de hecho, es una afirmación contundente: encontramos narrativas en una multitudinaria variedad de formas, medios y formatos (Barthes y Duisit, 1975). Si bien las formas narrativas han estado presentes en las civilizaciones desde tiempos inmemoriales, empezando por ilustraciones con pictogramas rupestres en cavernas realizados por culturas primitivas, pasando por los vitrales de las catedrales góticas de la edad media, hasta llegar a las formas actuales, donde a través de las nuevas tecnologías digitales, han encontrado en las pantallas expandidas e interactivas un nuevo lienzo dinámico y con ello, nuevas formas de representación, lo que ha propiciado que definitivamente se vuelvan “incontables”.

Es precisamente por el advenimiento de los avances en computación e internet, que aparece la narrativa digital, que según Leslie Rule del Centro de Storytelling Digital (citado en Zaman y Abas, 2010), es la expresión moderna del antiguo arte de narrar historias, sólo que en una nueva dimensión que integra imágenes, sonidos, música, video, entre otros. Como producto de esto, personajes, situaciones y todo un universo narrativo se materializan de una manera más vívida y a un nivel más enriquecido de representación

Una de las tecnologías contemporáneas que puede usarse para la representación de narrativas digitales, es la Realidad Aumentada, la cual es definida por Ronald Azuma como una combinación en

tiempo real interactiva entre objetos análogos y virtuales que coexisten en el mismo espacio, todo esto mediado por un dispositivo tecnológico (Azuma, 1997). Esto quiere decir que el usuario ve el mundo real a través de la pantalla del dispositivo y sobre esta imagen se adicionan objetos generados digitalmente que responden en tiempo real al movimiento de este dispositivo, dando la sensación de que en realidad pertenecen al mundo físico, creando una amalgama digital que suplementa la realidad con un nuevo contenido.

Esta tecnología abre nuevas posibilidades narrativas, ya que además de integrar elementos virtuales con el mundo real, también permite tener objetos digitales en tercera dimensión en esta simulación (Azuma, Op. Cit.), es decir, objetos virtuales simulados con las mismas propiedades geométricas que las del mundo real, como la sensación de volumen o la perspectiva. Estos objetos también pueden contar con características físicas como el brillo, la reflexión, refracción o la transparencia, aportando mayor riqueza visual al contenido.

Sobre estas características se suma la interactividad, la cual transporta al observador a otro nivel: ya no es simplemente un espectador pasivo, sino un actor activo que puede experimentar el contenido de una forma diferente a través de la participación (Cardona-Rivera et al., 2019). Greg Roach, CEO de *HyperBole Studios* y pionero en medios digitales considera la interactividad como fundamentalmente un diálogo entre el usuario y el contenido, donde el primero provee una entrada y el segundo responde a esta” (Handler Miller, 2020).

Toda esta suma tecnológica nos abre la posibilidad de una narración en donde el usuario puede tener el control de la cámara, lo que quiere decir que puede navegar por el espacio virtual donde ocurre la narración. Puede decidir hacia dónde mirar, interactuar con los objetos digitales y apreciarlos en su total tridimensionalidad, todo esto, en tiempo real, acompañando literalmente a la narración en su propio mundo virtual. Esto es posible gracias a los avances recientes en la computación gráfica y a la integración de la tecnología interactiva de los videojuegos, ahora es posible crear una representación espacial

interactiva en tiempo real, donde el usuario puede tener un grado de inmersión y participación con el contenido propios del mundo físico.

Para experimentar contenidos de realidad aumentada usualmente se usan teléfonos móviles, ya que cuentan con múltiples tecnologías como pantallas táctiles, cámaras, GPS, reproducción multimedia, acceso internet, entre otras y son considerados como la plataforma de cómputo más popular del mundo (Alexander, 2011). Estas características tecnológicas son necesarias, ya que el dispositivo debe reconocer del mundo físico elementos para poder generar el contenido virtual complementario, ya sea a través del reconocimiento de patrones de imágenes usando la cámara, o una ubicación específica en el espacio usando el GPS.

Múltiples son las áreas en donde esta tecnología está tomando un protagonismo importante, sectores como el entretenimiento, el informativo, el comercial o el educativo han utilizado exitosamente esta tecnología y han demostrado el potencial que tienen para aumentar la conexión con el público objetivo (Handler Miller, 2020).

En el campo educativo y especialmente en el campo de la divulgación científica, la realidad aumentada ha sido de gran utilidad para facilitar la labor de ilustración de ciertos conceptos (Cheng y Tsai, 2013), ya que muchas veces, en campos como la astrofísica por ejemplo, hay conceptos difíciles de comprender por no ser tan tangibles al mundo que el observador experimenta (Belcher, 2001). También se han usado recursos didácticos como gráficos en dos dimensiones, pero en algunos casos pueden llevar a interpretaciones erróneas debido a la falta del componente espacial, incluso lo mismo puede suceder con gráficos tridimensionales no interactivos, el hecho de no poder explorarlos con libertad en su espacialidad puede resultar en una percepción limitada (Cheng y Tsai, 2013).

Si bien esta tecnología lleva el contenido al siguiente nivel, la divulgación tendrá éxito si el usuario se conecta con lo que se trata de transmitir, y es aquí donde el mensaje científico debe conectarse con una buena narrativa. Una historia que lleve al usuario a este universo virtual simulado y lo ponga en

contacto con estos conceptos, lo invite a explorar, recorrer y descubrir, sin que éste necesariamente perciba la experiencia como una lección académica (Scatteia y Fulco, 2004).

La razón por la cual esta investigación elige la divulgación de temas de astrofísica en particular es debido a que ciencias básicas como la astronomía, arqueología o la historia natural siempre despiertan la curiosidad pública (Bizzocchi, 1999), por lo que encender aquí la “chispa del asombro” en el usuario (Sagan, 1997, p. 380), podría despertar su interés en estos tópicos y podría ser su camino de entrada a la ciencia en general.

La realidad aumentada como técnica de representación didáctica, científica, artística y narrativa, se ha usado a nivel mundial sobre todo en el campo museístico, donde usan sus ventajas para ilustrar temas del universo (Sistema S.O.L.A.R., 2004) o para expandir visualmente exhibiciones estáticas (Skin & Bones, 2015). En temas de astronomía, para representar vehículos de exploración espacial (Spacecraft 3D, 2012). En el campo documental para la reconstrucción de eventos históricos *in situ* (Omaha Beach, 2016). En el campo narrativo encontramos ejemplos como libros de historietas aumentadas (The Eye Magic, 2003), transformación de espacios ordinarios en historias interactivas (Wonderscope, 2018) o narraciones en realidad aumentada mediante el recorrido de lugares físicos (Homunculus, 2014).

A nivel nacional, encontramos experiencias, en el campo arqueológico (Mapuka, 2016) y artístico, a manera de recorridos en realidad aumentada (Museo de Arte Contemporáneo de Bogotá, 2018). También, a raíz de la pandemia global de 2020, han surgido múltiples emprendimientos en el país desarrollando experiencias de realidad aumentada y realidad virtual con carácter educativo para ayudar a los estudiantes en sus procesos de aprendizaje (Revista Semana, 2020).

A nivel local, específicamente en Medellín, aunque las experiencias no son cuantiosas, encontramos aumentación de obras artísticas (Museo de Antioquia, en desarrollo) y entomológicas (Museo Universidad Nacional, 2015).

El problema

Sin embargo, se puede observar que las aplicaciones y experiencias en realidad aumentada que se enfocan en la narrativa para la divulgación científica son pocas, las formas narrativas que existen son adaptaciones de otros formatos y no propiamente creadas para realidad aumentada. La mayoría de las experiencias, se han concentrado más en expandir la información que se muestra a través de la pantalla del dispositivo móvil, de manera descriptiva, y no tanto en crear una narrativa propia utilizando esta tecnología. Es predominante encontrar la codependencia de un material tangible, el cual muchas veces es el centro del relato, dejando la realidad aumentada como una expansión estética de una narración que ocurre en otro medio y que no recoge todas las posibilidades propias de la realidad aumentada como medio de expresión.

La realidad aumentada ha sido entonces la tecnología donde se desplegó directamente el universo de la narrativa científica y no el complemento de un material físico. Se pretende que todo el desarrollo de los eventos ocurra dentro de este entorno simulado de interacción, que dialoga continuamente con el espacio físico circundante del usuario, más no con un objeto en particular, teniendo de esta forma a la realidad circundante como ancla para la experiencia. La experiencia ha sido desarrollada para funcionar en teléfonos móviles de gama media y alta, debido a los requerimientos técnicos necesarios, y con la popularidad en aumento de este tipo de dispositivos, aumenta el potencial de divulgación, debido a que están literalmente en la mano de muchos potenciales usuarios.

Objetivos de este Viaje

Debido a lo anterior, esta investigación se propone identificar las posibilidades narrativas de la realidad aumentada, en el marco del desarrollo de una animación 3D interactiva para la divulgación de la ciencia en temas de astrofísica. Para lograr este objetivo, ha sido necesario determinar una serie de elementos conceptuales, estéticos y tecnológicos de la realidad aumentada que permitan la generación de narrativas en animación 3D interactiva. También ha sido necesario documentar las temáticas de

astrofísica que dieran fundamento científico a la experiencia y permitieran finalmente, articular el desarrollo de la animación 3D interactiva sobre estos temas.

Acercamiento Metodológico

Metodológicamente, este proyecto se ha desarrollado bajo la modalidad de investigación–creación, donde la práctica creativa aporta a los diferentes estadios de la investigación y la creación se convierte en proceso y producto al mismo tiempo (Ríos, 2019), es decir, la producción es en sí misma una parte fundamental del proceso investigativo y el resultado total o parcial de este (Borgdorff, 2006). En particular, esto ha implicado la realización de diferentes tipos de acciones, comenzando con el rastreo bibliográfico de lo existente en la literatura sobre narrativas en realidad aumentada y narrativas interactivas en medios digitales. También se han explorado como referentes otras aplicaciones en realidad aumentada con componentes similares, así como referentes gráficos en otros medios, como videojuegos, series de televisión y películas. Se han seleccionado los elementos presentes en el material rastreado para construir una narrativa en tres dimensiones, determinando los que funcionaban en un entorno espacial, evaluando su manera de implementación y la tecnología necesaria para llevarlos a cabo.

Seguidamente, se ha realizado una exploración de los contenidos de astrofísica, para determinar la pertinencia de los temas a divulgar que al mismo tiempo puedan conectar de mejor manera con el público, para esto se ha consultado inicialmente con expertos temáticos, se revisaron documentales, series de televisión, películas, podcast y libros de divulgación científica.

Con estos insumos, se ha creado una escaleta y un guion para vincular todas estas temáticas en un solo relato, considerando en todo momento la participación y el rol principal del usuario en la experiencia. A partir de esto se han construido diseños conceptuales que luego se convirtieron en modelos tridimensionales de los personajes y escenarios de nuestro universo virtual. Seguidamente se ha incorporado el movimiento de los diferentes elementos, las acciones para cada objeto y las coreografías de cada uno de ellos, así como la forma en la que interactuaban entre sí, todo esto alrededor de la libertad de movimiento del usuario.

A continuación, se ha implementado la tecnología de realidad aumentada, la cual es capaz de reconocer el entorno del mundo físico a través de la cámara del dispositivo, lo que ha permitido integrar el contenido virtual hasta ahora desarrollado en una experiencia que combina elementos virtuales con imagen real. Para esto se ha usado un motor de videojuegos, una herramienta de software que integra diferentes recursos digitales para la creación de un producto interactivo. En esta herramienta también se ha integrado todo el diseño de interfaz de usuario, diseño sonoro y el código de programación necesario para que estos elementos funcionen en conjunto de la manera esperada.

El resultado es una narración en realidad aumentada para dispositivos móviles donde acompañamos a *Occular* y *Pulsar*, un par de naves espaciales esféricas inteligentes, a una misión al espacio exterior para recuperar la información recopilada por unas sondas espaciales, usando una serie de portales llamados *Agujeros de Gusano*. En el espacio, algo sale mal y nuestra misión se convierte en una misión de rescate, lo que nos lleva a enfrentar fenómenos oscuros del cosmos, como los *Agujeros Negros* y la *Relatividad General*.

Finalmente, la experiencia ha sido sometida una serie de pruebas constantes con el fin de realizar los ajustes necesarios para su correcto funcionamiento. Se ha realizado la validación con usuarios finales en tres diferentes escenarios: en una instalación en el bloque de artes de la Universidad de Antioquia, en el marco de la Muestra Académica de novena edición de *Ecologías Digitales* realizada en el *Centro Cultural de Artes* en *Carlos E. Restrepo* y en la publicación final de la experiencia en la tienda oficial de Android, la *Google Play Store*, donde se ha lanzado la aplicación a nivel mundial para todos los usuarios con teléfono Android de gama media y alta.

Estructura de este Informe

Este informe está compuesto por cuatro capítulos, a través de los cuales se desarrollan de manera transversal los objetivos y planteamientos de esta investigación. Así, el primer capítulo, *La Narrativa en Realidad Aumentada*, abarca los conceptos básicos de la realidad aumentada, su evolución y los elementos necesarios para la construcción narrativa en estas condiciones. El segundo capítulo, *La Narrativa en Realidad Aumentada como Medio para Potenciar la Divulgación Científica en Temas de Astrofísica*, aborda la importancia de la divulgación científica, y en particular, la divulgación sobre temas

de astrofísica y la forma como una narrativa en realidad aumentada puede potenciar esta divulgación para conectar de manera más efectiva con el público objetivo. Se brindan también todos los fundamentos teóricos de los temas científicos a tratar, como son, agujeros negros, agujeros de gusano y relatividad general. El tercer capítulo, *Construyendo una Narrativa en Realidad Aumentada* aborda el desarrollo detallado de la metodología y como fue desarrollado cada aspecto que compone el proyecto. Finalmente, el cuarto capítulo, *Bitácoras de un Viaje Estelar en Realidad Aumentada*, trata del análisis de resultados y las reflexiones de todo el proceso creativo de desarrollo e implementación de esta experiencia.

Los elementos y conceptos necesarios para la implementación de narrativas en realidad aumentada así como la relación con las temáticas de astrofísica han sido abordados de manera transversal en los diferentes capítulos, por lo que la respuesta a la pregunta general sobre cuáles son las posibilidades narrativas de la realidad aumentada que permiten desarrollar una animación 3D interactiva para la divulgación de la ciencia en temas de astrofísica, se responde también en una visión integral que transversaliza todos los capítulos.

Capítulo I: Narrativa en Realidad Aumentada

“Esta historia no es fantástica, es únicamente romántica. Sería un error concluir de su improbabilidad que no pudiera ser cierta. Vivimos en días donde todo puede ser posible”.

- Julio Verne.

Hay una gran variedad de géneros narrativos y cada uno de ellos se ramifica a su vez en una gran variedad de medios y formatos. Múltiples son los vehículos en los que la narrativa se representa y busca su forma, desde el lenguaje articulado, ya sea oral o escrito, imágenes, estáticas o en movimiento, hasta la combinación multimedial de todas estas formas de representación. La narrativa está presente en mitos, leyendas, fábulas, comedias, pinturas, vitrales, películas, noticias, incluso en una simple conversación. En esta gran variedad de formas, la narrativa ha estado presente en todos los tiempos, en todos los lugares, en todas las sociedades: ha estado presente desde el comienzo mismo de la historia de la humanidad (Barthes y Duisit, 1975).

Una historia por lo general consta de una estructura básica donde hay un principio, un desarrollo y un desenlace (arco narrativo), contiene giros inesperados que construyen tensión y mantienen la atención del usuario (Joubert et al., 2019). Por lo general hay una relación de causa y efecto entre los eventos que se desarrollan, el tiempo en el que suceden y el impacto a unos personajes en particular (Dahlstrom, 2014). Al final, la trama se resuelve y algo cambia, es precisamente este cambio el que genera significado y puede lograr que las personas modifiquen su forma de ver el mundo y es aquí donde el narrador debe ayudar al usuario a entender los elementos de su historia (Joubert et al., 2019).

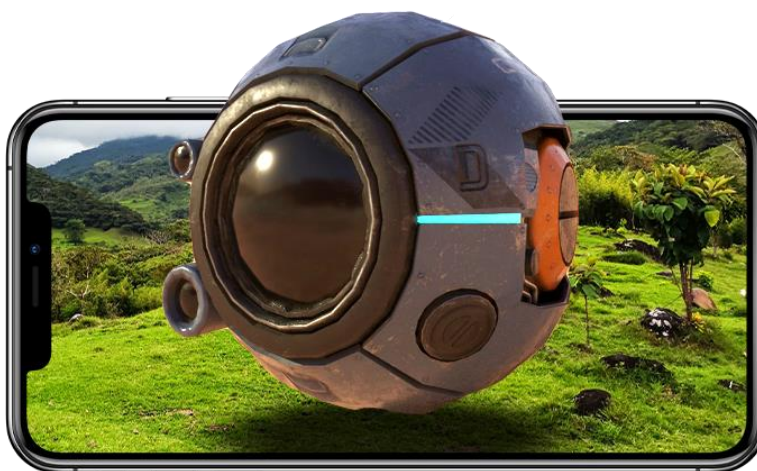
Como parte de todo el entramado de diversidad narrativa, los nuevos medios digitales posibilitan ahora innovadores y envolventes universos narrativos, usando la tecnología para ofrecer múltiples posibilidades. Hablamos ahora de nuevas formas narrativas, las narrativas digitales, y como parte de estas últimas, las narrativas inmersivas, donde se presenta al usuario una experiencia que lo pone literalmente

en el centro de la narración, envolviéndolo y reaccionando a sus decisiones, transformándose por su presencia corporal y modificándose por esta (Lovato, 2019).

Uno de los autores más importantes que ha fundado los cimientos teóricos de estos nuevos medios es Lev Manovich, debido a que ha edificado obras de referencia para la fundamentación de un sistemático y riguroso compendio teórico para la correcta interpretación del arquetipo de los nuevos medios (Adell, 2021).

Es en este grado de inmersión e interacción con el contenido, propiciado por las nuevas tecnologías, que encontramos a la realidad aumentada, que se caracteriza por superponer contenido generado virtualmente, como objetos 3D, video, imágenes, entre otros y sincronizarlos con el mundo real en la pantalla de un dispositivo (Bellido y Ruiz, 2012). Ronald Azuma define a la realidad aumentada como una combinación en tiempo real interactiva entre objetos análogos y virtuales que coexisten en el mismo espacio (ver Figura 1). También destaca tres características que deben cumplir los sistemas que la implementan: combinar el mundo real con el virtual, ser interactiva en tiempo real y usar la tridimensionalidad (3D) (Azuma, 1997).

Figura 1. Representación artística de la realidad aumentada.



A diferencia de la realidad virtual, que genera completamente un escenario artificial y sintético donde el usuario queda inmerso, la realidad aumentada permite al usuario ver el mundo real con los objetos virtuales integrados al mismo, su objetivo es complementar la realidad y no sustituirla del todo

(Azuma, 1997). Podría pensarse en la realidad aumentada como un punto medio entre la realidad virtual o mundo completamente sintético y el mundo completamente real. Paul Milgram la ubica dentro del espectro de la realidad mixta, donde objetos reales y virtuales se encuentran en una sola pantalla, como parte de un continuo mayor al que llama “Continuo de Realidad – Virtualidad” en el que realidad y virtualidad se ubican en los extremos opuestos de este (ver Figura 2) (Milgram et al., 1995).

Figura 2. Recreación del Continuo de Realidad – Virtualidad de Milgram.



Nota, Adaptado de Milgram et al, Telemanipulator and Telepresence Technologies, 1995. Imagen Business Man tomada de <https://www.kindpng.com>

Si bien es cierto que la realidad virtual puede generar un grado mayor de inmersión con el contenido que la realidad aumentada, no ha sido considerada para el desarrollo técnico y comunicativo de esta investigación por dos razones principalmente. La primera es que los avances narrativos en entornos de realidad virtual han sido mucho más explorados y documentados. La segunda, los dispositivos necesarios para que el público pueda experimentar esta tecnología son menos accesibles y en su mayoría costosos, en contraste con la realidad aumentada, en donde se puede usar el teléfono móvil que el usuario ya posee.

Esta selección comunicativa coincide con la idea de que construir una narrativa en realidad aumentada, agregando elementos de información digital al entorno que el usuario habita, provoca en éste efectos físicos y sensoriales de gran impacto, ya que el contenido existe espacialmente en sus 360

grados y puede ser intervenido de tal forma que este usuario se sienta parte de la experiencia (Lovato, 2019). Mel Slater destaca que uno de los aspectos más importantes de los entornos virtuales inmersivos, es que el usuario responde a los contenidos generados virtualmente como si fueran reales, incluso si el nivel de fidelidad de estos objetos con la realidad es significativamente bajo, es un fenómeno conocido como “suspensión de la incredulidad” (Slater et al., 2009). De esta forma, se busca que el usuario no se desconecte totalmente del mundo físico y que use su corporalidad para navegar en la narración con amplia libertad de movimiento, al mismo tiempo que se desplaza por el espacio que habita. En contraste, en una experiencia de realidad virtual, el usuario está constreñido a un mundo completamente artificial, en donde en la mayoría de los casos (salvo que se cuente con equipamiento avanzado) permanece en un solo lugar y el movimiento se simula a través del dispositivo.

La realidad aumentada abre nuevas posibilidades narrativas, ya que, al permitir la superposición de contenido sobre el mundo real, los espacios y los objetos pueden cobrar diferentes significados y recrear nuevas experiencias. Artistas como Janet Cardiff y George Bures-Miller¹, que agregan narraciones y contenido virtual a una simple caminata por Edimburgo, o grupos como Blast Theory² que permiten al público pilotear extraños avatares virtuales en West Bromwich, han llevado la narrativa a formas más experienciales haciendo que el público participe de los acontecimientos, a través de la inmersión en un espacio híbrido de ficción y realidad (Martinez, 2014).

Uno de los principales problemas al crear mundos virtuales para narrativas en realidad aumentada, y con la libertad de navegación que se necesita para la narración, es que incluso si el usuario está en el lugar adecuado, en el tiempo adecuado, no tenemos cómo garantizar que están mirando en la dirección que necesitamos. Una película tiene elementos similares a una experiencia de realidad aumentada, ambas, por ejemplo, usan una cámara a través de la cual se presentan las acciones al usuario,

¹ Para más detalles, visitar: <https://www.list.co.uk/event/1336423-night-walk-for-edinburgh/>

² Para más detalles, visitar: <https://www.blasttheory.co.uk/projects/flypad/>

pero con una gran diferencia: la mayor parte de las técnicas narrativas de una película se centran en el trabajo de cámara (paneos, acercamientos/alejamientos, cortes). En una experiencia de realidad aumentada por el contrario, se renuncia al control de la cámara, ya que pasa a manos del usuario, lo que hace difícil adaptar la narración a este entorno (MacIntyre et al., 2001).

Una técnica que podría utilizarse para resolver este problema y mantener una mejor coherencia narrativa en el espacio virtual, sería algo similar a la dirección escénica, es decir, coreografiar otros elementos del mundo digital, como personajes o el escenario mismo, para que sugieran hacia donde fluyen los eventos en el espacio. Entonces, un personaje podría señalar o desplazarse hacia un lugar donde ocurren las acciones y como respuesta natural, el usuario puede seguirlo o desplazar la mirada hacia esa dirección. Por supuesto, esta técnica sólo funciona en usuarios que están dispuestos a hacer parte de la narración, si el usuario no está dispuesto a participar, o no se conecta con los acontecimientos, no hay mucho que pueda hacerse al respecto (MacIntyre et al., 2001).

Realidad Aumentada: Aplicaciones y Evolución

Antes de hablar de realidad aumentada, debemos remontarnos a los principios que evolucionaron en esta tecnología, y para esto, tenemos que hablar de las primeras ideas de experiencias inmersivas multisensoriales, nos referimos a *Sensorama* (1962), un simulador de conducción de motocicletas creado por el cineasta Morton Heilig. Esta experiencia multisensorial proporciona imágenes, sonidos, vibraciones e incluso estímulos olfativos para lograr en el usuario un mayor grado de inmersión con los contenidos (Ver Figura 3)(Jamali et al., 2013).

Figura 3. Sensorama, de Morton Heilig



Nota, Tomado de <https://alpoma.net/tecob/?p=1141>

Para 1968, aparece de la mano de Ivan Sutherland, un dispositivo mucho más portable para experimentar contenidos virtuales superpuestos sobre el mundo real, una especie de casco montado en la cabeza o HMD (*Head Mounted Display* por sus siglas en inglés) llamado The Sword of Damocles (Ver Figura 4) (Jamali et al., 2013).

Figura 4. The Sword of Damocles, de Ivan Sutherland



Nota, Tomado de <https://proyectoidis.org/espada-de-damocles/>

En 1985, nace el primer sistema que permite a los usuarios interactuar en tiempo real con objetos virtuales, un laboratorio artificial llamado Videoplace, creado por Myron Krueger (Krueger y Wilson, 1985).

Fue sólo hasta 1992 que el término realidad aumentada fue acuñado por Tom Caudell y David Mizell, en un proyecto para Boeing. El software asistía al personal de ingeniería y manufactura en los procesos de ensamble y cableado, superponiendo sobre la imagen del mundo real la posición correcta de piezas y cables (Gregory Kipper, 2013).

Desde el año 2000, encontramos varias apuestas y aplicaciones en varios campos, como en la educación y la enseñanza de la ciencia, en el entretenimiento, en los centros culturales y museos, las expresiones artísticas y narrativas, entre otras, todo esto con el fin de llevar a otro nivel la presentación convencional de la información usando esta tecnología. Es desde aquí entonces, que empezamos a ver más intereses por crear una narración en este espacio virtual, que expanda las posibilidades y limitantes del mundo físico.

En 2003, por ejemplo, aparece *The eyeMagic Virtual Story Book*, el cual consiste en un libro físico creado por Gavin Bishop llamado *El Gigante Jimmy Jones* que puede ser leído como un libro de imágenes tradicionales, pero cuando se mira a través de un visor especial, los gráficos son reemplazados por personajes animados que actúan la historieta, dándole vida en un entorno virtual 3D. Similar a los libros desplegados, los gráficos 3D se superponen a cada página junto a una banda sonora y una narración de la historieta. El libro cuenta al principio de sus páginas con una pequeña imagen que sirve de marcador para que el visor pueda establecer el plano de referencia donde representar los elementos virtuales (McKenzie y Darnell, 2003).

Uno de los primeros referentes en el área de la Astronomía viene de la mano del *Human Interface Technology Laboratory* de Nueva Zelanda (HIT LAB NZ) que desarrolla en 2004 un sistema llamado *S.O.L.A.R.*³ (*Solar-System and Orbit Learning in Augmented Reality*) para el Centro de Ciencia de TeManawa en Palmerston North, New Zealand. Dicha exhibición, posibilita a los usuarios explorar en detalle la superficie de cada planeta del sistema solar, mediante la manipulación de una serie de tarjetas

³ Para más detalles, visitar: <https://www.youtube.com/watch?v=TjdbWBGNL64>

que, al ser vistas a través de un visor, se pueden observar representaciones en 3D de estos planetas en realidad aumentada. Al girar estas tarjetas, es posible observar desde diferentes ángulos estos cuerpos celestes y si se organizan en el orden correcto, automáticamente comienzan su rotación alrededor del sol (Woods et al., 2004).

También encontramos en esa misma vía *Spacecraft 3D*⁴, desarrollada en 2012 por el *Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA*, en Estados Unidos, una aplicación que permite a los usuarios aprender e interactuar con una gran variedad de naves espaciales usadas en la exploración de la tierra, el sistema solar y el universo. Usando patrones impresos y un dispositivo móvil, la aplicación muestra en 3D estos exploradores robóticos en la pantalla y permite ver cómo funcionan, cómo se mueven, sus especificaciones técnicas e información adicional de cómo fueron construidos (NASA Jet Propulsion Laboratory, 2012).

Con un tinte un poco más narrativo, tenemos a *Homunculus*⁵ (2014) un relato en realidad aumentada que sucede en el hotel Gladstone, en Toronto, Canadá. Aquí, los visitantes pueden explorar el hotel en busca de imágenes marcadas con la palabra *Homunculus* que están dispuestas por todo el lugar y al apuntar con la cámara de su dispositivo móvil, un fragmento de la historia se revela en la pantalla. *Homunculus* plantea un escenario ficcional donde el observador, a través del dispositivo, revela las memorias dejadas atrás por los visitantes de este lugar de paso, permitiéndole al público interactuar con objetos y pertenencias de esos visitantes. La realidad aumentada aquí no pretende engañar al observador haciéndoles creer que lo que ven es real, en cambio, usa la virtualidad como una metáfora de la naturaleza de las memorias, su intangibilidad y fragmentación (Martinez, 2014).

En el campo museístico encontramos *Skin & Bones*⁶(2015), una aplicación para dispositivos móviles creada por el Museo Nacional de Historia Natural del Smithsonian, ubicado en Washington D.C.,

⁴ Para más detalles, visitar: <https://www.youtube.com/watch?v=4ncjRulhJl0>

⁵ Para más detalles, visitar: <https://www.youtube.com/watch?v=wrMMQ1u-Aw>

⁶ Para más detalles, visitar: <https://www.youtube.com/watch?v=7agVb4IG16M>

Estados Unidos. Esta aplicación usa la realidad aumentada para dar vida y llevar a otro nivel las inmóviles exhibiciones, superponiendo sobre ellas gráficos en 3D y animaciones que cuentan las historias de los fósiles y hacen más atractiva la visita. Es una herramienta valiosa para la divulgación de la historia natural ya que muestra al público la forma como los animales realmente se movían y se comportaban cuando estaban vivos, a partir de la superposición de gráficos digitales sobre los huesos originales (Marques y Costello, 2015).

De manera similar, pero desarrollada para ser usada en exteriores y para narrar acontecimientos históricos, el proyecto SitsimLab del departamento de Comunicación y Medios de la Universidad de Oslo, Noruega, crea la aplicación *Omaha Beach en 2016*⁷. Esta aplicación es el resultado de una investigación sobre el potencial de la narrativa interactiva y la retórica de la realidad aumentada en dispositivos móviles. La aplicación reconstruye la primera hora del desembarco de las tropas aliadas en las playas de Normandía el 6 de junio de 1944 (día D) y permite que los usuarios apunten con su teléfono móvil a la playa (sólo funciona en el lugar de los hechos) y vean de manera virtual los acontecimientos que allí sucedieron. Usa además la realidad aumentada con un componente narrativo, y aunque los sucesos que representa son de una hora de duración (tiempo real), es un referente que muestra que independiente de la extensión temporal, se pueden narrar acontecimientos usando esta tecnología (Liestøl, 2019).

En el campo de las narrativas infantiles encontramos a *Wonderscope*⁸(2018), desarrollada por Within Unlimited Inc. Esta aplicación usa la realidad aumentada para, en palabras de sus desarrolladores, “transformar espacios ordinarios en relatos extraordinarios”, creando una narrativa donde los niños hacen parte de la historia que sucede de manera virtual alrededor de ellos, usando un dispositivo móvil. La historia comienza en modo tutorial, donde un personaje animado enseña a los niños a encontrar una locación despejada para generar el escenario virtual, entonces, personajes y situaciones emergen

⁷ Para más detalles, visitar: <https://www.youtube.com/watch?v=I6LZIFueq1g>

⁸ Para más detalles, visitar: <https://www.youtube.com/watch?v=vqN3Rjv6nlk>

representados en la pantalla del dispositivo sobre los espacios reales. Esto motiva a los niños a moverse en el espacio, pero además no los abstrae del mundo real, porque la historia sucede virtualmente sobre el mundo que los rodea (Within Unlimited, 2018).

En Latinoamérica, encontramos en Ciudad de México el museo *Trick Eye*, el cual integra artes físicos con gráficos tridimensionales mediante una aplicación de realidad aumentada, que da vida a estos elementos artísticos y que además permite que el público pueda participar con las obras haciendo parte de estos escenarios. Al final, las personas pueden fotografiarse desde la aplicación en un cuadro digital que hibrida el arte físico, el arte tridimensional y a ellos mismos como parte de esta composición (Museo Trick Eye, 2015).

En el caso de Colombia existen algunas experiencias relacionadas con la implementación de estrategias virtuales como herramienta de apoyo a la divulgación científica. El Museo Arqueológico de los Pueblos Karib (Mapuka), de la Universidad del Norte en Barranquilla, utiliza la realidad aumentada para acercar a los visitantes a los contenidos arqueológicos y ampliar la información de las exposiciones (Universidad del Norte, 2016). Otro referente nacional, es el Museo de Arte Contemporáneo de Bogotá, que en alianza con el *Google Cultural Institute* han digitalizado algunas obras y han realizado recorridos con realidad aumentada por sus instalaciones (Museo de Arte Contemporáneo de Bogotá, 2018).

A nivel local, específicamente en Medellín, aunque las experiencias no son cuantiosas, se resalta el caso del Museo de Antioquia, el cual adelanta una aplicación llamada *+Museo*, que dota a sus espacios con contenidos interactivos audiovisuales que complementan la información de las obras (Museo de Antioquia, 2017). También se resalta el caso del Museo Entomológico de la Universidad Nacional, que tiene el 80% de su contenido en forma digital y recrea en 3D varios de los insectos del museo, permitiendo la interacción a través de una aplicación móvil (Universia, 2015).

Posibilidades Narrativas de la Realidad Aumentada en la Literatura

Además de las aplicaciones prácticas que se han llevado a cabo, también algunos autores han escrito acerca de las posibilidades narrativas de la realidad aumentada, y aunque no contienen todas las variables temáticas de este proyecto, abordan conceptos importantes para tener en cuenta en el análisis. MacIntyre et al. en *Augmented Reality as a New Media Experience*, abarca las narrativas en realidad aumentada basada en lugares del mundo físico, aborda el problema de la libertad de una historia con pocas restricciones de navegación y la dificultad que esto representa para saber si el usuario está en el lugar y el tiempo correcto para experimentar la historia (MacIntyre et al., 2001). Antonio Gonzales, en *Narrativa aumentada*, menciona cómo las narrativas tradicionales impresas pueden mutar y cobrar otras formas y significados a través de la realidad aumentada (González, 2015). Fernando Rolando, en *Nuevas formas narrativas en tiempos de realidad aumentada*, aunque con un enfoque más literario, habla de cómo se potencian las posibilidades narrativas en la construcción de nuevos modelos de guion, resignificando el concepto mismo de libro y de autor (Rolando, 2016). Anahí Lovato, en *Diseño narrativo para AR y VR en proyectos transmedia de no ficción*, aborda como en las narrativas de realidad aumentada y Realidad Virtual, lo que la autora llama *narrativas inmersivas*, el usuario toma el rol protagónico y la historia lo envuelve alrededor para moldearse a sus respuestas (Lovato, 2019).

Elementos para la Implementación de una Narración en Realidad Aumentada

Una experiencia en realidad aumentada como la propuesta en este proyecto, requiere la consideración de una serie de elementos tecnológicos, conceptuales y estéticos que permitan articular de manera adecuada una narración usando animación 3D interactiva. Comenzaremos abordando una serie de elementos importantes en la estructura narrativa del mundo virtual.

Los Cinco Componentes de Maze

Según John Maze, hay cinco componentes que definen el espacio narrativo virtual, cada una de ellas trabaja en consonancia con las otras para producir una experiencia inmersiva en el usuario que conecte con sus sentidos y cautive su imaginación. Si bien estos cinco componentes no están propiamente diseñados para entornos de realidad aumentada, esta investigación se propone ponerlas a prueba para validar su aplicación. Si hacemos una comparación con una representación teatral, por ejemplo, encontramos una serie de “componentes” esenciales para la producción, como el set, la iluminación, el guion, el vestuario, el maquillaje, entre otras, que soportan el rol de los actores y su interpretación. Si escalamos al cine, a estos componentes se le suman otros, que ayudan a darle forma a la percepción general de la película, como los movimientos y ángulos de cámara, los tipos de lentes, el tipo de película usada, e incluso, los efectos especiales y los gráficos generados por computador que buscan convencer a la audiencia que lo que se ve es real, conectándolo así de mejor forma con la narración (Maze, 2006).

Los cinco componentes enunciados a continuación constituyen la percepción de una narrativa virtual, trabajan juntos para crear un entorno de conexión y relación bidireccional con el usuario, estos son:

Trasfondo:

Constituye básicamente la historia sin contar de los espacios y porque razón están configurados de la forma que lo están, gran parte del significado fundamental inherente al espacio virtual puede describirse de esta manera. El usuario se ubica entonces en un entorno sin significado aparente y debe recoger las piezas encontradas en este espacio para ir comprendiendo el sentido de la narración principal (Maze, 2006).

Superposición Narrativa:

Esta superposición puede considerarse como una lente a través de la cual se influencia la percepción del espacio narrativo, es la encargada de dar un “tinte” a lo que percibimos en dicho espacio y da forma a la reacción del usuario con respecto al espacio donde participa. Ayuda también a definir la lógica oculta que rige el diseño del espacio virtual (Maze, 2006).

Entorno:

Este es quizá el elemento que más define la narrativa, principalmente porque es el espacio donde se desenvuelve lo que se está narrando, y tiene que ser diseñado de tal forma que los otros componentes no queden sobrecargadas cargando las acciones de la navegación (Maze, 2006).

Navegación:

La navegación dicta cómo las experiencias son entregadas al usuario, da forma a la percepción del lugar y lo que este contiene, ya sea que este usuario tenga la posibilidad de moverse libremente por el entorno virtual diseñado o esté delimitado a una trayectoria en particular. Hay una diferencia entre “explorar” y “navegar” un espacio, la primera implica un viaje de descubrimiento en un entorno desconocido, mientras que la segunda es más un paseo siguiendo direcciones y algunas veces instrucciones para llegar al destino (Maze, 2006).

Interacción:

El nivel de interacción que se puede tener con el espacio virtual de la narración está determinado por el grado de elección que se pueda experimentar, así como también, la forma cómo se participa en la narración que se desenvuelve a nuestro alrededor a medida que nos movemos por el espacio. Muchos videojuegos permiten una gran manipulación del entorno

narrativo, al punto de que algunos de estos, tienen un editor de nivel que permite incluso que el usuario intervenga el espacio usando sus propios modelos digitales (Maze, 2006).

Las Tres Características de Azuma

Adicionalmente, esta estructura narrativa necesita de unos elementos tecnológicos que la hagan posible en el mundo virtual de la realidad aumentada, y para ello, tomaremos las tres características enunciadas por Ronald Azuma, estas son: combinación del mundo real con el virtual, interactividad en tiempo real y la tridimensionalidad (3D) (Azuma, 1997). A pesar de haber sido enunciadas en 1997, podemos encontrar que incluso actualmente, la mayoría de las experiencias y aplicaciones en realidad aumentada cumplen con estas tres características, por lo que, en lo que a nivel técnico se refiere, deben ser consideradas en cualquier experiencia de este tipo. A continuación, extenderemos un poco estas tres características para conocer de manera conceptual por qué son importantes.

Combinación del Mundo Real con el Virtual: El Dispositivo Móvil

La primera característica es la combinación del mundo real con el virtual y para esto se necesita un dispositivo electrónico capaz de realizar dicha tarea. Uno de los dispositivos de cómputo más populares del mundo es el teléfono móvil (Alexander, 2011), ya que, además de su amplia adopción por parte del público, cuenta con múltiples tecnologías como pantallas táctiles, cámaras, GPS, giroscopios, reproducción multimedia, acceso internet, entre otras (Handler Miller, 2020). Estas características tecnológicas permiten ejecutar experiencias de realidad aumentada, integrando perfectamente las tres características mencionadas por Ronald Azuma, usando la pantalla como medio de visualización y la cámara como sistema de captura del entorno (Greg Kipper y Rampolla, 2012; Kyriakou y Hermon, 2019).

De una manera más específica, el dispositivo debe reconocer elementos del mundo físico para poder generar el contenido virtual complementario que luego será fusionado en la pantalla. Algoritmos de visión computacional deben analizar en tiempo real los píxeles capturados por la

cámara para generar una orientación en el espacio para los elementos virtuales que serán superpuestos, de esta forma, los objetos generados corresponderán en tamaño y perspectiva con el mundo real que sirve de referencia.

Existen varias técnicas para llevar a cabo este trabajo de fusión y sincronización con el mundo real. Una de ellas es la basada en marcadores, la cual emplea códigos QR, imágenes o patrones geométricos que, al ser observados a través de la cámara del dispositivo, son reconocidos por la aplicación de realidad aumentada, la cual muestra en pantalla el contenido audiovisual asociado a dicho marcador. Estos marcadores proveen además a la aplicación información de perspectiva, distancia y movimiento relativo de la cámara para poder sincronizar adecuadamente el contenido virtual con el entorno real en una sola imagen combinada (Craig, 2013).

Otra técnica mucho más potente, ya que no requiere patrones de imágenes para funcionar, es la detección de planos. Aquí, son los algoritmos de visión computacional los encargados de reconocer la imagen que captura la cámara en tiempo real, para crear planos virtuales en la superficie del mundo real donde los objetos generados digitalmente pueden anclarse, creando así la sincronización adecuada del contenido con la imagen capturada por el dispositivo (ver Figura 5).

Figura 5. Detección del suelo del mundo físico por parte del dispositivo en *Univerzoom*.



Nota. El patrón hexagonal semitransparente de la izquierda muestra cómo los algoritmos de visión computacional de realidad aumentada comienzan a reconocer la superficie del pasto.

Interactividad en Tiempo Real

Como segunda característica enunciada por Ronald Azuma, encontramos la interactividad (Azuma, 1997), ya que la respuesta virtual a la presencia del usuario y su manipulación del entorno digital generado, son precisamente manifestaciones de este concepto (Slater et al., 2009). Y es que los relatos creados para los entornos interactivos pueden ser influenciados por la intervención de un usuario o una audiencia, en contraste a los relatos lineales, donde independiente del medio, siguen el diseño inflexible del autor (Cavazza y Young, 2016). Esta característica es considerada además por varios autores, como una forma de comunicación efectiva para transmitir experiencias y conocimientos en el campo educativo (Yilmaz y Goktas, 2017).

El significado de “interactividad” está presente en un campo muy amplio y su definición depende del contexto. En el campo de las nuevas tecnologías, por ejemplo, se define en términos de las aplicaciones (videojuegos, aplicaciones móviles, páginas web, videoconferencias, entre otras) y las características que posee (hipertextos, multimedia, entre otras). Trascendiendo los contextos y las aplicaciones, interactividad podría definirse básicamente como un flujo bidireccional de información entre un emisor y un receptor que responde al primero (Johnson et al., 2006). Rafaeli la define como una forma interdependiente de intercambio de mensajes y como las respuestas se relacionan al mensaje recibido (Rafaeli, 1988). Para Steuer, la interactividad es el grado en que los usuarios pueden participar en tiempo real modificando la forma y el contenido de un entorno simulado, es una variable definida por el estímulo y determinada por la estructura tecnológica del medio (Steuer, 1992). Esta interactividad, que involucra al usuario y lo hace partícipe de la experiencia, se refiere a una experiencia activa, donde el usuario está haciendo algo. Específicamente el prefijo *inter* (entre) sugiere una relación activa en donde el usuario realiza una acción y el contenido responde a esta (Handler, 2004).

A diferencia de las formas narrativas lineales, como el cine o la televisión, donde el director tiene total control del orden de la historia, la trama y la forma como se desenvuelven los eventos que quiere mostrar, en una narrativa interactiva en realidad aumentada, el usuario es libre de experimentar con el contenido. Es responsabilidad del director mantener un hilo conductor en estas nuevas condiciones (Liestøl, 2019). Esto plantea evidentemente un dilema: a mayor necesidad de control para mantener una estructura narrativa coherente, menor grado de libertad y autonomía del usuario con la misma y viceversa, es lo que las investigadoras en realidad virtual Sandy Louchart y Ruth Aylett llaman “la paradoja interactiva” (Robertson et al., 2014).

En una película, la percepción de la obra cinematográfica y todo el diseño del escenario está constreñido al espacio de un intermediario: la cámara. Esto implica que el usuario no puede apreciar con libertad los acontecimientos que ocurren en diferentes partes del set, como sí lo haría en el teatro, sino que, por el contrario, todo el público recibe un retrato casi idéntico de la misma narración, todos perciben las mismas secuencias con los mismos cortes y los mismos planos (Maze, 2006). La interactividad trae de vuelta la libertad de apreciación del teatro, la posibilidad de controlar la percepción y el punto de vista, y agrega la posibilidad de participar.

Hay tres factores importantes para la interactividad: el primero es **la velocidad o tiempo de respuesta**, que se refiere a la tasa de asimilación del mensaje de entrada por parte del sistema interactivo. El segundo es **el rango**, que se refiere al número de posibilidades o atributos que pueden ser modificados en un momento determinado en el sistema. Y el tercero es **el mapeo o correspondencia**, la forma en cómo las acciones humanas están conectadas con el sistema (Steuer, 1992). Gracias a los recientes avances en gráficos digitales, la animación generada por computador y el uso de “motores de videojuego”, se ha podido desarrollar de mejor manera este concepto, ya que combinando estas tecnologías se puede construir una puesta en escena adecuada para representar los elementos del universo narrativo (Cavazza y Young, 2016).

El Uso de Gráficos Tridimensionales

Finalmente, como tercera característica enunciada por Ronald Azuma encontramos la tridimensionalidad, entendida como el uso de gráficos tridimensionales o 3D (Azuma, 1997). Gracias a las tecnologías actuales, creadas precisamente a partir de los avances científicos, han aparecido formas de representación y herramientas alternativas a la captura del mundo, como lo hacen la fotografía y el cine. Ahora, mediante el poder de la computación moderna, es posible la creación de nuevos universos ficcionales en entornos virtuales que funcionan como una gran “caja de arena”, donde se pueden recrear y simular digitalmente todos los personajes, escenarios y demás elementos que nuestro universo narrativo requiera para materializar su premisa. Nos referimos a la animación tridimensional o 3D, que es una rama de la computación gráfica que busca la representación geométrica interactiva de objetos en tres dimensiones para crear contenido visual, recreando la sensación de volumen, profundidad y perspectiva, textura e iluminación, propias del mundo real (Watkins, 2001). Los avances en este campo han escalado aún más con la integración de la tecnología interactiva de los videojuegos, ahora es posible crear una representación espacial interactiva en tiempo real, donde el público puede tener un grado de inmersión y participación con el contenido propios del mundo físico.

La tridimensionalidad es entonces el vehículo a través del cual la arquitectura de este universo narrativo toma forma, pero evidentemente no es un universo corpóreo, es por el contrario un universo constituido netamente de datos. Esto quiere decir que la conexión corporal con este entorno simulado está limitada, en su mayoría a los sentidos de la vista y el oído, siendo necesario, para la construcción de los espacios, un lenguaje narrativo visual que considere estos aspectos, ya que el cuerpo en realidad no está habitando este entorno digital (Maze, 2006).

A nivel general, el proceso de producción de gráficos tridimensionales usa un flujo de trabajo que comienza con la construcción de los objetos, personajes y escenarios, denominada

etapa de modelado, en donde, en un proceso similar a la escultura, se recrean virtualmente todos los elementos que el universo narrativo requiere. Luego de que todo cobra “forma”, se pasa al proceso de texturizado, donde se define la apariencia física y estética de todo el universo recreado. La simulación de la luz y la sombra son un factor fundamental, ya que ayudan al usuario a comprender mejor el volumen tridimensional del entorno, al igual que sucede en el mundo real. Después de que todas las piezas están en su lugar, es tiempo de que todos los elementos “cobren vida”, la fase de animación (nombre que a su vez se usa para referirse a todo el proceso) lo hace posible a través de la recreación de los principios del movimiento, siguiendo una serie de reglas de articulación y locomoción propias de los elementos vivos (Thomas y Johnston, 1995). Por último, llega la representación final o “rendering”, en donde todos los elementos gráficos se materializan en una pieza audiovisual animada (Catmull et al., 1987). La animación 3D tiene múltiples aplicaciones y es ampliamente utilizada en diferentes industrias, como en cine y televisión, videojuegos, publicidad, medicina, arquitectura, en desarrollos de realidad virtual y realidad aumentada, entre otras.

Elementos Determinados del Análisis de Referentes

Además de los elementos que componen una estructura narrativa del mundo virtual y a los elementos tecnológicos enunciados anteriormente, se realizó un análisis de referentes de aplicaciones y experiencias interactivas en realidad aumentada. Para el análisis se toman diez obras de diferentes formatos, entre experiencias de realidad aumentada, experiencias interactivas, series de televisión y películas con los ejes temáticos de interés. Seguidamente se desglosan en sus características, como: medio, tema, estructura narrativa, narrador, personajes, acciones, escenarios, elementos de la narración, elementos de interacción, elementos visuales, elementos sonoros, elementos técnicos y características importantes para el proyecto. La Figura 6 muestra la tabla de análisis de estos referentes con uno de los

criterios de análisis: el de las características claves para el proyecto, mostrando aspectos identificados en cada referencia:

Figura 6. Resumen análisis de referentes detallando las características importantes para el proyecto.

| Referente | Características Importantes para el Proyecto |
|--|---|
| Wonderscope | <p>Hay un tutorial al principio para que el usuario se familiarice con el funcionamiento de la experiencia y cómo debe usar el dispositivo.</p> <p>Conocemos a los personajes por la interacción con ellos.</p> <p>La escala de los escenarios se extiende en una gran área, lo que hace que el usuario tenga que desplazarse o girar bastante el dispositivo.</p> <p>Es evidente que el uso de un personaje mejora la conexión con el usuario y las pausas esperando por entradas del usuario le dan participación.</p> <p>Se puede interactuar con el punto de vista de la escena, girando el dispositivo a través de la misma.</p> |
| Omaha Beach | <p>El usuario queda inmerso en la narración ya que personajes y vehículos aparecen por toda la escena. El usuario tiene total control de hacia dónde mirar.</p> <p>Interfaz de interacción adicional con el contenido, vínculos espaciales para ampliar la información.</p> |
| Carletto the Spider | <p>Personajes como el vínculo entre el usuario y la narración, como guías dentro de la experiencia y como entes que pueden hacer avanzar la narración y mantener en curso al espectador.</p> <p>El personaje tiene motivaciones y conflictos.</p> <p>La información transmitida en la experiencia debe reconciliarse con lo atractivo de la estrategia comunicativa usada.</p> <p>Saber dónde está el usuario con respecto a la experiencia puede activar el elemento que queramos de la narración en ese lugar.</p> |
| Little Red Riding Hood AR book | <p>Pequeños retos que el usuario tiene que resolver para hacer avanzar la narración.</p> <p>El personaje principal es quien da las instrucciones al usuario de cómo avanzar. Hay elementos visuales que indican al usuario cuales son los elementos con los que se puede interactuar.</p> <p>Los objetos de los escenarios se animan desde abajo y conforman el escenario de una manera dinámica cada que se pasa de página, nunca aparecen ya fabricados "de golpe", además tienen pequeñas animaciones cíclicas, para no verse tan estáticos.</p> |
| Mardles Augmented Reality Story Books | <p>Controles en la pantalla permiten mover a voluntad los personajes que aparecen, también es posible realizar pequeñas acciones con ellos, esto crea una dimensión extra de interacción con el contenido digital, una especie de gamificación.</p> |
| iStory - Augmented Reality Storytelling | <p>La narración es lineal, acompañada de una voz en off que narra los sucesos.</p> <p>Los escenarios de la historia se fusionan en la pantalla con el mundo real, lo que provoca que el usuario se sienta inmerso en la narración.</p> <p>La escala de los escenarios se extiende en una gran área, lo que hace que el usuario tenga que desplazarse o girar bastante el dispositivo.</p> |
| Interactive Storytelling in Augmented Reality using Torch | <p>Objetos dispuestos en pantalla que son seleccionables y realizan acciones básicas, fuera de las instrucciones en pantalla, el usuario debe encontrar por sí mismo como navegar, pero no hay muchas opciones, lo que eventualmente lleva al usuario a encontrar el camino.</p> |
| wizDirector-Augmented Reality Storytelling | <p>Modelos 3D, texturas y materiales detallados.</p> <p>Los personajes tienen sus propios <i>loops</i> de animación.</p> <p>Los botones tienen diseños con degradados y brillos, en un lenguaje claro.</p> |

La forma como representan el agujero de gusano, no como un portal plano sino como una esfera, más cercano al concepto científico.

Interstellar La forma de representación del agujero negro, con la distorsión de la luz en el disco de acreción.

El uso de la banda sonora para representar la relatividad en el paso del tiempo

El concepto de “nave de la imaginación”, una nave espacial ficticia que, en compañía del presentador, lleva al televidente a través de un viaje por el cosmos, involucrando al espectador en los acontecimientos.

Cosmos Mezclar recursos ficcionales y fantásticos con la veracidad de los conceptos científicos parece una buena fórmula.

Para ver el detalle de cada uno de los elementos analizados, se sugiere ver el [Anexo 1: Tabla de Análisis de Referentes](#).

De este proceso de análisis pudimos determinar y consolidar siete elementos importantes también para implementar una narrativa en realidad aumentada, los cuales detallamos a continuación:

Tutorial

Para empezar, un elemento que puede observarse del análisis de referentes es la necesidad de proveer al usuario con ciertas instrucciones iniciales de cómo usar la experiencia, cómo interactuar con la misma y cómo debe realizar el reconocimiento del entorno. Una buena idea es la recreación de un tutorial inicial que le muestre al usuario cómo sería su participación e interacción, es decir, dejarlo experimentar con un contenido de prueba, para que pueda familiarizarse con el tipo de experiencia a la que está siendo invitado. Es importante sugerir desde el diseño mismo de la interfaz, como debe ser usado el dispositivo para la misma, si se sostiene el móvil de manera horizontal o vertical, con una mano o con dos y dejar claro que no se puede obstruir la cámara del dispositivo. Para tener una mejor experiencia, se deben garantizar ciertas condiciones de iluminación, ya que el resultado y el correcto funcionamiento de la experiencia depende de una captura óptima del entorno por parte de la cámara. Es necesario ser claros en las posibilidades de navegación por el escenario de la narración, esto claramente va a estar ligado al tipo de tecnología implementada en la experiencia de realidad aumentada, si se usa por ejemplo el reconocimiento de patrones, es importante hacer saber al usuario que, en lo posible, no debe dejar el patrón de

reconocimiento fuera del enfoque de la cámara. Si se usa reconocimiento de superficies, como en el desarrollo creativo de este proyecto (ver [Capítulo IV](#)), se tienen más libertades de movimiento con relación al desplazamiento corporal por el espacio circundante, pero es necesario que el usuario reciba las instrucciones adecuadas para que haga el reconocimiento inicial de manera correcta, ya que de esto depende todo el funcionamiento de la experiencia. Algunos usuarios pueden llegar a pensar que, a pesar de que el contenido virtual sucede en la pantalla del dispositivo, pueden interactuar con éste tocándolo en el espacio que ven a través de la cámara. Si este no es el caso (debido a lo complejo que puede llegar a ser el reconocer la mano del usuario para registrar una entrada, sin el equipo de hardware respectivo) deben darse instrucciones para aclarar que todas las entradas serán registradas a través de la interacción con la pantalla táctil del dispositivo.

En *Wonderscope*⁹, uno de los referentes analizados, encontramos una animación al principio, con un personaje que ayuda al usuario a calibrar el micrófono y a otorgar los permisos necesarios de la aplicación al mismo, debido a que la aplicación necesita entradas de voz por parte del usuario para hacer avanzar la narración. Luego, este personaje da instrucciones de buscar un área despejada para montar el primer escenario donde ocurrirán las acciones, el usuario sigue entonces estas instrucciones y queda, de un momento a otro, tomando parte en la narración.

Personajes

Los personajes son un elemento muy importante en una narración de este tipo, ya que son un medio efectivo a través del cual transmitir la historia y la información a la audiencia. Mediante las acciones que ejecutan estos personajes hacen avanzar la narración, es decir, estas acciones se vuelven una condición importante para la interacción con el usuario y sirven además de puente entre el sistema y la audiencia (Lombardo y Damiano, 2012).

⁹ [Introducing Wonderscope: an augmented reality iOS app for kids](#)

Según el concepto del actante en el modelo actancial planteado por A.J. Greimas, estos personajes (actantes) pertenecen al sistema global de las acciones y no están desligados de ellas, es decir, no son elementos psicológicos o metafísicos. Además, tienen un rol determinado y pueden ser humanos, animales e incluso objetos, que determinan los roles primordiales de una narración debido a que pueden tener funciones particulares, por lo general en una estructura de opuestos, a saber: sujeto (héroe)/objeto; destinador/destinatario; ayudante/opositor (Saniz, 2008). Greimas y Courtes resumen al actante como “aquel que cumple o quien sufre el acto, independientemente de toda determinación” (Greimas (1979 p3) citado en Saniz, 2008), esto quiere decir que el actante no se define por un personaje en sí, sino por la serie de principios y medios que presenta la acción, como, por ejemplo: un deseo en particular, un deber que cumplir, un saber, que tienen una naturaleza y una intensidad variables (Saniz, Op. Cit.).

Los personajes también pueden servir como guía a través del escenario virtual donde se desarrolla la narración, ya que pueden dar al usuario indicaciones de navegación, lo que aumenta las posibilidades de mantenerlo donde realmente ocurren las acciones importantes y mantener así una mayor coherencia narrativa. Es importante que los personajes tengan motivaciones y conflictos y que se construya una metáfora, una trama que se desarrolle mientras la experiencia nos revela su información, esto puede incrementar el nivel de “*engagement*” o “enganche” de la audiencia con estos personajes y, por ende, con la experiencia. Así mismo, la información transmitida en la experiencia debe reconciliarse con lo atractivo de la estrategia comunicativa usada y los personajes pueden ser el vehículo para reforzar esta estrategia. El concepto de antagonista también juega un papel importante aquí, ya que puede emplearse para hacer avanzar la narración. El conflicto con un antagonista o la resolución de una situación bajo la premura del tiempo, son elementos que pueden usarse para lograr este cometido (Lombardo y Damiano, 2012). Como ejemplo citamos a uno de los referentes analizados, *Carletto the Spider*, de Vincenzo Lombardo y Rossana Damiano,

una guía interactiva para dispositivos móviles (PDA) del histórico "Palazzo Chiabrese" en Italia. Aquí, Carletto, una araña antropomórfica con la que los usuarios interactúan va contando historias relacionadas con las salas que los usuarios visitan y si estos pasan mucho tiempo en el mismo lugar, Carletto los invita a otra habitación, para recuperar el control de la narración. Si los usuarios no avanzan al ritmo que Carletto necesita, este menciona al antagonista, el limpiador del castillo, y sugiere que deben cambiar de lugar antes de que éste llegue o estará en problemas, esto, apelando a la conexión con el público para que sigan avanzando en la narración y en el espacio.

Para potenciar la ilusión de que el mundo virtual de la narración es independiente del usuario, este entorno virtual debe dar la sensación de que continúa, independientemente que el usuario realice o no una acción. Si el comportamiento de los personajes es meramente reactivo a la interacción del usuario, toda la narración se congelaría en el momento en que este último deje de realizar acciones, por esta razón, deben diseñarse personajes que persigan objetivos dentro de la narración y que fomenten a que el usuario se mueva con ellos (MacIntyre et al., 2001).

Duración

Una narración que tiene una duración variable necesita una planeación especial, debido principalmente a que muchos eventos deben permanecer hasta que el usuario decida avanzar. Pensar en ciclos de animación, por ejemplo, para que no se sienta que el tiempo se congela, es un buen recurso. Así mismo debe haber eventos que hagan avanzar la narración, partes necesarias donde el usuario no participe y sea expectante para continuar con el desarrollo de los eventos. A nivel general, debe establecerse una métrica del tiempo general de la experiencia que sea tolerable por el usuario para que pueda llegar hasta el final.

En *Wonderscope*, por ejemplo, los personajes esperan a la entrada de voz del usuario para avanzar ejecutando ciclos de animación en intervalos de tiempo repetitivo, así, si después de unos

segundos el usuario no interactúa, los personajes repiten el ciclo alentándolo a participar, logrando así que la narración avance.

Componente Lúdico

El componente lúdico y exploratorio de este tipo de experiencias interactivas juega un papel importante, ya que es un elemento primordial para generar “enganche” con el público a través del entretenimiento. Generar pequeños retos que el usuario deba resolver o elementos por los que deba buscar en el espacio de la narración e incentivar la exploración, incrementan su participación y compromiso con el contenido (Scatteia y Fulco, 2004).

En *Mardles Augmented Reality Story Books*¹⁰, por ejemplo, una serie de libros físicos acompañados de una aplicación de realidad aumentada, el usuario se encuentra con pequeñas historias en cada una de las páginas donde puede intervenir y manejar a los personajes, también, puede interactuar en pequeños minijuegos que completan la experiencia de cada página. Estos minijuegos, tienen sistemas de puntajes que alientan a los usuarios a hacer las tareas dentro de la experiencia de la manera correcta, e incentivan la exploración del escenario en busca de pistas o elementos requeridos en los minijuegos.

Navegabilidad Corporal

Por lo general, cuando un usuario participa en una experiencia de realidad aumentada, este asume un rol, su propio cuerpo físico se convierte en un avatar, una representación digital de su presencia, convirtiéndose en un personaje en el mundo donde se desenvuelve la narración. Dado que el usuario es un agente externo, introducido sólo en el momento que se ejecuta la experiencia, el autor de la obra no tiene control directo sobre éste, ya que no puede controlar su cuerpo físico. Debido a esto, el autor debe pensar en estrategias para mantener a los usuarios a través de las

¹⁰ [Mardles Augmented Reality Story Books - Harmony Studios](#)

opciones que este puede tener en la narración, creando con anterioridad un guion predeterminado de rutas que luego la narración debe alentar, para garantizar tener algo de control sobre cómo fluye el usuario en el mundo virtual (MacIntyre et al., 2001).

En *Omaha Beach*¹¹, por ejemplo, un simulador en realidad aumentada in situ del desembarco de las tropas aliadas en las playas de Normandía, en la segunda guerra mundial, el usuario queda inmerso en primera persona en los eventos bélicos que tuvieron lugar en dicho sitio. La narración no se centra en ningún personaje en particular, múltiples soldados y vehículos acorazados invaden la playa mientras una voz describe los sucesos, de esta forma, en cualquier lugar de la playa que el usuario se ubique, experimenta la misma sensación de inmersión, y hacia donde apunte con el dispositivo, puede percibir la magnitud del evento.

Valor Comunicativo de los Componentes Gráficos

En cuanto al tipo de gráfico utilizado en los referentes analizados, podemos encontrar que para la narración con realidad aumentada predominantemente se emplean gráficos en tres dimensiones (3D), sin embargo, para la narrativa se puede acudir también a otro tipo de gráficos, como los gráficos 2D, que pueden ayudar a reforzar el componente comunicativo. Debido a las características volumétricas, riqueza en las texturas y respuesta a efectos de iluminación de los gráficos 3D, es posible recrear con estos una espacialidad que puede integrarse de mejor manera con el mundo físico donde sucede la interacción. Independientemente del grado de realismo de los objetos representados en 3D, la posibilidad de verlos de manera interactiva desde todas sus perspectivas e integrados con las imágenes captadas del mundo real en tiempo real (entorno del usuario) a través de la realidad aumentada, genera la sensación en el usuario de ser parte de un espacio liminal entre real y virtual. Esto crea la sensación de estar allí realmente, lo cual se

¹¹ [HOW TO use the 'Omaha Beach' sitsim AR app!](#)

ejemplifica en algunos usuarios que incluso intentan tocar los objetos digitales o hacer a un lado el dispositivo para verlos directamente en el mundo físico. Por estas razones, no es de extrañar entonces que el uso de gráficos tridimensionales sea transversal a todos los referentes de realidad aumentada analizados.

Por otro lado, los elementos gráficos y estéticos 2D empleados en la interfaz son claves también para la comunicación no verbal con el usuario, flechas, íconos y pequeñas animaciones de los elementos en pantalla pueden llegar a ilustrar más claramente al usuario sobre acciones a realizar que los mismos textos escritos. Esto podemos encontrarlo en *Little Red Riding Hood AR book* por ejemplo, donde vemos en pantalla pequeñas ilustraciones 2D que sirven como tutorial para que el usuario se familiarice con la forma como desplegar la realidad aumentada.

Potencial Auditivo

El diseño sonoro juega un papel importante en la narración en realidad aumentada, no sólo por todas las posibilidades narrativas que aporta el audio en la narrativa audiovisual sino también por la posibilidad de tener una guía al usuario con voz. En particular, el uso del audio para realizar una guía por voz puede ser un recurso valioso también para las instrucciones iniciales y para la narración en general, ya que es muy probable que la mayoría de los dispositivos desde los cuales se acceda a la experiencia sean teléfonos móviles, que no cuentan con pantallas tan grandes, por lo que leer textos en la misma podría dificultar la interacción. Además, es importante que el audio sea dimensionado desde los dispositivos de salida, sean estos parlantes o audífonos, con el fin de garantizar la debida captación del sonido como recurso formal de la experiencia. En muchos casos se puede recomendar al usuario el uso de auriculares para disfrutar de un grado mayor de inmersión sensorial en la experiencia, esto permitirá además aprovechar toda la espacialidad y binauralidad que se puede lograr en el desarrollo de una narración en realidad aumentada.

En *WizDirector*¹², por ejemplo, una aplicación para construir narraciones en realidad aumentada, encontramos la posibilidad de grabar los diálogos de los personajes que participan en éstas para luego usarlas en la narración, ayudando a dar sentido a las animaciones cíclicas que los personajes ejecutan. Además, es posible insertar efectos de sonido que ayudan a construir una narración más completa y usar audífonos para una experiencia más inmersiva.

Cabe anotar que los referentes *iStory - Augmented Reality Storytelling* e *Interactive Storytelling in Augmented Reality using Torch* fueron tenidos en cuenta en el análisis, pero el componente principal que aportan está relacionado con la interactividad y el uso de la realidad aumentada para desplegar su narración, componentes que ya han sido enunciados por Ronald Azuma y John Maze, por lo que no se vuelven a enunciar en esta sección. Los referentes *Interstellar* y *Cosmos* no aportan ningún elemento en esta sección aún, serán retomados más adelante, debido a que el valor que aportan a este proyecto como referentes, son las estrategias de comunicación científica y sus formas estéticas de representación.

Hemos entonces determinado una serie de elementos básicos importantes para la implementación de una narrativa en realidad aumentada, pero planteadas ya las condiciones para su puesta en marcha, es momento de pensar en el contenido y en la forma de como esta narración potenciaría la divulgación de la ciencia, particularmente en el campo de la Astrofísica.

¹² [wizDirector--Augmented Reality Storytelling](#)

Capítulo II: La Narrativa en Realidad Aumentada como Medio para Potenciar la Divulgación Científica en Temas de Astrofísica.

“La divulgación de la ciencia tiene éxito si, de entrada, no hace más que encender la chispa del asombro”.

- Carl Sagan

La ciencia da forma al mundo moderno. Es la base fundante de todo el ecosistema tecnológico actual, el cual materializa esta ciencia y la pone al alcance del público en las diferentes aplicaciones de la vida cotidiana. Por esta razón, se hace necesario que la ciencia busque las herramientas adecuadas para presentar la información en una forma atractiva y relevante, una forma que despierte el interés y que conecte con el público más allá de simplemente presentar hechos, evidencias y estadísticas (Joubert et al., 2019). Esto puede ser visto como proceso de divulgación científica, la cual puede ser definida como el uso apropiado de diferentes medios, actividades, diálogos y habilidades para producir respuestas hacia la ciencia en un determinado público objetivo (Olivera, 2004).

Varios autores sostienen que la divulgación científica tiene sus orígenes a finales del siglo XVI y principios del siglo XVII, cuando Galileo acorta la distancia entre dos métodos de cuestionamiento acerca de las leyes naturales: el empirismo y la lógica. Desde entonces se hace necesario un nuevo lenguaje simbólico para describir el universo, teniendo en cuenta la forma impersonal en la que el mundo y sus fenómenos se presentan (Goyannes y Orrico, 2012). Es aquí donde entra a mediar la divulgación científica: servir como conversor del sofisticado lenguaje científico a un equivalente segundo discurso entendible por el público, utilizando herramientas y métodos didácticos para que este último pueda adquirir mayor entendimiento y competencia en términos científicos (Grillo et al., 2016).

Uno de los temas científicos que ha cobrado gran popularidad actualmente, gracias a divulgadores como Carl Sagan o Neil deGrasse Tyson, es la astrofísica, que es una conjunción entre la astronomía (estudio visual de los astros) y la física (estudio de las leyes del universo). El objetivo primordial de la astrofísica puede resumirse como el estudio de los astros desde el punto de vista físico, donde se emplean fórmulas y leyes para describir el comportamiento y las propiedades de los cuerpos celestes. Actualmente, no es posible concebir el estudio de estrellas, sistemas planetarios, galaxias y demás fenómenos del cosmos sin los fundamentos de las leyes físicas que rigen sus comportamientos (*Astrofísica: Introducción, Historia, Teorías físicas implicadas - Canal de Ciencias, 2013*).

El uso de una narrativa para contar historias de ciencia ha probado ser un poderoso medio para despertar el interés de las personas por la misma, se cree que utilizar esta herramienta como forma de divulgación puede aumentar el entusiasmo y el desarrollo del pensamiento pragmático en estos públicos (Chapela, 2014). Investigaciones sugieren que construir una narrativa con la información científica es más fácil de comprender por una audiencia que mediante el uso del método tradicional de comunicación lógico-científica (Dahlstrom, 2014). Es una forma de sacar al usuario de su actual entorno y ponerlo en un mundo figurado para evocar una respuesta emocional (Green et al., 2018).

Para construir una narrativa de divulgación científica en temas de astrofísica, se requieren los mismos elementos base que cualquier otro tipo de narrativa: escenarios, personajes y una trama. El primer paso es tener claro el mensaje científico a transmitir ¿qué se quiere comunicar?, relevancia ¿por qué esto importa? y, sobre todo, interés o beneficio del público ¿porque le importaría a una audiencia? Otro elemento clave a considerar es el drama, el cual es la secuencia de eventos creados cuando el personaje encuentra un problema y lo resuelve. Aquí, las acciones del personaje (el “que”) están motivadas por las consecuencias a enfrentar si el problema no se resuelve (el “por qué”). No es necesariamente lo que el personaje haga, la clave está en porqué lo hizo. Es más fácil que una audiencia se conecte con el personaje si se enfatiza en los riesgos que este último enfrenta, aunque algunas veces

no es fácil de identificar para materializarlo en la historia, ya que su personificación podría ir desde el objeto de estudio hasta el resultado de una investigación en sí (Green et al., 2018).

Es necesario considerar adecuadamente la escala y duración. Algunos procesos científicos llenos de tecnicismos, que son necesarios para la ciencia, no funcionan en una buena narrativa científica, así que es necesario reflexionar qué partes aportan información relevante y que partes no (Green et al., 2018). Mantener el enfoque en el conflicto y la resolución es crucial, así como también la presentación de personajes, escenarios y acciones interesantes, es aquí donde la estética en el que estos sean presentados a la audiencia juega un papel fundamental.

Actualmente, creativos, científicos, y desarrolladores están encontrando múltiples formas de utilizar la realidad aumentada, ya sea para propósitos educativos, comerciales, informativos y en algunos casos, simplemente por diversión, y aunque no en todos los casos emplean una narrativa, se empieza a ver como tienen potencial para este propósito (Handler Miller, 2020). Un campo en donde está cobrando cada vez más fuerza, es en la educación científica, ya que, por el grado de abstracción de ciertos conceptos, un recurso como la realidad aumentada puede expandir la información del mundo y concretar de una manera visual ciertos conceptos. Por ejemplo, trabajos como el de Shelton y Stevens que usan realidad aumentada para ayudar estudiantes a comprender las relaciones espaciales entre la tierra y la luna o *AR-Dehaes* de Martín-Gutiérrez, un libro que visto a través de la realidad aumentada, muestra en 3D gráficos de ingeniería, ayudando a los estudiantes en su comprensión de estos y aumentando sus habilidades espaciales (Cheng y Tsai, 2013).

Muchos fenómenos y conceptos científicos, especialmente en el área de la astrofísica, son difíciles de imaginar debido a su alto nivel de abstracción, además, se encuentran en un nivel conceptual que algunas veces es difícil de comprender por estar “oculto a la realidad” del observador (Belcher, 2001). Así que para mejorar el entendimiento por parte del público, comunicadores y divulgadores científicos han usado diferentes herramientas para ilustrar visualmente los conceptos científicos que tratan de divulgar.

A menudo, se recurre al uso de gráficos en dos dimensiones (2D) para esta tarea, pero debido a que éstos carecen del componente espacial, los conceptos son más difíciles de comprender o llevan a interpretaciones erróneas por parte del público. También se usan gráficos 3D, pero la mayoría de las veces, sin el componente interactivo, lo que igual, podría llevar a interpretaciones limitadas ya que se observan en una pantalla estática que no posee profundidad verdadera.

Una narrativa con el grado de espacialidad e interacción que permite la tecnología de realidad aumentada puede ayudar a vislumbrar de una forma más experiencial los fenómenos astrofísicos, dado que ahora pueden ser apreciados en su tridimensionalidad y sin la limitante de las representaciones 2D, ofreciéndole al usuario la posibilidad de actualizar y mejorar sus “incompletos modelos mentales” acerca de ciertos conceptos (Wu y Shah, 2004). El usuario se vuelve interactor ahora, y toma partido en una narración que le permite ver los conceptos científicos flotando a su alrededor, mezclados en la trama que sucede y lo lleva a seguir explorando, siguiendo a pequeños personajes virtuales que habitan un mundo híbrido que él sólo puede ver a través de la pequeña ventana del dispositivo tecnológico.

Esta espacialidad de la narración que provee la realidad aumentada viene evidentemente de la mano del uso de gráficos tridimensionales, es decir, no sólo es navegar por un espacio físico en tres dimensiones, es percibir con las propiedades volumétricas del mundo mismo, el universo narrativo científico. Esta estimulación audiovisual propiciada por la riqueza de las texturas e iluminación, el detalle en la representación, la espacialidad sonora, la inmersión participativa, la combinación de materialidades (digital y analógica) y la conexión emocional con los personajes y la narración, puede potenciar una mayor comprensión de los fenómenos astrofísicos.

Otro elemento importante que puede articularse a la narrativa en realidad aumentada que potencia sus cualidades como medio propicio para la divulgación científica, es el componente de gamificación, debido al uso de técnicas de desarrollo de videojuegos que se han empleado en su construcción. A diferencia de los medios meramente narrativos como el cine o la literatura, donde el

usuario asume un rol de identificación pasiva, en una narración interactiva como la de los videojuegos, este usuario aporta en el desarrollo de los eventos en la pantalla. Estos eventos pasan entonces a involucrar al usuario y hacerlo parte activa de la narración, al mismo tiempo que lo empujan en un viaje a través de ella. El viaje ha sido un tema que siempre ha estado conectado a la ciencia ficción, al descubrimiento del universo o a las misiones espaciales, el viaje requiere sentido de espacio y tiempo, es decir, las distancias que se recorren toman un determinado tiempo. Mientras que el cine o la literatura, debido a sus reglas narrativas, se ven obligados a remover estos tiempos “muertos”, en una narración interactiva se puede dilatar el espacio y el tiempo gracias a esta interactividad y el viaje mismo se convierte en parte del descubrimiento y el relacionamiento con la narración en el entorno virtual (Scatteia y Fulco, 2004).

La narrativa en realidad aumentada combinada con la estructura interactiva, narrativa y simulativa propia de los videojuegos se convierten entonces en el representante ideal del *transrealismo*, (movimiento literario), en vez de escapar de la realidad, la representan en una especie de matrimonio entre el mundo real y la ficción. Un evento como el lanzamiento de una misión espacial, por ejemplo, podría ser considerado por el cine o la literatura, como el contenido para un documental, en contraste, en un videojuego podría representar una experiencia comunicativa de alto impacto, debido a lo experiencial de participar de la narración-simulación directamente (Scatteia y Fulco, 2004).

El problema principal que podemos encontrar en narrativas de este tipo es el mismo al que precisamente se enfrentan los videojuegos educativos, y es que el contenido científico tome el control y sea predominante sobre el componente de entretenimiento, haciendo que el producto final pierda interés por el público en general. En lugar de elaborar simplemente una “lección académica interactiva” que puede no despertar el más mínimo interés en el usuario, se debe balancear y camuflar adecuadamente el mensaje científico en la propuesta narrativa, donde predomine en todo momento el aspecto lúdico y el aprendizaje experiencial (Scatteia y Fulco, 2004).

Fundamentos Científicos para una Narración de Divulgación Científica en Temas de Astrofísica.

A continuación, abordaremos en detalle los elementos teóricos de la temática que fundamentan la experiencia de divulgación científica sobre temas de astrofísica. En particular se abordan las siguientes temáticas: Agujeros de Gusano, Agujeros Negros y Relatividad General, integrando la revisión conceptual sobre el tema y la conversación con un experto temático, con la intención de recoger elementos que permitieran el plantear un relato científico para el proceso creativo de la investigación. En particular se consultaron libros de astrofísicos de renombre en estos temas, como Stephen Hawking, Carl Sagan, Kip Thorne y J.P. Luminet, también artículos en las páginas web de la NASA y NatGeo, series de televisión como *Cosmos* y algunos canales de YouTube sobre divulgación científica como *Veritasium* y *Pursuit of Wonder*.

Agujeros Negros

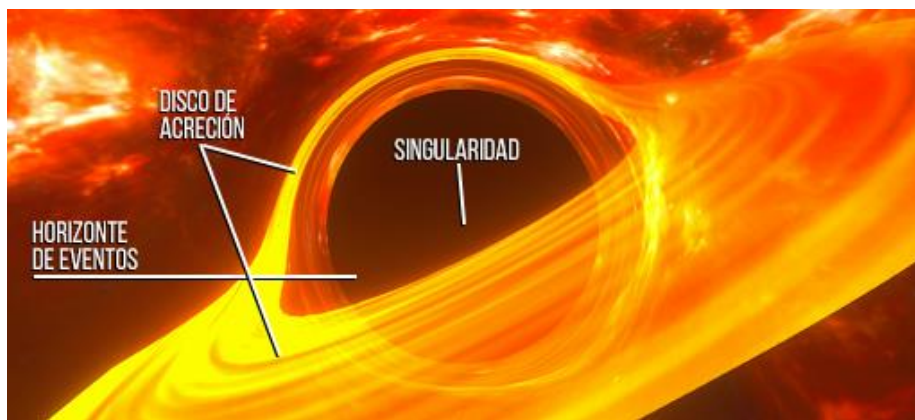
Un *agujero negro* es una región del espacio-tiempo en donde la atracción de la gravedad es tan fuerte que ni siquiera la luz, la entidad más rápida del universo conocido, puede escapar. Tal atracción de la gravedad es posible debido a que mucha materia ha sido comprimida en un espacio muy pequeño, como resultado de la muerte de una estrella, por ejemplo (NASA, 2014). Cabe aclarar que sólo las estrellas lo suficientemente masivas, de más de diez veces la masa solar y de núcleos de más de tres veces el tamaño del núcleo solar, dejan como resultado un agujero negro al finalizar su existencia.

Evidentemente, si la luz no puede escapar, el resultado es una sombra negra en el espacio, pero no en forma de disco plano, como lo representa muchas veces la ciencia ficción, esta es en realidad una sombra en el espacio, más parecida a una esfera.

Esta esfera negra que demarca la frontera de donde la luz no puede escapar es conocida como el *horizonte de eventos*, es el punto de no retorno que envuelve al agujero negro que está dentro (Hawking, 1998). ¿Qué pasa ahí dentro? nadie lo sabe con seguridad, el tiempo ahí es tan distorsionado que fluye como si fuera una dirección espacial, hacia el centro del agujero, un pequeño punto de materia super

condensada llamada *singularidad*, es decir, el final del espacio-tiempo que conocemos (ver Figura 6). También se cree que las dimensiones espaciales y la temporal intercambian comportamiento allí dentro, es decir, el espacio avanzaría sin reversa en una sola dirección, hacia el centro, mientras que el tiempo fluiría hacia adelante y hacia atrás en tres direcciones distintas. Entonces, dado que el espacio corre hacia el futuro y el futuro es hacia la singularidad, nada puede escapar (Thorne, 2014), porque no puedes devolverte en el tiempo, ¿cierto?

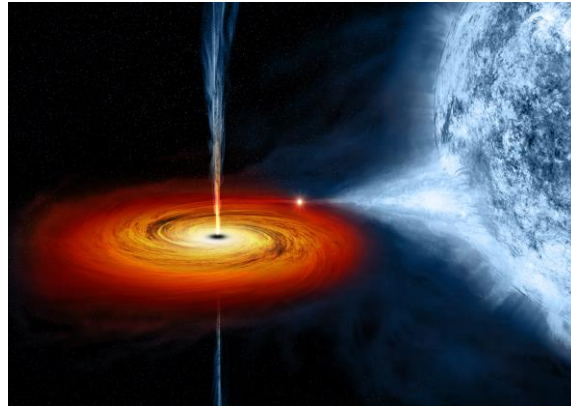
Figura 7. Elementos que componen un agujero negro.



El término agujero negro tiene un origen relativamente reciente, nombrado por primera vez en 1969 por el científico norteamericano John Wheeler, y se utiliza para ilustrar un concepto que ya se había mencionado por lo menos doscientos años atrás. Fue en 1783 cuando un catedrático de Cambridge de nombre John Michell, escribió un artículo donde describe que una estrella lo suficientemente masiva y compacta podría generar un campo gravitatorio tan fuerte que ni siquiera la luz de la misma estrella podría escapar, siendo esta luz arrastrada de vuelta hacia el centro (Hawking, 2011).

Si bien no se puede ver directamente un agujero negro, sí se puede observar por ejemplo el efecto de su fuerte gravedad sobre su vecindario, cuando distorsiona los rayos de luz provenientes de otras estrellas, cuando una estrella gira en torno a un compañero "invisible" o cuando devora literalmente a esas otras estrellas (ver Figura 8) (Hawking, 1998).

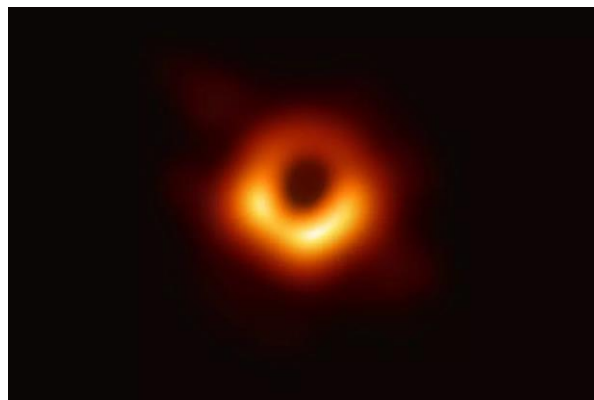
Figura 8. Arte conceptual del agujero negro Cygnus X-1.



Nota, Arte conceptual del agujero negro Cygnus X-1 formado por el colapso de una estrella, atrayendo materia de una estrella azul cercana. Tomado de NASA/CXC/M.Weiss. <https://www.nasa.gov>

Curiosamente, durante todos estos años, los agujeros negros fueron netamente un concepto teórico, incluidos incluso en la teoría de la relatividad general de Albert Einstein, pero nunca observados directamente y detectados sólo por el efecto sobre su periferia. No fue sino hasta 2019 que pudo obtenerse la primera imagen de un agujero negro. Gracias al telescopio *Event Horizon*, una colaboración a escala planetaria consistente en un arreglo de ocho radiotelescopios ubicados en diferentes partes del planeta, se pudo capturar la imagen de un agujero negro supermasivo ubicado en el centro de la galaxia M87. La imagen de la figura 6 tal vez no se vea como las representaciones de la ciencia ficción, pero es una representación más acertada de lo que podemos observar hasta el momento e implica un gran logro en la materia (Howell, 2019).

Figura 9. Agujero negro supermasivo captado por la Colaboración EHT.



Nota, Tomado de <https://www.space.com/15421-black-holes-facts-formation-discovery-sdcmp.html>

Evidentemente, el agujero negro en sí no se puede ver, pero lo que está en su frontera sí. El borde incandescente que podemos ver alrededor de la sombra negra (donde estaría el horizonte de sucesos), es una especie de remolino llamado *disco de acreción* (ver Figura 7), que contiene gas y polvo a muy altas temperaturas, a millones de grados, girando a alta velocidad y constituye la materia de la que el agujero negro se alimenta (Luminet, 1979) (Muller, 2019).

Hay cuatro tipos de agujeros negros: los estelares, miniatura, intermedios y supermasivos. Los estelares son el tipo más común y se forman a partir de la muerte de una estrella, pero ¿cómo podría una estrella convertirse en un agujero negro?, pensemos como analogía en un globo de goma inflado y el equilibrio que existe entre el aire dentro y la goma. El aire contenido ejerce presión hacia afuera, lo que hace que la goma se expanda, la goma a su vez evita que éste se siga expandiendo, ejerciendo presión hacia adentro. De esta misma forma sucede en las estrellas, la energía generada por sus átomos trata de expandirla, mientras que la gravedad tira hacia adentro, logrando este equilibrio, que puede mantenerse por millones de años. Pero llega un momento en el que la estrella finalmente se queda sin combustible, o el globo sin aire, por lo que empieza a contraerse, en este punto, varias cosas pueden suceder y todo depende de la cantidad de masa que tenga la estrella (Hawking, 1998).

Si la estrella tiene una masa menor a una vez y media la masa del Sol aproximadamente puede finalmente dejar de contraerse y convertirse en una estrella “enana blanca”. Pero, si por el contrario su masa está por encima, estará en problemas cuando el combustible se agote: o “pierde peso” o colapsará gravitatoriamente. “Perder peso” significa que libere una cantidad de materia suficiente, en una explosión llamada *supernova*, logrando de esta forma mantenerse por debajo del peso que la hará colapsar, aunque no es que pueda elegir esto voluntariamente. Después de esta explosión, dependiendo de la masa, el resultado puede ser una estrella de neutrones (púlsar) o un agujero negro (Hawking, 1998).

En el otro lado del espectro, están los pesos pesados: los *agujeros negros supermasivos*. Estos monstruos cósmicos pueden tener masas de miles de millones de soles y por lo general se esconden en

el centro de la mayoría de las galaxias. La vía láctea de hecho tiene su propio agujero negro supermasivo en el centro llamado *Sagittarius A*, cuatro millones de veces más masivo que nuestro sol (Wei-Hass, s/f).

Los *agujeros negros miniatura* son los miembros más pequeños de la familia y hasta el momento, meramente teóricos. Estos “pequeños vórtices de oscuridad” o también conocidos como *agujeros negros primordiales*, pudieron haberse formado en el principio mismo del universo, justo después del big bang, hace unos 13.7 miles de millones de años y rápidamente se evaporaron. Los astrónomos también sospechan de otra clase de agujeros negros, los conocidos como *agujeros negros intermedios*, pero la evidencia de ello aún está en debate (NASA, 2014; Wei-Hass, s/f).

¿Qué sucede si caemos en un agujero negro? bueno, imaginemos que estamos dentro de una nave espacial, observando desde una distancia segura como una sonda cae a un agujero negro. La sonda comienza a transmitirnos datos de lo que está viendo cada segundo, pero a medida que se aproxima al horizonte de sucesos del agujero negro, empezamos a notar que la señal empieza a tomar más de un segundo en llegar, sin embargo, desde el punto de vista de la sonda, las señales siguen siendo enviadas con la misma regularidad, cada segundo. La fuerte gravedad del agujero negro comienza a afectar el tiempo de la sonda entre más se acerca a este y a la señal le cuesta cada vez más poder alcanzar nuestra nave. Para la sonda, el universo circundante empieza ahora a verse extremadamente distorsionado, dado que la fuerte gravedad distorsiona de manera extrema la luz, el tiempo comienza a ralentizarse y todo el resto del universo que puede percibir, por fuera de la gran mancha negra empieza a verse extremadamente acelerado, como si avanzara hacia el futuro en cámara rápida. Desde nuestra nave, la señal dejó de llegar, a pesar de que la sonda sigue transmitiendo, empezamos a verla como si se moviera cada vez más lento, hasta que ya no se mueve más, la vemos completamente quieta en el horizonte de sucesos. Para la sonda, en caso de que a estas alturas no haya sido destruida por el enorme tirón gravitacional, todo es absolutamente negro, ha dejado el universo conocido, que ahora se ve sólo como la luz al final del túnel, una pequeña esfera incandescente dentro de la infinita oscuridad. Dado que la

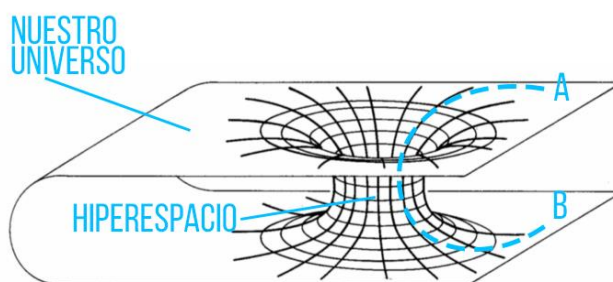
gravedad se hace más débil mientras más nos alejamos de la fuente, la gravedad en el extremo superior de la sonda sería diferente a la de su extremo inferior, lo que haría que nuestra sonda comenzara a estirarse en un efecto llamado *espaguetización*, lo que finalmente la desintegra en sus moléculas más pequeñas, un terrible final, sin duda (Hawking, 1998; Pursuit of Wonder, 2020).

Cabe aclarar que, si incluimos a la mecánica cuántica en esto, el físico británico Stephen Hawking postuló que los agujeros negros si emiten algo: la radiación de Hawking, lo que provoca que vayan eventualmente perdiendo masa y energía, y si no la obtienen de otra forma, tragándose una estrella o algo de su vecindario, terminan desapareciendo finalmente. De esta forma, la energía de la masa de nuestra sonda que cae al agujero negro sería reciclada como radiación emitida por este, pero la sonda en sí, o incluso las partículas de las cuales está hecha, no escaparían nunca. La pregunta sería, ¿qué les pasa entonces? ¿se destruyen? ¿pasan a otro universo? Esta es una pregunta que aún los científicos tratan de responder (Hawking, 2011).

Agujeros de Gusano

Un agujero de gusano es un concepto hipotético que consiste en doblar el espacio-tiempo, creando un puente o atajo a través de este para acortar la distancia de un punto A a un punto B (ver Figura 10).

Figura 10. Representación tradicional de un agujero de gusano.



Nota. Representación que muestra el universo como un plano que se dobla debido al agujero de gusano, para crear un atajo entre dos puntos A y B. Adaptado de *The Physics of Wormholes*, de Marco Tavora, <https://medium.com/swlh/the-physics-of-wormholes-654facefd2ea>.

Para aclararlo un poco mejor, imaginemos que el espacio fuera la superficie de una manzana y nosotros un gusano que camina en ella, de repente, nos encontramos que tiene un agujero que conduce al lado opuesto. Este agujero sería un atajo para llegar más rápido al otro lado, ahorrándonos todo el camino de recorrerla por la superficie (ver Figura 11).

Figura 11. Explicación del concepto de agujero de gusano en *Univerzoom*.



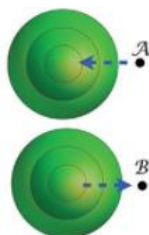
En este escenario hipotético, sin embargo, nuestro universo sería la capa que forma la superficie de la manzana, una superficie en dos dimensiones en este ejemplo, pero el hueco o *bulk*, como lo nombra el astrofísico Kip Thorne, sería el *hiperespacio*, y estaría en una dimensión superior, es decir, las tres dimensiones. Las paredes del hueco, que se conectan con la superficie en cada extremo, siguen siendo parte del universo bidimensional del gusano, sólo que extremadamente plegadas, al punto que se conectan con la superficie del otro lado, pero el vacío en sí que el gusano recorre por las tres dimensiones, de un extremo a otro, pertenecen al hiperespacio (Thorne, 2014).

Los agujeros de gusano fueron nombrados por primera vez de esta forma por el físico teórico John Wheeler en 1957, es un concepto que no proviene de la ciencia ficción, como de entrada se podría suponer, sino que por el contrario se deriva de una solución particular de las ecuaciones de la relatividad general de Einstein y tiene todo que ver con los agujeros negros (Hawking, 1998). En 1915, cuando la teoría de la relatividad general fue publicada, no se creía posible siquiera que los agujeros negros existieran, se consideraban simplemente artefactos matemáticos, y aunque las mismas matemáticas

respaldaban a Einstein, había algo que le molestaba. En el centro de los agujeros negros, existía una *singularidad*, el punto donde la materia se comprime a tamaño cero y densidad infinita y esto era algo con lo que Einstein no estaba contento del todo. Entonces, en 1935, junto a Nathan Rosen, escribieron un artículo donde modificando un poco las matemáticas, convertían esa singularidad en un puente que llevaba a otro lugar del universo, el cual denominaron en su momento *punto de Einstein-Rosen* o como lo conocemos hoy en día, agujero de gusano (BBC News Mundo, 2020).

Debido a que no es posible observar el agujero de gusano en nuestro recorrido por el hiperespacio, lo que podríamos ver sería una esfera que correspondería a la puerta de entrada al mismo, esta sería sólo el punto de “corte” del agujero de gusano con nuestro grupo de dimensiones. Esta esfera contendría varias esferas dentro y a medida que entramos en el agujero, pasamos a través de estas esferas que se vuelven cada vez más pequeñas hasta que salimos del otro lado, donde ocurre el efecto contrario, atravesando ahora una serie de esferas que se vuelven cada vez más grandes (ver Figura 12) (Thorne, 2014).

Figura 12. Representación de la puerta de entrada y salida de un agujero de gusano.



Nota, Tomado de The Science of Interstellar (p. 144) por Kip Thorne, 2014.

Adicionalmente, el *bulk* o *hiperespacio*, el camino para conectar los dos puntos de un espacio tridimensional, estaría ahora en una dimensión adicional, por encima de lo que nuestros sentidos pueden percibir. En la superficie del agujero de gusano, veríamos la imagen de nuestro destino distorsionada, como quien ve una imagen en una bola de cristal, y la distancia a recorrer sería sólo de unos cuantos kilómetros, en lugar de millones (ver Figura 13) (Thorne, 2014).

Figura 13. Representación de agujero de gusano en *Univerzoom*.



A pesar de que matemáticamente parece una forma de viaje estelar posible, se ha encontrado que no sería posible que una nave espacial pudiera atravesarlo, ya que se desinflan muy rápido y se convierten rápidamente en una *singularidad*. Sin embargo, puede ser posible que una civilización avanzada pudiera mantener abierto un agujero de gusano, usando una región del espacio-tiempo con curva negativa, como la superficie de una silla de montar (Hawking, 1998), pero de momento, la evidencia preponderante dicta que esto no es posible (Thorne, 2014).

Relatividad General

Lo primero que hay que comprender sobre la relatividad general es que el tiempo no es absoluto, cada observador tiene su propia medida del tiempo, e incluso, si otro observador tuviera un reloj exactamente igual, su medición no tendría necesariamente que coincidir con el primero (Hawking, 1998). Desde 1907, Einstein batalló con un problema de enorme “gravedad”, hasta que finalmente, en 1912 llegó el brillante planteamiento que precisamente tiene que ver con el tiempo. Se dio cuenta de que el tiempo debía distorsionarse en cercanía a cuerpos masivos, como el planeta tierra o un agujero negro y que esa distorsión es la responsable de la gravedad. Entonces, entre mayor es la ralentización del tiempo, mayor es el tirón gravitacional. En la tierra, por ejemplo, donde el tiempo se retrasa sólo unos cuantos microsegundos al día, el tirón gravitacional es modesto, pero en la superficie de un agujero negro, donde

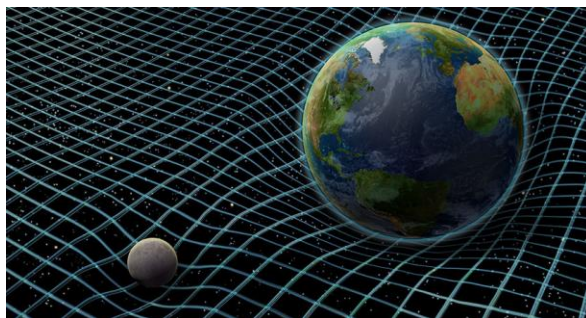
el tiempo llega incluso a detenerse, el tirón gravitacional es tan enorme que es lo que precisamente impide que la luz escape, como mencionamos en el apartado de los [agujeros negros](#). Luego, en 1912, Einstein se dio cuenta que si el tiempo podría deformarse en la presencia de cuerpos masivos, el espacio debería deformarse también, fue así como en 1915 formuló su *ecuación de campo de la relatividad general*, que incluye todas sus leyes relativistas, incluyendo la deformación del espacio (Thorne, 2014).

En esta nueva teoría, el espacio y el tiempo son una única e inseparable entidad ahora, de cuatro dimensiones, llamada *espacio-tiempo* y aunque en nuestra vida diaria sólo percibamos las tres dimensiones espaciales y midamos el tiempo por aparte, el tiempo es en realidad una dimensión física y ambos hacen parte de la misma geometría.

En conversaciones con Dara Hincapié, Máster en Física Atómica de la Universidad de Antioquia, obtuvimos el siguiente comentario al respecto: “la gravedad se convierte ahora en la deformación del espacio-tiempo producida por la masa, lo que le da propiedades radicalmente diferentes a las demás interacciones fundamentales, esta diferencia es el principal obstáculo en la unificación de campos que tanto persiguen los científicos”. El físico teórico John Wheeler lo resume con una brillante frase: “La materia le dice al espacio cómo curvarse, el espacio le dice a la materia cómo moverse” (Thorne, 2014).

Tradicionalmente, para comprender esto de una manera más simple, se usan representaciones como la Figura 14, donde el espacio se muestra como un plano distorsionado por la presencia de cuerpos masivos, como un planeta, por ejemplo:

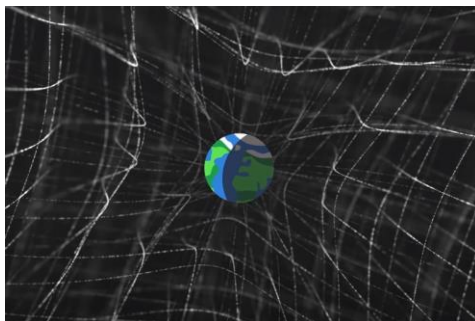
Figura 14. Representación del espacio-tiempo como un plano distorsionado por la gravedad.



Nota, Tomado de *Special Report: Gravity's Century*, por Nicolle Rager. <https://www.sciencenews.org/article/special-report-gravitys-century>

Sin embargo, la representación más adecuada para nuestro universo en tres dimensiones sería más parecida a la mostrada en la Figura 15, aunque seguiría siendo una mera aproximación, debido a que tal tipo de representación no sería precisa en nuestro universo de tres dimensiones, evidentemente, con una dimensión adicional, podría no ser tan intuitiva y clara como la anterior:

Figura 15. Representación del espacio-tiempo como una malla en 3D distorsionada por la gravedad.



Nota, En esta representación sin embargo hay que adicionar una serie de relojes, para mostrar que el tiempo cerca de la tierra corre más lento que en las partes más lejanas de la malla 3D. Tomado de *A new way to visualize General Relativity*, *ScienceClic English*, por Alessandro Roussel. <https://youtu.be/wrwgijBUYVc>

Es esta parte de la relatividad general lo que explica el desfase temporal en cercanías a un agujero negro, la enorme distorsión que éste produce en el espacio-tiempo, hace que el tiempo se dilate a tal punto, que unos minutos en este escenario representarían horas en la tierra, y esta es la parte que nos interesa particularmente mostrar en nuestra experiencia de realidad aumentada.

Capítulo III: Construyendo una Narrativa en Realidad Aumentada

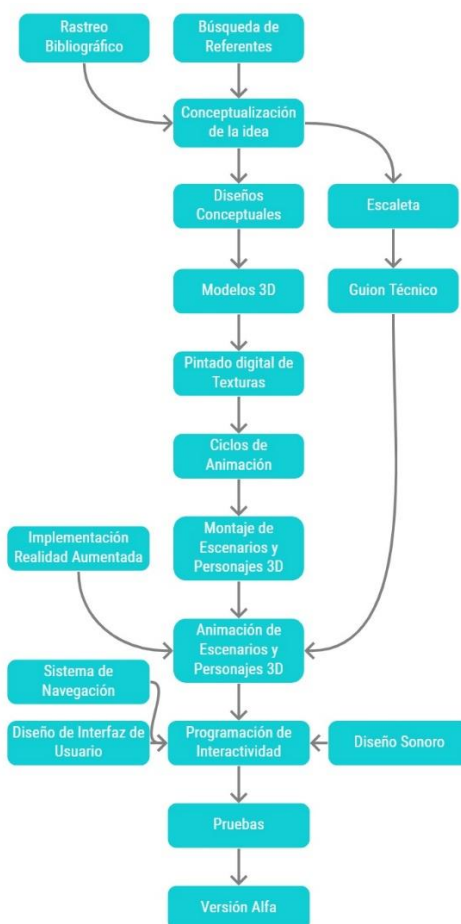
“La ciencia es la progresiva aproximación del hombre al mundo real”

- Max Planck

Establecimiento General de Flujo de Trabajo

El primer paso para la realización de un producto de investigación-creación como el planteado en este proyecto, es el establecimiento de un flujo de trabajo general para conectar correctamente todas las actividades necesarias, así como la interdependencia de las herramientas a utilizar para llevarlo a cabo (Ver figura 16)

Figura 16. Flujo general de trabajo



Se comienza con la etapa de conceptualización de la idea y creación de diseños conceptuales, que luego son construidos en 3D y dotados de texturas, convirtiéndose en los insumos para construir los escenarios. Se implementa la realidad aumentada y la interacción y se ensamblan los escenarios virtuales en sus formas más básicas. De aquí en adelante, se plantea un acercamiento “cíclico por etapas”, donde se toma una funcionalidad y se desarrolla desde el principio hasta el final de la experiencia, pero en diferentes “pasadas”, es decir, se hace algo básico hasta el final y en la siguiente pasada se evoluciona un poco más y así hasta completarla. Para aclarar un poco esto, revisemos el siguiente ejemplo: tenemos un personaje principal, cuya funcionalidad es la de realizar diferentes acciones en una escena, lo primero que hacemos es poner las pistas de audio del diálogo del personaje hasta el final de la escena, para establecer la duración de cada acción que debe realizar (*Timing*). Seguidamente creamos la animación que lo lleva a los lugares donde debe estar en cada momento de la narración, pero aún sin sus gestos ni articulaciones propias (*Animatic*), solo cambia de posición y así hasta el final de la escena. Luego volvemos nuevamente sobre él, desde el principio, pero ya agregando los gestos como negación, asombro, afirmación y todo lo que dice el guion que debe hacer y así hasta el final de la escena nuevamente. De esta misma manera debe pasar con cada personaje y elemento que participa en la experiencia. Hay etapas globales que afectan toda la producción, como la etapa del diseño sonoro, los efectos especiales y cosméticos, el diseño de botones y elementos de la interfaz, sistemas de partícula, sistema de navegación, códigos de programación y hasta las pruebas, todas son etapas de trabajo repetitivo por “pasadas” que se van agregando como capas que van de principio a fin en toda la narración. Cabe anotar que unas “pasadas” toman más tiempo de completar que otras, porque muchas veces hay que poner a prueba lo creado y refinarlo hasta obtener el resultado correcto, es el caso de la animación, por ejemplo, donde revisamos el movimiento de un elemento y lo ajustamos una y otra vez hasta que el flujo de principio a fin en la escena sea el esperado. El diseño sonoro es otro ejemplo de una iteración que toma tiempo, debido a que hay que crear o buscar los sonidos en librerías gratuitas, filtrarlos y luego probarlos para validar si son

adecuados o no, y hacerlo así hasta tener todo el paisaje sonoro de la experiencia. De esta forma, iteración tras iteración vamos completando cada uno de los personajes y elementos de la narración.

Rastreo Bibliográfico

En esta etapa se realiza un rastreo bibliográfico en busca de los conceptos existentes hasta el momento acerca de las narrativas en realidad aumentada, para esto se consulta en bases de datos en línea como el buscador de artículos de *Elsevier*, en *Science Direct*, el buscador académico de *Google* y el mismo motor de búsqueda general de *Google*. A continuación, se hace una primera recopilación e indexación del contenido; usando el gestor bibliográfico *Mendeley* de *Elsevier*. Debido a que la bibliografía encontrada sobre narrativas en realidad aumentada es muy limitada, se extiende el rastreo conceptual para incluir a las narrativas interactivas en general, en busca de desarrollos conceptuales que puedan aplicarse a nuestro objeto de estudio. Se procede entonces a etiquetar el contenido en *Mendeley* dependiendo de la temática de cada documento clave y a resaltar los párrafos relevantes de cada uno, a modo de facilitar posteriormente la recuperación de los conceptos importantes.

Por otra parte, se hace un rastreo de las aplicaciones y experiencias existentes que usan realidad aumentada combinada con cualquier forma narrativa, independientemente de la temática u objetivo que manejan. También se incluyen como referentes en este proceso, series de televisión y películas, buscando una referencia científica de representación y la forma cómo integran los contenidos en la narración.

Se procede a hacer una elección de referentes de desarrollos interactivos que utilizan realidad aumentada combinada con gráficos 3D y cuyo contenido se despliega en un escenario virtual simulado. Los referentes elegidos desde el punto de vista narrativo, interactivo y en realidad aumentada se describen en el [Capítulo I: Elementos Determinados del Análisis de Referentes](#).

Luego, se hace un análisis de estos referentes y se realiza una tabla de análisis determinando para cada uno los siguientes criterios: medio, tema, estructura narrativa, narrador, personajes, acciones, escenarios, elementos de la narración, elementos de interacción, elementos visuales, elementos sonoros, elementos técnicos y características importantes para el proyecto.

A continuación, se recolecta todo el material necesario para el fundamento científico de la experiencia en los temas de astrofísica a abordar, consultando libros y artículos de astrofísicos destacados en esta temática, como Stephen Hawking, Carl Sagan, Kip Thorne y J.P. Luminet, también artículos en las páginas web de la NASA y NatGeo, series de televisión como *Cosmos* y algunos canales de YouTube sobre divulgación científica como *Veritasium* y *Pursuit of Wonder*.

Referentes Artísticos y Científicos

Esta etapa comienza con la revisión de diversos referentes audiovisuales para comenzar a dar forma a los personajes y a los objetos que van a sumarse a los escenarios del mundo físico, pero ahora, estos referentes son inspeccionados desde el punto de vista estético y de dirección de arte. ¿Qué tipo de formas utilizan?, ¿cómo son los materiales, las texturas, las paletas de colores?, ¿cuál es el tema dominante?, preguntas como estas, entre otras, sirvieron para establecer las características observadas en las obras de referencia.

Adicionalmente se buscaron referentes audiovisuales, en particular, series y películas, basados en su nivel de detalle en la representación científica y su calidad artística para simular los fenómenos que cada una aborda. Después de la revisión se seleccionan tres referencias, las dos primeras analizadas posteriormente: La primera es la serie de televisión *Cosmos* de Carl Sagan, que desde los años 80 es considerada un hito de la divulgación científica y que nos presenta un viaje por el cosmos usando la *nave de la imaginación*. La segunda es la película *Interstellar* de Christopher Nolan, la cual muestra por primera vez la representación más acertada de un agujero negro y los efectos de la relatividad general, esto debido a que el director invitó al físico Kip Thorne para asegurarse de que todo se representara de manera

científicamente correcta. Finalmente, se selecciona la película *Contacto* de Robert Zemeckis, basada en la novela de Carl Sagan, dado que es la primera película en representar un agujero de gusano y sus implicaciones espacio-temporales. Además de otras referencias como *Foundation*, una serie de televisión creada por David S. Goyer y Josh Friedman y basada en los libros de Isaac Asimov, que muestra asombrosos paisajes espaciales amalgamados con elementos tecnológicos de civilizaciones futuras. También entra aquí todo el canon de *Star Wars*, en donde los viajes interestelares son cuestiones rutinarias y la tecnología, a pesar de ser futurista, se ve gastada y vieja. También encontramos videojuegos como *Starcraft*, de Blizzard Entertainment, que enfrenta a tres civilizaciones de diferentes partes del universo, siendo los humanos una de ellas, quienes poseen ya la tecnología para los viajes espaciales y la colonización de nuevos mundos.

Idea inicial y sinopsis

Con los insumos narrativos y científicos recopilados hasta este punto, y luego de tener los fundamentos de la narración definidos y el detalle de las temáticas a representar, se plantea la idea inicial y se crea una sinopsis general de cómo fluyen los eventos. Este primer ejercicio permite una primera maqueta general: “hay que viajar al espacio a resolver algo, pero necesitamos hacer un salto hasta allá, entonces para esto, necesitamos un Agujero de Gusano que nos transporte y de paso, explicamos que son. Este algo que hay que resolver debe ser cerca de un Agujero Negro, para explicar que son y para sufrir su efecto, para que cuando volvamos a la tierra haya pasado mucho tiempo, entonces explicamos con la Relatividad General los efectos del Agujero Negro y aprovechamos para mostrar las condiciones de la tierra del futuro y el mensaje de consciencia ambiental con el que terminamos”

Esta idea inicial era en realidad muy simple, no tenía antagonistas ni un conflicto claro y los personajes no tenían relación entre sí, ni motivaciones, pero luego, gracias al seminario de guion de la maestría, se pudieron consolidar estos aspectos para construir una historia más sólida, más allá del planteamiento del tipo descriptivo que se tenía inicialmente.

Se escribe, sin mucho detalle aún, el planteamiento general de nuestro relato, cuál es el conflicto y cómo se resuelve finalmente, así como dónde están planteados los conceptos científicos que le darán sustento y de qué forma se integran al flujo de los eventos. También se desarrollan en esta etapa la sinopsis, el *storyline*, una premisa y el *tagline* (ver Anexo 1).

El resultado de este proceso permite la creación del esquema básico de la narración interactiva en realidad aumentada llamada *Univerzoom: una aventura a través del espacio-tiempo*, que de manera sintética se resume de la siguiente manera:

"*Occular* y *Pulsar* son un par de naves espaciales esféricas inteligentes, que nos invitan a una misión al espacio exterior para recuperar la información recopilada por unas sondas espaciales y para esto, usamos una serie de portales llamados [Agujeros de Gusano](#). En el espacio, ocurre un accidente con *Pulsar*, lo que nos lleva a pedir ayuda a *IO*, un ser digital que al parecer tiene subyugados a su mando a nuestros personajes y quien nos deja como única opción, viajar a las cercanías de *Hyperion*, un [Agujero Negro](#) supermasivo, en una misión desesperada para salvar la vida de *Pulsar*. Finalmente lo conseguimos y regresamos a la tierra, donde encontramos que han pasado muchos años, debido al fenómeno de la [Relatividad General](#). Encontramos una tierra desolada por la misma acción de la humanidad, y una reflexión para cuidar los recursos naturales y salvar al planeta de ese terrible destino. Finalmente, *Occular* nos dice que todo fue una simulación y nos muestra nuestra tierra verdadera, el mundo que nos rodea, recordándonos que aún podemos evitar ese futuro trágico".

Diseño conceptual

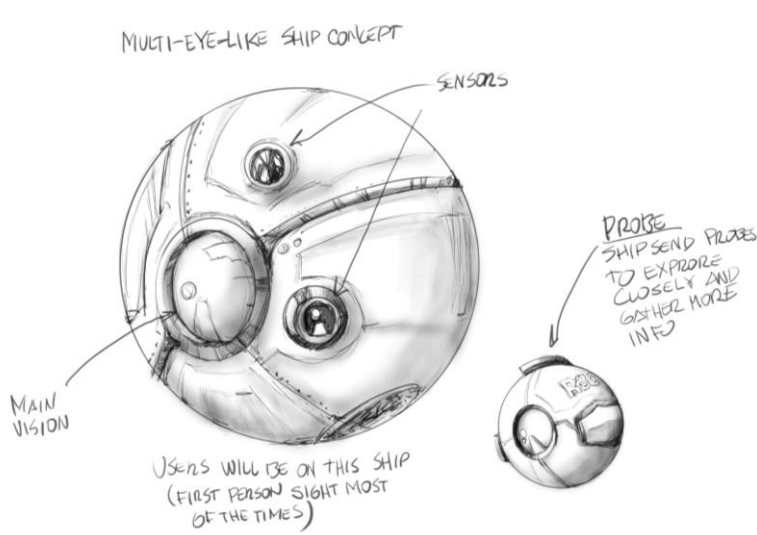
Con los referentes artísticos y conceptuales establecidos y un planteamiento inicial de la idea, se establece un tema general para la experiencia, donde todos los objetos serán mecánicos y robóticos de alta tecnología, con un tinte futurista, pero de apariencia gastada y oxidada, producto del paso del tiempo, de las condiciones y de los ambientes a los que se someten.

A partir de aquí, comienzan a surgir los primeros bocetos para los personajes, para llevar a cabo este proceso, se utiliza la herramienta de dibujo digital *Autodesk Sketchbook Pro*¹³ en una tableta con lápiz táctil, esto permite usar todas las ventajas no destructivas del trabajo por capas en la composición de los

¹³ <https://www.sketchbook.com>

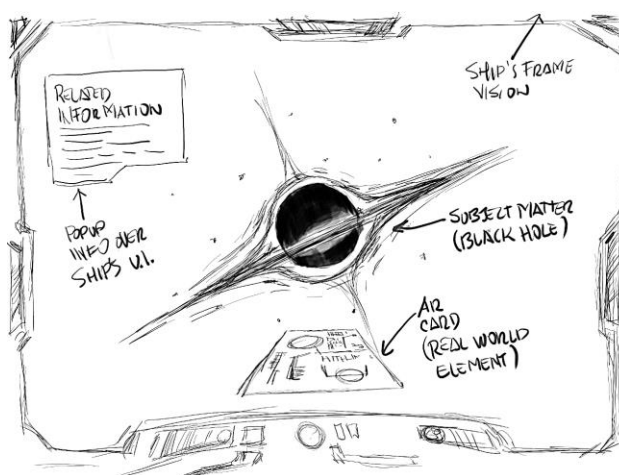
dibujos, y es aquí donde vemos la primera aproximación a los personajes, que puede ser observada en la figura 17:

Figura 17. Diseño conceptual inicial de *Occular* y *Pulsar*.



También se realizó un boceto para ilustrar que cuando el usuario abordará a *Occular*, debía haber una especie de interfaz alrededor de la pantalla que mostrará que en realidad veíamos desde la nave (ver Figura 18).

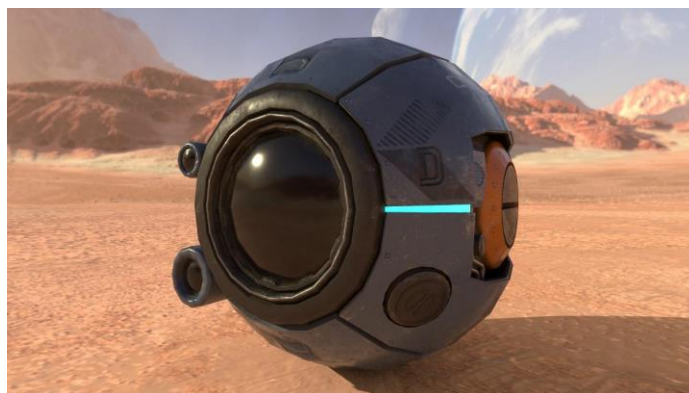
Figura 18. Boceto inicial de la interfaz de *Occular*.



Personajes

Nuestro personaje principal recibe el nombre de *Occular*, una nave esférica azul, dotada de inteligencia artificial, voz y un equipamiento de última tecnología para viajes espaciales, con un visor panorámico redondo al frente, lo que permite una amplia visión para quien la pilotee, puede parecer una versión mecanizada de un ojo, de ahí su nombre. El usuario será el encargado de pilotearla, por lo que la mayoría de las veces, escucharemos sólo su voz, ya que estaremos viajando todo el tiempo dentro de ella (ver Figura 19).

Figura 19. *Occular*, la nave que abordamos y la guía auditiva.



Su pequeña amiga *Pulsar*, es otra nave esférica como *Occular*, pero de color rojo, carece de voz y sólo realiza gestos, pero es más ágil y está programada para realizar labores de precisión. Si *Occular* es la guía auditiva, quien nos habla en todo momento y nos da instrucciones, *Pulsar* sería la guía visual, ya que debemos seguirla en todo momento para permanecer dentro de la narración y al tanto de los sucesos que allí se desarrollan (ver Figura 20). En el esquema del actante de Greimas, Pulsar sería el Ayudante, que presta asistencia en todo momento al usuario en el transcurso de toda la narración.

Figura 20. Pulsar, el personaje que sirve de guía visual.

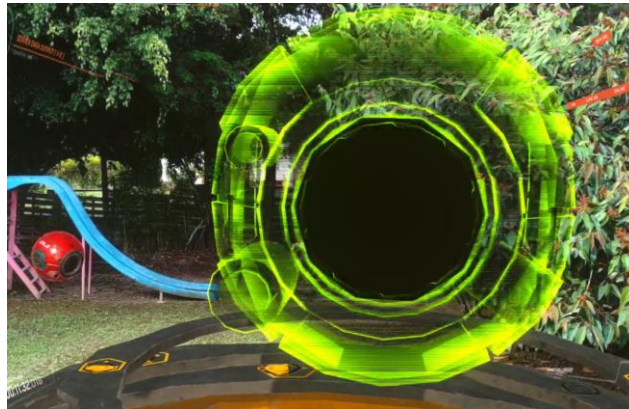


El concepto tras estas dos naves esféricas, que sirven de guía, es precisamente hacer un símil a los ojos que miran, a la observación, que es el primer paso del método científico. Se requieren dos ojos para poder percibir la tercera dimensión y la profundidad, algo que vá en consonancia directa con el tipo de técnica utilizada para representar el mundo ficticio de la experiencia, los dos ojos también se encuentran en el título, en *Univerzoom*, representados en las dos “o” de la palabra *Zoom*. Además, las últimas dos letras de los nombres *Occular* y *Pulsar*, *AR*, sugieren *Augmented Reality*, que significa realidad aumentada en español, la tecnología que hace que podamos participar de este viaje cósmico.

IO es otro de los personajes, tiene forma similar a *Occular* y *Pulsar*, pero sólo la vemos como un holograma, es una entidad completamente digital, una inteligencia artificial superior y quien supervisa las acciones de *Occular*, además, es quien, de alguna forma, puede generar los agujeros de gusano que sirven de portales. Está programada con un solo propósito: recopilar datos del cosmos (no sabemos con qué fin) sin importar cuantas naves de reconocimiento cuesten (naves como *Pulsar*), ya que para ella son simples accesorios que deben realizar el trabajo. Tiene el rol del antagonista, porque tiene subyugados a nuestros personajes a su control y los manda a una muerte segura a la misión del agujero negro, pero nunca contó con que estos sobrevivirían y gracias a la relatividad general se iban a librar de ella, por lo menos en la línea de eventos que abarca *Univerzoom*.

El nombre de *IO* no tiene que ver en realidad con el personaje de la mitología greco-romana, es en realidad una alegoría al 1 y al 0, al sistema binario, el lenguaje fundamental de la computación y de lo digital, que es la naturaleza de nuestro antagonista (ver Figura 21).

Figura 21. IO, el antagonista.



Inicialmente, el género de nuestros personajes era el masculino, a pesar de ser máquinas, pero luego de dos seminarios de estudios socioculturales en la maestría se reflexionó un poco sobre el asunto, sobre todo cuando nos cruzamos con el *Manifiesto Cyborg*, de Donna Haraway. Se decidió entonces jugar un poco con la naturaleza de nuestros personajes, si bien conservaron sus nombres, de sonoridad masculina, sus voces ahora son femeninas y su tratamiento es de “ella”, para que el usuario no piense en estos personajes como de género único, principalmente porque son máquinas que carecen del mismo.

La Figura 22 simplifica, a manera de resumen, los personajes y objetos importantes en la narración:

Figura 22. Tabla de personajes y elementos clave de la narración.

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 |

Escaleta

Inicialmente se había comenzado con la escritura de un guion detallado, de como sucedía toda la historia, con descripciones de los acontecimientos y diálogos de los personajes, pero eventualmente el caos apareció: esta forma de escritura impedía ver a nivel global la coherencia de la historia, por lo que fue necesario suspender este ejercicio. Fue con la llegada del seminario especializado de montaje de la maestría donde aparece el concepto de la escaleta, definido como una herramienta que nos permite ahora trabajar la idea principal con esbozos generales antes de ir al detalle de cada escena.

Se da inicio entonces a la creación de la escaleta para la historia. Una secuencia de líneas numeradas secuencialmente, con una breve descripción cada una, va dándole sentido y orden a lo que debe suceder, sin tener mucha claridad aún de cómo se va a mostrar todo realmente o cómo será la interacción (ver [Anexo 2: Sinopsis, Premisa, Storyline, Tagline](#)).

Guion técnico

En esta fase se comienza a detallar directamente la escritura del guion técnico. A pesar de que generalmente se escribe el guion literario primero, con las descripciones detalladas de espacio, tiempo,

personajes, diálogos, lugares, etc., se decidió, sin embargo, integrar todo en un mismo documento, para facilitar su lectura al momento de la implementación. Justifican esta decisión, además, el hecho de ser un desarrollo de una sola persona, la corta extensión del guion, el ajuste constante en la implementación, la optimización de tiempo debido al ajustado calendario de producción de las etapas posteriores (detalladas más adelante).

Se construye entonces una gran tabla, donde se detallan elementos como el número de la secuencia (según la escaleta), lo que ocurre en cada escena, los diálogos, los efectos de sonido, así como lo que ocurrirá con la interacción y lo que se espera que el usuario realice (ver Anexo 3). Cabe anotar que la duración de cada escena es un asunto muy variable y muchas veces indeterminado, en primer lugar, porque el usuario puede permanecer en una escena el tiempo que quiera, sobre todo si debe presionar un botón o realizar algo para que la narración avance. En segundo lugar, porque los objetos recorren distancias reales del mundo físico, y el tiempo que tardan en desplazarse depende de su velocidad, que muchas veces debe reajustarse para que no se pierdan de la vista del usuario, sobre todo si es un personaje que debemos seguir.

Prototipado

La creación de una narración que se cuenta en un espacio donde el usuario tiene la libertad de navegar, implica un viaje constante de ida y vuelta entre la escritura del guion y la puesta en escena. Debido a que no es precisamente un proceso lineal, donde se escribe primero la historia y luego se moldea la tecnología y los recursos visuales para que se adapten a esta, muchas veces es necesario adaptar el guion a las posibilidades técnicas, para mantener la coherencia en lo que se quiere mostrar, como se quiere mostrar y qué experiencia se le propone al usuario.

En este proceso, es necesario llevar las primeras ideas a la práctica, navegar con el dispositivo, caminar por el espacio y ver cómo se siente y luego ir al guion y ajustar lo que se escribe, dado que lo que

parece perfectamente plausible en la imaginación y en la escritura, se vuelve muy diferente cuando se está recorriendo el espacio de un mundo que sólo se ve a través de una pequeña pantalla móvil.

El primer prototipo se había concebido a una menor escala, usaba la técnica de reconocimiento de patrones de imagen o marcadores de realidad aumentada, que eran necesarios para que la experiencia funcionara. Además, era de vital importancia que la cámara del teléfono móvil estuviera enfocando en todo momento estos marcadores, ya que constituían el marco de referencia para la experiencia, si el marcador se salía del encuadre de la cámara, toda la experiencia se desconectaba del mundo real. Estaba pensada para ocurrir en un espacio pequeño, como una mesa o un escritorio y el guion se pensó en tercera persona, para existir en este pequeño universo de pequeñas dimensiones.

Con el cambio a la tecnología de reconocimiento de superficies mediante la detección de planos, este universo cambia de escala, ahora, al poder reconocer un espacio mayor, de varios metros, es posible ganar mucho más espacio en el set virtual, y al mismo tiempo incrementar aún más el grado de participación e inmersión del usuario. Ya no es un usuario inmóvil que solo mueve las manos y desplaza su dispositivo móvil a través de los límites de un escritorio, sino que ahora involucra mucho más su corporalidad, ahora debe caminar hacia los objetos, agacharse, apuntar hacia arriba y girar en todas las direcciones, es una experiencia sensorial de mayor nivel. Por supuesto esta apuesta tiene dos impactos muy importantes. Primero, lo que existía de la escaleta, debió reescribirse para una narración en donde ahora el usuario es un actor en primera persona y las situaciones a las que se ve sometido requieren que se desplace en el espacio. Segundo, una renuncia a la cantidad de público que puede disfrutar de la experiencia, debido a que la tecnología de detección de planos está diseñada para un número determinado de dispositivos móviles. Estos dispositivos cuentan con las características técnicas para ejecutar algoritmos de visión computacional, que le permiten “orientarse a sí mismos en el espacio”, usando además los diferentes sensores del dispositivo. A pesar de esto, se tomó la decisión de favorecer la calidad de la experiencia planteada, así como su nivel de detalle y su mayor impacto experiencial, por

encima del número de dispositivos que pueden acceder a ella, ya que, si algún día la experiencia estuviera vinculada a un centro de ciencia, se podría proveer el dispositivo a las personas que quisieran experimentarla de la forma que fue concebida.

Marco de Trabajo Para Realidad Aumentada

La etapa de prototipado requiere entonces comenzar a implementar el marco de trabajo de la realidad aumentada y para esto debe crearse toda la arquitectura del proyecto en la herramienta adecuada. Utilizamos principalmente una herramienta de software para la creación de productos interactivos conocida como *motor de videojuegos*, es aquí donde se integran todos los recursos digitales del proyecto, como son: objetos 3D, texturas y materiales, luces, animaciones, códigos de programación, sonidos, entre otras tecnologías. La herramienta seleccionada para esta etapa es el motor de videojuegos *Unity3D*¹⁴, la cual provee una gran versatilidad para el manejo de los recursos en mención y permite desplegar el producto final en diferentes plataformas como dispositivos móviles, computadoras, navegadores web, entre otros.

Dentro de Unity 3D, se utiliza el marco de trabajo unificado para realidad aumentada conocido como *AR Foundation*¹⁵, que permite usar las diferentes tecnologías que poseen las diferentes plataformas para sincronizar elementos con el mundo real, como *ARKit* en el caso de iPhone o *ARCore* en el caso de Android. Se elige este marco de trabajo dado su flujo de trabajo unificado, que permite programar la experiencia una sola vez y desplegar en las diferentes plataformas.

Es en esta fase donde se empiezan a aplicar las tres características de Ronald Azuma: la tecnología de *AR Foundation* va a permitir la integración del mundo real con el virtual a través de la fusión de objetos digitales con la imagen proveniente de la cámara del dispositivo. La interactividad, que ya está presente en la posibilidad que se habilita al poder controlar la cámara a través de esta tecnología, así como la serie

¹⁴ <https://unity.com>

¹⁵ <https://unity.com/es/unity/features/arfoundation>

de botones que se proveerán al usuario, y finalmente, los gráficos tridimensionales que van a dar cuerpo a todo el planteamiento de diseños conceptuales maquetados en etapas previas.

Este proyecto usa la plataforma ARCore¹⁶ de Google, que como mencionamos anteriormente, está contenida dentro de *AR Foundation* y cuyo funcionamiento explicaremos a continuación. Algoritmos de visión computacional analizan la imagen proveniente de la cámara y hacen una especie de “rastreo en tiempo real” (motion tracking) buscando características de referencia en los píxeles de la imagen que tengan buen nivel de contraste. A continuación, generan varios “punto de ancla” que van a seguir a estos píxeles dentro del encuadre de la pantalla y es esto lo que permite que el dispositivo pueda orientarse en el espacio con respecto al entorno. Luego, los objetos virtuales generados se van a fijar a estas anclas, y cuando el usuario gire o mueva el dispositivo en el espacio, estos objetos conservarán automáticamente su perspectiva y ubicación relativa en la pantalla del dispositivo, dando la sensación de que en realidad se encuentran en el mundo real. Cabe aclarar que estos puntos de ancla no pierden su orientación así el usuario apunte su móvil hacia otro lado o se aleje, luego de fijados, el dispositivo móvil conserva en todo momento su orientación relativa en el espacio, por ende, el mundo virtual no se desincronizará del entorno físico (en la mayoría de los casos, ya que los sensores del dispositivo podrían introducir errores algunas veces).

Como se mencionaba anteriormente en la etapa de prototipado, esta tecnología no está disponible en todos los dispositivos móviles, pero la lista crece cada día y nuevos dispositivos son agregados permanentemente¹⁷.

Es así como se realizan las primeras pruebas del prototipado y la integración de la tecnología de realidad aumentada, con objetos básicos que demuestran una buena estabilidad, por lo que se procede con mayor confianza a la estructuración de un nuevo guion.

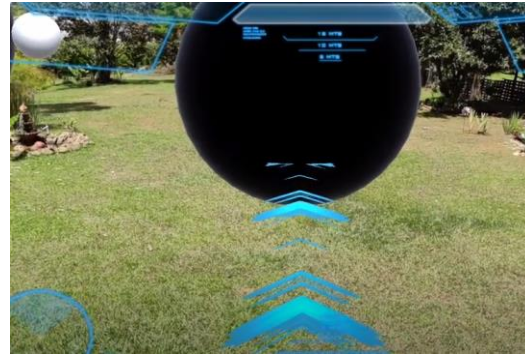
¹⁶ <https://developers.google.com/ar>

¹⁷ La lista completa puede consultarse en el siguiente enlace: [ARCore supported devices | Google Developers](#)

Las pruebas en video pueden observarse en los siguientes enlaces:



<https://www.youtube.com/watch?v=SDvwpW23TXE>



<https://www.youtube.com/watch?v=JOSifbk5CRE>

El proyecto prototipo será recuperado nuevamente cuando los objetos definitivos estén listos, reemplazando entonces a las esferas y cubos usados como objetos de prueba.

Modelado 3D

Es momento entonces de modelar en tercera dimensión todos los elementos sintéticos digitales que harán parte de nuestro universo, es decir, los actores y el set de la narración que se superpone al mundo real. El punto de partida son los diseños conceptuales existentes y los referentes de arte, luego, utilizando el software *Autodesk Maya*¹⁸, se comienza a dar forma y volumen a cada uno de estos elementos. Se elige esta herramienta de cómputo debido a que es ampliamente utilizada en la industria de los videojuegos, el cine y los efectos visuales para generar representaciones virtuales.

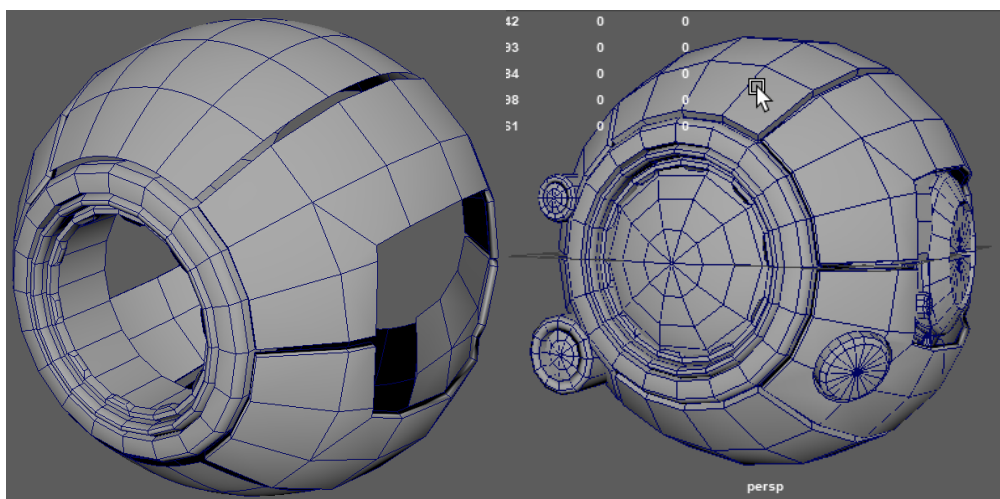
Es necesario seguir rigurosas técnicas de optimización en la creación de los modelos, ya que cualquier información extra en su creación, puede sobrecargar y ralentizar la experiencia cuando esté en ejecución, debido a que el dispositivo debe representar estos objetos en tiempo real. A manera de contraste, estas consideraciones no tienen el mismo impacto si los objetos van a componer una producción de animación en video, donde se procesan (pre-renderizan) con anterioridad, produciendo una secuencia de imágenes que luego es montada en secuencia en la producción animada.

¹⁸ <https://latinoamerica.autodesk.com/products/maya/overview>

Dado que es un proceso muy arduo y con bastante nivel de detalle, debe ser muy estricto y deben crearse sólo los recursos necesarios que la narración requiere, cualquier elemento innecesario retrasa el proceso de producción y recarga innecesariamente el dispositivo móvil.

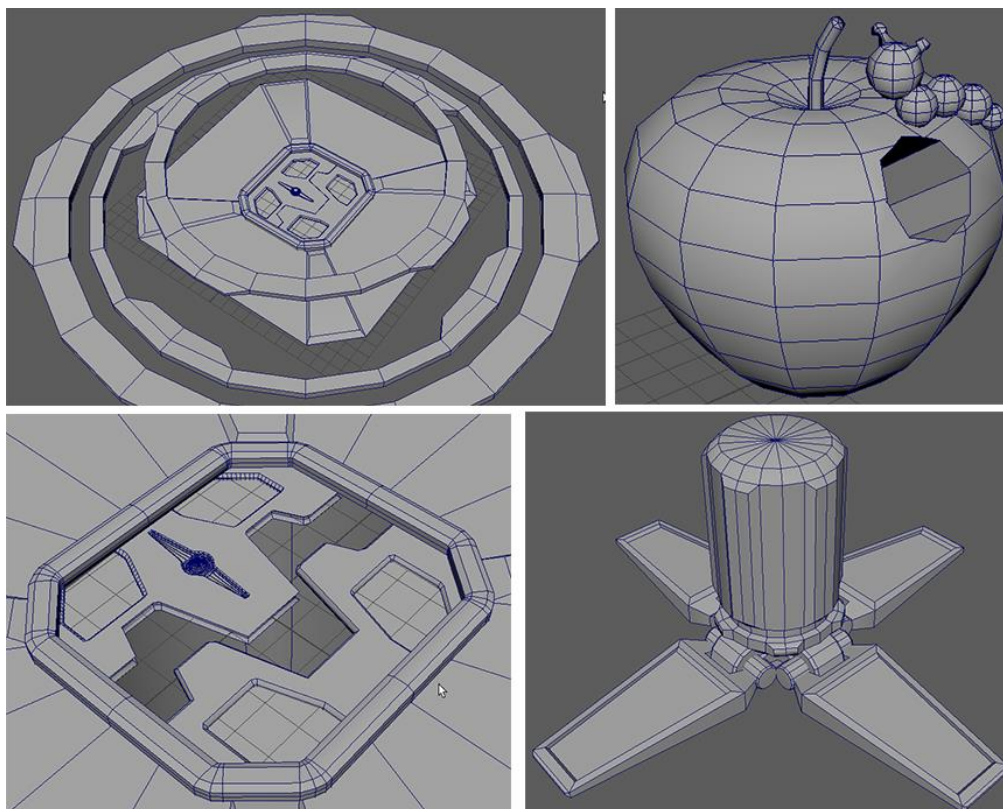
Utilizando la técnica de modelado basado en polígonos, se comienza dando forma al chasis de *Ocular* y *Pulsar* (ver Figura 23), ya que ambas comparten la misma estructura. Esta técnica de modelado consiste en utilizar geometrías básicas 3D y deformar los diferentes componentes geométricos que la integran, como vértices, segmentos y caras, para crear finalmente un objeto más detallado.

Figura 23. Estructura poligonal base de *Ocular* y *Pulsar*.



Siguiendo esta misma técnica se abordaron los demás objetos que componen la experiencia (ver Figura 24):

Figura 24. Modelos de compuerta, sonda y manzana con gusano.



Materiales y Texturas

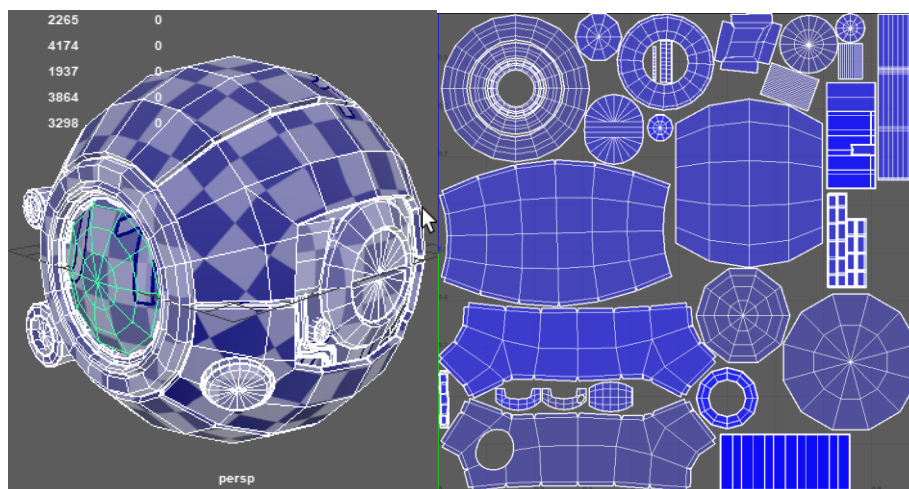
Esta es la etapa en donde estos objetos, grises hasta ahora, cobran su verdadera apariencia física y es precisamente el trabajo con los materiales y las texturas donde se logra que cada uno de ellos tenga la apariencia dictada por la dirección de arte y los referentes artísticos. Las texturas son un medio también para ayudar a transmitir el significado inherente de la narración, aquí aplicamos el componente *Trasfondo* de John Maze. Mediante la apariencia de los objetos contribuimos a transmitir algo de la historia de ellos mismos, como el aspecto metálico que nos dice que no son entidades orgánicas, el metal desgastado que hace referencia a las condiciones a las que han sido sometidos o el óxido en algunos elementos para indicarnos el paso del tiempo.

Un material es el conjunto de características que define la apariencia física de un objeto, por ejemplo, ¿cómo luce, es piedra o metal?, cuanto brilla, cuanto refleja la luz, si es transparente u opaco, si tiene relieve en su superficie o es liso, etc. Ahora, cuando una de estas características es controlada por

una imagen, esta recibe el nombre de textura, entonces, las texturas se conectan a los materiales para producir una apariencia visual mucho más detallada y fidedigna al mundo real. El material con todas sus texturas se vincula finalmente al objeto para definir su apariencia definitiva.

Antes de comenzar la pintura digital de texturas, fue necesario pasar por una etapa de transición. Dado que una textura es una imagen en 2D que trata de cubrir un objeto en 3D, hay que hacer ciertas adecuaciones para que la textura pueda distribuirse de manera correcta y sin distorsión sobre la superficie del objeto. El proceso se llama *UVLayout* y consiste en “desarmar” el objeto 3D en 2D y organizarlo de la mejor forma para que no haya distorsión al momento de aplicar la textura. Se utiliza una textura cuadrículada para revisar la distorsión y la escala de la textura en las diferentes partes del objeto (ver Figura 25).

Figura 25. Proceso de desarme de un objeto en sus componentes para texturizado



Una vez verificado que la superficie está lista para ser pintada sin distorsión, se procede a la creación de las diferentes texturas del proyecto, y para esto se usa la herramienta de texturizado 3D en tiempo real *Adobe Substance Painter*¹⁹, en la cual se puede pintar literalmente sobre un objeto 3D y visualizar de manera inmediata el resultado.

¹⁹ <https://www.adobe.com/la/products/substance3d-painter.html>

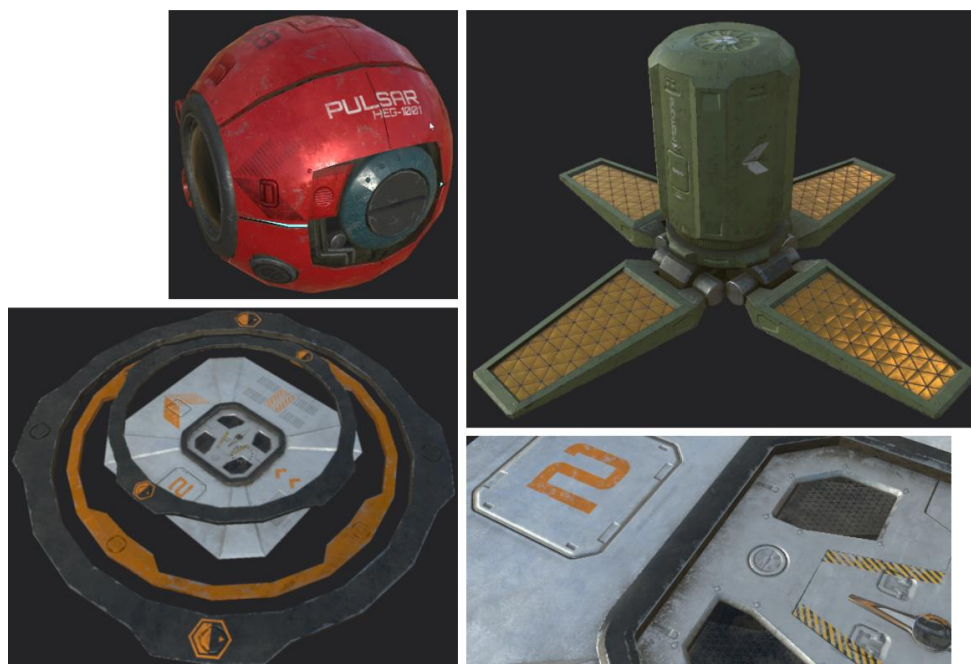
La pintura final es la suma de diferentes texturas: primero se establece el color base, luego se controla cuanto refleja/brilla la superficie a través de otra textura irregular, para que tenga la apariencia de metal, se pintan detalles en la superficie, como juntas de paneles, remaches y por último se agregan los stickers e inscripciones de texto. El trabajo de texturizado debe ser muy detallado, ya que el usuario puede acercarse mucho a los objetos y puede incluso inspeccionarlos desde todos sus ángulos. Las imágenes mostradas en la Figura 26 ilustran un poco el proceso.

Figura 26. Trabajo de texturizado de *Ocular*.



Siguiendo esta misma línea de diseño se trabajaron los diferentes objetos y cada uno de ellos se diseñó con un color primario base en mente y no bajó una paleta de colores global, esto pensando en que cuando los elementos se integren con el mundo real, generen la mayor cantidad de contraste posible y sean fácilmente reconocidos. La Figura 27 muestra el trabajo de texturizado de algunos elementos.

Figura 27. Trabajo de texturizado de los elementos del escenario.



Integración

Es momento de volver nuevamente al prototipo y al motor de videojuegos, ahora, todos los objetos deben ubicarse en el escenario virtual para componer la escena en tres dimensiones, ya sea como actores o como elementos del escenario. Hay dos tipos de escenario, los que muestran de fondo imágenes del mundo físico captadas por la cámara del dispositivo móvil utilizado y los escenarios completamente digitales, donde todo el set es creado en tercera dimensión. Para los primeros se crea una composición de los objetos puestos sobre un gran vacío de fondo, similar al video cuando se graba en un set con *chroma key* y todo el fondo verde es reemplazado en post producción. Este vacío de fondo es posteriormente llenado en tiempo real, con las imágenes captadas por la cámara del dispositivo en el momento de la ejecución de la experiencia.

En esta fase, se tuvieron en cuenta los componentes *Trasfondo* y *Entorno* de John Maze para la configuración de estos espacios y la forma de disponer los objetos en la escena, buscando el desplazamiento del usuario, pero favoreciendo también la exploración y su búsqueda en la forma en como avanzar en la narración, que son componentes del ejercicio científico: “buscar para avanzar”.

La ubicación y la escala de los elementos que componen los escenarios es determinante, ya que como todos los objetos se van a sincronizar con el mundo real, la cantidad de desplazamiento y las distancias tienen que coincidir paralelamente en los dos mundos, el virtual y el real. Se establece entonces una medida para los objetos y una distancia máxima de funcionamiento de la experiencia. En esta etapa se hicieron una serie de pruebas, para probar la navegación en el mundo real, caminando una y otra vez con la experiencia instalada en el dispositivo, y a pesar de que se tuvieron buenos resultados recorriendo distancias amplias, se limitó un poco para poder usar la experiencia en espacios más pequeños, requiriendo por lo menos unos tres metros alrededor del usuario para navegar de manera cómoda.

Para reforzar los aspectos visuales de nuestro set, es necesario crear luces virtuales, que al igual que las del mundo real, trazan rayos desde su ubicación que afectan la apariencia de los objetos y recrean la atmósfera que necesitamos en los diferentes escenarios. Por otro lado, los materiales de los objetos responden a estas luces generando brillos y reflejos y se producen además las sombras, completando lo que percibimos como volumen.

Otro componente que ayuda a modificar la percepción del espacio narrativo viene sugerido por la utilización del componente de Jhon Maze llamado *Superposición Narrativa*, este se manifiesta a través de la utilización de un sistema de posprocesamiento (*postprocessing*) de la imagen a través del cual se refuerza y se da tinte a la sensación que queremos producir en el usuario.

Es necesario también crear la cámara virtual que va a captar nuestra escena, la cual está conectada al sistema de realidad aumentada para que pueda ser controlada por el usuario, de esta forma puede responder en tiempo real a todos los movimientos que éste realice.

Finalmente, se componen los cuatro escenarios principales de la historia: el escenario inicial en la tierra donde se plantea la misión y muestra de fondo el mundo físico del usuario (ver Figura 28):

Figura 28. Escenario 1, introducción y descripción de la misión.



El segundo escenario es de la primera misión en el espacio, completamente virtual (ver Figura 29):

Figura 29. Escenario 2, primera misión al espacio.



Luego de esto, volvemos a la tierra, a ver el mundo físico nuevamente, pero tenemos que viajar al tercer escenario, a Hyperion el agujero negro, también generado completamente virtual (ver Figura 30):

Figura 30. Escenario 3, Hyperion.



Y finalmente llegamos al escenario final, la tierra desolada por la humanidad misma, también creado completamente digital (ver Figura 31):

Figura 31. Escenario 4, La tierra desolada.



Aquí, toda la simulación termina y el usuario ve nuevamente su mundo circundante, donde únicamente quedan nuestros dos personajes suspendidos sobre la imagen del mundo físico registrada por la cámara del dispositivo móvil.

Animación

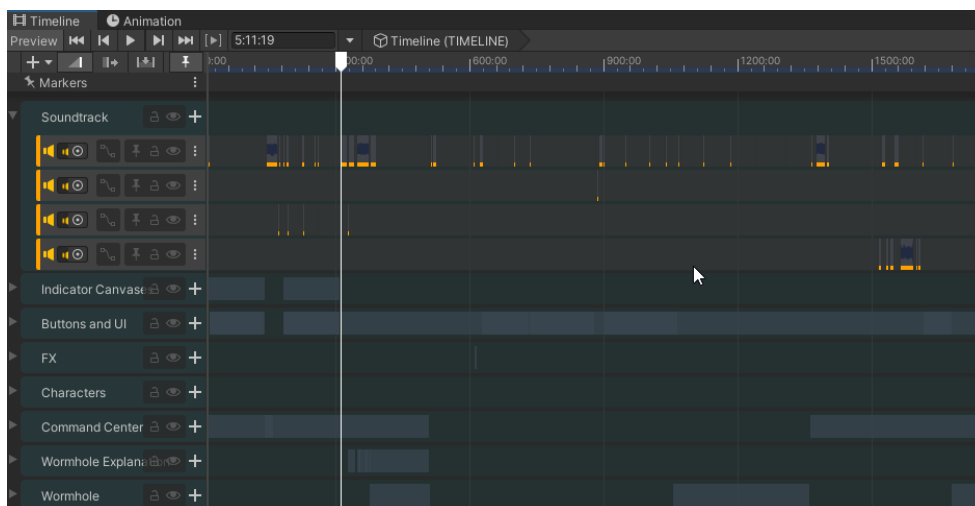
El proceso de animación es la etapa del proyecto en la que se genera el movimiento a todos los elementos que componen la experiencia, es aquí donde todo se coreografía para que suceda en el instante que le corresponde y es principalmente a través del movimiento, que se empuja al usuario a navegar por este universo.

Existen cuatro tipos de animación en esta experiencia y se combinan según la necesidad de la narración. En primer lugar, están las animaciones gestuales que corresponden al componente expresivo de los personajes y, en particular, al componente motor de las partes que componen el cuerpo de los personajes, estos son movimientos de afirmación, negación, asombro, levitación, enfoque de objetivos y encendido inicial, que se crean como clips independientes que luego serán encadenados en el montaje, según lo que se necesite en el tiempo específico de la narración. Todas estas animaciones son creadas en el software *Autodesk Maya*. En segundo lugar, están las animaciones del movimiento por el espacio, el

cambio de posición de los personajes y objetos en el set virtual, estos son creados directamente en el motor de videojuegos *Unity3D* y combinados con los gestos anteriores. En tercer lugar, tenemos las animaciones del movimiento creadas usando código de programación, el cual se usa para definir movimientos no tan sofisticados, pero de carácter periódico e indefinido, como la rotación constante de un planeta, la rotación indefinida de los asteroides, la rotación de atmósfera del planeta de una de las escenas del espacio y el movimiento en el disco brillante del agujero negro. Por último, tenemos las animaciones de los movimientos causales, que se desprenden de una acción realizada por el usuario, pero que su comportamiento no es animado manualmente, ya que son simulaciones físicas que luego de una configuración inicial son realizadas automáticamente por el motor de videojuegos, como son: sistemas de partículas, caída por gravedad y reacción por colisión. Todos estos tipos de movimiento deben interactuar entre sí y montarse de acuerdo con lo que se requiera en la narración en el momento indicado para darle sentido a lo que allí sucede.

Existen además diferentes flujos de trabajo para interconectar los tipos de animación anteriormente mencionados, el acercamiento que usa este proyecto es a través del uso del *Timeline*, que luce como una línea de tiempo similar a la de los programas de edición de video, donde se secuencian los clips de las animaciones principales, las voces de los personajes, efectos de sonidos, efectos especiales y acciones que deben activarse en determinadas marcas de tiempo (ver Figura 32).

Figura 32. Vista del Timeline en Unity 3D.



Estos *Timelines* se pueden interconectar entre sí, para mayor flexibilidad, es así como la parte del tutorial o el menú principal, que no tienen realidad aumentada, están en *Timelines* diferentes que se interconectan con el de la narración principal tan pronto terminan. Esto permite un flujo de trabajo más modular y flexible.

Interacción

Para la conceptualización y el desarrollo de las interacciones de la experiencia de realidad aumentada, se siguen las [recomendaciones](#) generales planteadas por John Maze acerca de dar al usuario posibilidades de movilidad por los escenarios, facilidad de navegación con instrucciones para llegar a los objetivos y manipulación del entorno que compone la narración. Sumado a esto, se considera también lo encontrado en los [referentes analizados](#) acerca de la participación del usuario para hacer avanzar la narración, y se propone para la interacción a lo largo de toda la experiencia, que el usuario interactúe a través de una serie de botones para realizar acciones específicas, muchos de ellos ubicados directamente en los objetos de la escena. Mientras se espera por la entrada del usuario, la escena queda en un modo de suspensión cíclica, lo que quiere decir que todos los objetos pasan a ejecutar un movimiento repetitivo para que no dé la sensación de que todo está congelado y que el mundo virtual continúa aún sin la participación de un interactor. Cabe anotar que si después de las repetidas pistas sonoras alentando la

interacción, y de un tiempo de espera de máximo dos minutos por evento, no se registra ninguna entrada, la narración recupera automáticamente su flujo y los eventos continúan su ejecución.

Otro factor crucial para la interacción y el funcionamiento general de la experiencia es saber en todo momento en qué lugar del espacio virtual se encuentra el usuario, o para ser más precisos, el dispositivo, esto nos permite poner en marcha eventos de la narración que se supone deben suceder cuando este se acerque a determinado lugar o cuando dirija el dispositivo hacia una dirección en particular. A lo largo de las escenas, sobre todo cuando se le pide al usuario buscar por algo en particular, hay audios que se activan cuando detectan que el usuario está apuntando hacia ese lugar, por ejemplo, cuando se le pide encontrar una sonda o el agujero negro. Hay otros objetos que, por el contrario, usan la posición del usuario para no perderlo de vista, es el caso del personaje holográfico *IO*, que en la escena que aparece, no pierde de vista al usuario, independientemente hacia donde este se mueva *IO* gira para verlo siempre de frente, tanto así que lo refuerza en su discurso con la frase “recuerda que puedo seguir todos tus movimientos”.

Sistema de Navegación Visual

En esta etapa se implementa un sistema de navegación que activa una especie de mira circular en la interfaz, la cual enmarca donde se encuentra en el escenario el objetivo donde se espera la interacción del usuario. Esta mira se actualiza en tiempo real indicando la dirección correcta y si el objetivo se encuentra fuera de la pantalla, se ubica en el extremo más cercano al objetivo, sugiriendo que es necesario seguir girando el dispositivo para poder observar el punto de interés. Además, en el centro de la mira, se implementó un indicador numérico que muestra la distancia real en metros del mundo físico hasta el objetivo, lo que le permite al usuario saber en todo momento cuánto tiene que desplazarse para llegar al lugar donde debe interactuar (ver Figura 33). Cabe anotar que el sistema de navegación se desactiva cuando no es imperativo encontrar o seguir algo en particular.

Figura 33. Vista del sistema de mira implementado, representado por los círculos blancos con líneas y puntos.



La mira es un elemento en dos dimensiones que se superpone como un estencil al mundo 3D. El objetivo que esta debe indicar está en el espacio 3D, por lo que el código implementado para el sistema de navegación se basa, a grosso modo, en convertir las coordenadas espaciales X,Y,Z donde está ubicado el objetivo a las coordenadas planas X,Y de la pantalla donde existe la mira. Luego, estas coordenadas obtenidas deben restringirse al tamaño de la pantalla, para que la mira se mantenga siempre visible. Finalmente, el resultado de los cálculos se hace en tiempo real, en cada uno de los fotogramas de la aplicación, y se llevan al gráfico de la mira, para que esta se mueva en tiempo real con el punto de interés donde queremos que el usuario llegue.

Creando a Hyperion, Nuestro Agujero Negro Supermasivo

El *Agujero Negro* es el elemento que demanda más recursos gráficos en toda la experiencia, principalmente porque distorsiona todos los elementos que se le acercan a su alrededor en tiempo real, esto para tratar de simular el efecto de la lente gravitacional o curvatura de la luz alrededor de este objeto masivo (ver [Agujeros Negros](#)). Después de realizar una investigación sobre cómo recrear esto, nos encontramos con el trabajo de Kelvin Van Hoorn, máster en física aplicada, quien diseñó un algoritmo²⁰

²⁰ Para más detalles visitar: <https://kelvinvanhoorn.wordpress.com/2021/04/20/supermassive-black-hole-tutorial/>

con todas estas consideraciones físicas, pero no estaba diseñado para dispositivos móviles, por lo que su ejecución bloqueaba hasta los móviles de alta gama. Luego de un intercambio de texto con el señor Van Hoorn, y de estudiar minuciosamente el código, se logró generar una adaptación que funcionaba de manera satisfactoria en el entorno de realidad aumentada y con un impacto aceptable en su ejecución en tiempo real. El disco de acreción o anillo amarillo brillante al rededor del agujero negro, desarrollado digitalmente para el aplicativo de realidad aumentada de esta investigación, también está animado a través de código de programación, simulando el material que circula al rededor del agujero negro. Cuenta también con componentes formales lumínicos que simulan aspectos del Efecto *Doppler Relativista*, lo que hace que uno de los extremos, del cual viene la luz hacia el observador, sea más brillante que el otro (ver Figura 34).

Figura 34. Hyperion, el agujero negro supermasivo.



Finalmente, la escena en general, desde donde observa el usuario, está llena de un campo de asteroides que aún no han sido atrapados por la gravedad del agujero negro y tienen la intención de ocultar la sonda que el usuario tiene que encontrar en este escenario, para que no sea encontrada tan fácilmente. Además, sirven de obstáculo en la navegación, ya que se advierte al usuario que no puede chocar con los asteroides en mención o podría ser destruido.

Diseño Sonoro

Esta etapa comienza con el establecimiento y creación de la voz de *Ocular*, el personaje principal, y aunque en un principio se consideró una voz humana para el trabajo, se terminó finalmente optando por la generación digital de la misma utilizando una herramienta de software *Text to Speech (TTS)*. Estas herramientas, son capaces de convertir un texto escrito a voz audible con diferentes entonaciones y acentos que simulan una voz humana, se hicieron entonces diferentes pruebas con varias de estas herramientas disponibles en el mercado y se opta finalmente por el servicio en la nube llamado *Amazon Polly*. Esta herramienta dio los mejores resultados en la pronunciación, claridad del discurso y naturalidad en la entonación. Además, al ser una voz generada digitalmente, se refuerza el hecho de que es una máquina la que en realidad habla, y para acentuar un poco más el efecto, las voces sufren un tratamiento adicional en el software *Adobe Premiere*²¹, donde con diferentes filtros de sonido, se distorsiona de tal forma que parezca un poco más robótica, sin perder la claridad del lenguaje natural.

El establecimiento inicial de los diálogos también influye en la etapa de animación, ya que estos marcan el tiempo de duración de ciertos eventos: hay que realizar acciones que se acomoden a la duración de los diálogos y las acciones deben sincronizarse con lo que estos dicen, en el momento que lo dicen.

Los efectos de sonido son los últimos en aparecer en el proceso de diseño sonoro, estos se agregan para reforzar las acciones y ambientar toda la experiencia. Esta experiencia usa en su mayoría librerías gratuitas de efectos de sonido y musicalización que son modificados para adaptarlos a las necesidades de la narración. Algunos de estos sonidos están configurados como fuentes sonoras espaciales, su intensidad se atenúa automáticamente con la distancia y la percepción de su ubicación en la escena corresponde con la dirección que escuchamos, es decir, si la fuente está a la derecha del observador, escuchará el sonido más intensamente desde el auricular derecho. Este tratamiento se

²¹ <https://www.adobe.com/la/products/premiere.html>

configura directamente dentro del motor de videojuegos, que es quien tiene la capacidad de hacer estas modificaciones en el audio en tiempo de ejecución.

Código de programación

En esta etapa se implementa el código de programación que articula toda la experiencia, es la columna vertebral que cohesiona todas las partes para que funcione todo al unísono en el dispositivo móvil, desde los algoritmos que hacen posible realidad aumentada, hasta los diferentes eventos y reacciones del contenido a las acciones del usuario. Cabe anotar que esta es una etapa transversal en el proyecto, debido a que en otras fases como en la animación o en la recreación completa de un objeto mismo (el agujero negro, por ejemplo) se usan también códigos de programación. El lenguaje de programación utilizado para el proyecto es *C#*, que es el lenguaje que utiliza el motor de videojuegos *Unity3D*.

El primer código en ser implementado fue el reconocimiento de planos para hacer posible la realidad aumentada, si bien existen varios códigos disponibles para hacer esta tarea, para esta experiencia se hizo una adaptación para manejar todas las escenas como un solo objeto contenedor. Luego de reconocer la superficie del mundo real con el dispositivo, se crea un único objeto virtual en un punto del espacio seleccionado por el usuario al tocar la pantalla, pero para nuestra experiencia se necesitaba generar una escena completa, por lo que la lógica utilizada es englobar toda la escena en un gran objeto, para manejarlo como una unidad. Esto resulta en varias implicaciones que al principio dieron problemas en el funcionamiento, principalmente porque el elemento que maneja el usuario, la cámara, no puede estar dentro del gran objeto que contiene a la escena, porque esta debe existir antes de poder generar todo el mundo virtual y contiene además el código para que la realidad aumentada funcione. Luego de diversas pruebas con el código y la relación con los objetos en tiempo de ejecución, se logró un resultado estable y satisfactorio.

Otro código importante es el administrador general de la experiencia, este contiene funciones generales de la experiencia en un sólo lugar centralizado, como las funciones de los botones de los menús y las entradas del usuario, el control del *Timeline* que hace posible encadenar las animaciones y las funciones generales necesarias para que todo funcione.

De aquí en adelante hay pequeños códigos particulares para algunos objetos, como el controlador de capítulos, que permite saltar en el tiempo a una parte específica de la experiencia, o los encargados de detectar que el usuario (la cámara virtual) se acerca a un punto determinado para activar ciertas acciones.

Pruebas

La etapa de pruebas es un ejercicio constante y transversal a todo el proceso de desarrollo, debido principalmente a que se trabaja en un dispositivo, como lo es la computadora, pero se despliega en otro, el dispositivo móvil, el cual es más limitado en recursos y tamaño, por lo que no tenemos certeza que lo implementado en el primero funcione de la misma forma en el segundo. Además, la experiencia requiere ciertas condiciones particulares que sólo pueden validarse en el dispositivo móvil, como lo son precisamente moverse por el espacio, usar los sensores al girar el dispositivo para revisar la estabilidad, leer las entradas en la pantalla o validar las escalas de los elementos en esta pantalla reducida.

Ir y venir entre dispositivos es un proceso que consume mucho tiempo, dado que hay tiempos muertos de espera en los procesos de conversión y transferencia del contenido al dispositivo móvil, algo con lo que no puede hacerse nada al respecto. Hay procesos que pueden tardar aún más y es necesario tomar acciones para reducirlos, nos referimos a la prueba de la animación como tal y para explicarlo mejor, haremos una comparación con la edición de video no lineal. Supongamos que trabajamos en el montaje de un videoclip y estamos editando en el minuto 10, si quisiéramos probar como se ven los cortes y efectos en ese instante de tiempo, sólo tendría que renderizar ese intervalo para revisarlo, y todo se vería de manera instantánea sin salir del mismo programa. Ahora, el montaje de nuestra experiencia es diferente, ya no es posible por defecto comenzar a probar directamente desde el minuto 10, cada que

damos “play” para probar, el tiempo siempre arranca desde cero, porque hay que ejecutar códigos y cosas que necesita la experiencia, lo que quiere decir que debemos esperar los 10 minutos para llegar a la parte que estamos probando, y ni hablar si nuestra experiencia dura más tiempo. Después de esta espera, hay que convertir todo, empaquetar y copiar al dispositivo móvil para finalmente ver nuestros cambios, lo que realmente crea muchos tiempos muertos que hacen muy largo el desarrollo. Para manejar esto, creamos un sistema de pruebas, un código que da la posibilidad de hacer saltos temporales a la parte que estamos trabajando mediante botones en pantalla, cada botón se personaliza con el tiempo que necesitamos y así, cuando ejecutamos la experiencia en el dispositivo, podemos revisar ese tiempo en particular. Cabe anotar que esto sólo está visible en el proceso de desarrollo, una vez terminado todo, se desactiva para que el usuario no lo vea, pero se deja dentro del proyecto para utilizarlo en futuras actualizaciones.

Después de superar una serie de pruebas básicas, se constituyó la primera *versión Alfa* de *Univerzoom*, con los dos primeros capítulos, la cual se usó para probar con los primeros usuarios. Luego vino la versión Beta, que abarcaba toda la experiencia, pero sin la interfaz de usuario, los efectos visuales y de sonido; esta versión se probó en un número mayor de usuarios para validar como se percibía en general la narración y tomar las retroalimentaciones para seguir haciendo los ajustes necesarios.

Capítulo IV: Bitácoras de un Viaje Estelar en Realidad Aumentada

“Conoces más un camino por haber viajado por él que por todas las conjeturas y descripciones en el mundo”

- William Hazlitt



Viajar a recorrer los misterios que esconde el cosmos de la astrofísica, utilizando la nave de la narrativa en realidad aumentada, requirió un análisis minucioso de cada uno de los elementos que componen la misión para poderla llevar a cabo. También ayudaron a hacerla posible, todos los usuarios que participaron en las pruebas, ajustando permanentemente los instrumentos para poder llegar a la frontera final: la narrativa en este espacio híbrido de virtualidad y realidad.

Antes de poder despegar, fue necesario construir nuestra nave de la narrativa en realidad aumentada, la cual requirió de un potente tren de impulso compuesto por los tres “motores” planteados por Ronald Azuma: *el combinador*, que permite fusionar el mundo virtual con el físico, *el interactor*, que permite que este mundo responda a las decisiones del usuario y *el graficador 3D*, que es el materializador del universo al cual viajamos. Estos tres motores hicieron posible que nuestra nave narrativa pudiera existir en estas condiciones particulares de virtualidad y realidad combinada y establecieron el lienzo para empezar a narrar esta historia en realidad aumentada. También, constituyeron el principal recurso de conexión a primera vista con el usuario, encendiendo de inmediato su atención a la narración que estaba

por suceder, una simulación virtual que, en palabras de los mismos usuarios, despierta el asombro, “principalmente en la forma como los objetos virtuales se quedan en el mismo lugar, como si estuvieran ahí”, en el espacio físico. Algunos usuarios indagaron acerca de la forma de funcionamiento de tal tecnología y la pusieron a prueba desplazándose distancias considerables en su espacio físico circundante, por fortuna, nuestro universo virtual se mantuvo sincronizado con el mundo real sin problemas significativos. Incluso si los usuarios levantaban el dispositivo para enfocar al techo, apartando completamente la visión del piso, el universo virtual mantuvo adecuadamente su orientación relativa. Un usuario hizo una anotación interesante de lo que sintió cuando viajó de los escenarios que contienen el mundo real de fondo a los que son completamente virtuales, algo como “es como entrar en un hueco, como lo hace *Alicia en el País de Las Maravillas* y encontrar este otro mundo”.

Fue el momento entonces de que nuestra nave narrativa cargara sobre sí una historia, para poner a prueba como era narrar en condiciones de realidad aumentada. Para esto se realizó una estructura de narración aristotélica clásica, con planteamiento, nudo y desenlace, con flujo de eventos lineales y sin ramificaciones. Los usuarios manifiestan que pueden seguir la narración, la perciben coherente de principio a fin, sienten participar en ella y de alguna manera sienten modificar el mundo sintético de objetos virtuales que los acompaña, a pesar de no poder realmente cambiar los eventos y no poder evitar la linealidad de la narración.

Al poner a prueba la *interacción* de los usuarios con la narrativa, estos encuentran los botones dispuestos en objetos y escenarios necesarios para hacer avanzar su viaje, rápidamente entienden la lógica general y el propósito por el cual estos botones están dispuestos, gracias también a las indicaciones y ayudas de navegación implementadas. Es curioso que a pesar de que los elementos virtuales sólo se generan en pantalla, cuando se le pide al usuario interactuar con uno de estos elementos, algunos no tratan de tocarlos en la pantalla sino en el espacio real, como si estos estuvieran en el mundo físico. A pesar de que los elementos se ven claramente sintéticos, la fusión con el mundo y su correspondencia

tridimensional en tiempo real parece convencer a algunos individuos de que la acción lógica sería tratar de alcanzarlos directamente quitando al intermediario donde la fusión ocurre, es decir, inconscientemente esperan que los objetos estén realmente al quitar el dispositivo a través del cual ven. Otros usuarios, técnicamente más avanzados, justifican su intento de tratar de tocar los elementos virtuales directamente en el mundo físico. Argumentan que si es posible recrear un mundo virtual que se sincroniza en tiempo real con la perspectiva del mundo tangible, también podría ser muy posible que la aplicación usara técnicas de visión computacional para reconocer la mano y tomar la entrada del usuario.

Algunos usuarios manifiestan cansancio en los brazos debido a sostener con las dos manos y por tiempo prolongado el dispositivo, por lo que se brinda la posibilidad de poder suspender la experiencia en cualquier momento y retomar en un futuro el último capítulo experimentado, gracias a un selector de capítulos implementado. Esto es natural cuando se interactúa con un sistema que implica el uso de nuestra corporalidad e incita nuestra participación activa. Un caso que logra esto de manera satisfactoria es la consola de videojuegos *Nintendo Wii*²², donde la premisa es tener un usuario más activo, que se levante del sillón y realice movimientos para poder interactuar en los diferentes videojuegos.

Por supuesto el brazo narrativo tenía que ir más allá de nuestra nave y extenderse a los *Entornos* y a los objetos virtuales mismos que componen este universo y ayudan a narrar esta historia. No bastaba con que nuestro personaje guía relatara con su voz los acontecimientos, también era imperativo que cada objeto aportara desde su forma, textura y movimiento a la narración, con un *Trasfondo* o significado inherente puesto como refuerzo visual de esto que experimenta.

Inicialmente, se planteó de principio a fin una experiencia que usara siempre de fondo el mundo físico captado por la cámara y los objetos superpuestos sobre este, evidentemente este planteamiento funcionaba en el papel y para la historia, pero a medida que se avanzaba en la implementación se evidenció la necesidad de tener un entorno, un escenario que contextualizara mejor al usuario sobre

²² <https://www.nintendo.es/Wii/Wii-94559.html>

donde estaba. Fue así como se decidió que los eventos que ocurrían en el espacio exterior, fuera del planeta tierra, tuvieran una ambientación completamente virtual para ayudar a la contextualización del usuario que en realidad había viajado a otro lugar. Entonces, veríamos ahora un fondo galáctico de estrellas que ocluía la visión de la cámara con una imagen superpuesta para ayudar a desconectar al usuario momentáneamente de su entorno circundante.

La escala a la que se construyen estos escenarios juega un papel importante también en la percepción por parte del usuario y por ende, en su grado de inmersión. Se logró crear un escenario virtual que se extiende por tres metros hacia todas las direcciones alrededor del usuario, lo que requiere por parte de él, un desplazamiento activo a lo largo, ancho y alto del espacio, permitiéndole incrementar su sensación de estar inmerso en dicho escenario, así el universo percibido esté constreñido a una pequeña pantalla. Todo el escenario virtual está a escala real, de hecho, el sistema de navegación implementado puede retroalimentar al usuario de cuanta distancia en el mundo real debe recorrer para alcanzar determinados elementos.

La mayoría de los usuarios considera de alta factura y nivel de detalle los modelos tridimensionales de la experiencia, los considera de la “calidad de un videojuego”, de apariencia realista, esto a pesar de que la calidad de representación debió ser reducida para favorecer el desempeño en tiempo real del dispositivo móvil. Algunos usuarios con alta atención a los detalles olvidaron de momento la narración y se dedicaron a inspeccionar los modelos de cerca, habiendo mencionado que “se ven hasta los tornillos” en la superficie de estos elementos mecánicos. Una de las escenas que más llama la atención es la escena del agujero negro, y a pesar de que muchos ya han visto como se representa en películas y series de televisión, les parece interesante como el de esta experiencia puede distorsionar todo a su alrededor a medida que cambian el ángulo de visión del dispositivo.

Para el viaje guiado por los entornos virtuales, nuestra nave de la narrativa en realidad aumentada requirió también una buena brújula, es decir, un buen sistema de *Navegación* que pueda llevar a los

usuarios de manera exitosa a su destino, permitiéndole de esta forma moverse directamente por el espacio que lo rodea de la mano del dispositivo tecnológico. A pesar de proveer a la experiencia con guías de audio descriptivo, que dan pistas a los usuarios sobre a dónde deben ir, o implementar personajes basados en acciones, que se mueven hacia donde los acontecimientos ocurren, a algunos usuarios les cuesta trabajo encontrar donde deben realizar la siguiente acción para hacer avanzar la narración. Otros, simplemente no prestaban la atención suficiente a las instrucciones del audio, a pesar de que cuando pasa determinado tiempo sin recibir acciones por parte del usuario, la experiencia repite la instrucción. Por esta razón se implementa un sistema de navegación visual que ayuda al usuario a encontrar el siguiente objetivo necesario para hacer avanzar la narración, este incrementó significativamente la orientación de los usuarios en el mundo virtual y redujo los tiempos muertos en espera de una entrada.

Navegar una experiencia de este tipo no se experimenta igual a un video o audiovisual tradicional, por ejemplo, una película, debido a que esta narración no se constituye como una secuencia de planos propiamente dicha, la manera más exacta de describirla es una sola toma continua, en donde el usuario controla en todo momento el encuadre y lo que quiere ver, y esto sin duda representó el principal desafío. Fue necesario configurar los diferentes elementos de la narración para mantener su atención sobre lo que queremos mostrar en un momento determinado y ser muy sutiles con el movimiento de estas cosas para que no se salgan abruptamente del limitado espacio de la pantalla del dispositivo móvil.

Es importante que cada usuario sepa cómo maniobrar adecuadamente esta nave de la narrativa, por lo que fue imperativo crear para él un *Tutorial* o serie de instrucciones iniciales que le ayudaran a traer el mundo virtual al mundo físico y a abrir el portal de la historia. Esta tarea está a cargo de *Occular*, uno de los personajes principales, quien da las instrucciones iniciales de la misión. Al mismo tiempo, como parte de su discurso, explica que es necesario encontrar un lugar despejado y la forma adecuada de mover el dispositivo para hacer el reconocimiento inicial de la superficie del suelo, lo que sirve de ancla para todos los objetos y escenarios que aparecerán desde ese momento. Por fortuna, funcionó muy bien, a

pesar de ser la última escena en ser implementada, facilitó mucho la labor de tener que explicar una y otra vez a cada usuario como debía pilotear el dispositivo para desplegar la experiencia, sólo bastó incluir en el tutorial una pequeña animación en pantalla de las manos moviendo en círculo el dispositivo en el momento correcto para resolverlo.

Los botones, íconos y elementos de la interfaz están diseñados y organizados en pantalla de manera horizontal, lo que, desde que se abre la experiencia, sugiere al usuario el modo de uso, y aunque los escenarios funcionan perfectamente si se gira el dispositivo a modo vertical, a nivel narrativo todo está diseñado para una visión panorámica horizontal. Cabe anotar que ningún usuario intentó probar la experiencia en modo vertical, lo que evidencia que sugerir un modo de uso desde la pantalla principal misma funciona adecuadamente para que la experiencia sea experimentada del modo esperado.

Evidentemente nuestro viaje narrativo no podría articularse de la misma forma sin la participación de los *Personajes*, después de todo, son los actores principales que mediante sus acciones traen a la vida esta narración. *Occular*, la nave que abordamos y guía auditiva, es percibida casi en su totalidad como un narrador en off que nunca vemos, y a pesar de que pasa por diferentes conflictos en toda la narración, no podemos percibir sus emociones en la voz sintética que tiene, principalmente porque no fue posible imprimir las emociones necesarias en una voz generada digitalmente. En defensa de *Occular*, podría argumentarse que es una máquina que puede carecer del tinte emocional en su voz.

Los usuarios parecen conectar de manera exitosa con *Pulsar*, el personaje que nos guía a lo largo de toda la narración, lamentan con pequeñas expresiones los accidentes por los que este pasa y la mayoría lo sigue de manera exitosa por toda la experiencia. Esto pudo evidenciarse principalmente en una prueba que se hizo en un evento de inducción con 20 estudiantes de primer semestre de ingeniería en la Universidad de San Buenaventura Medellín, donde varios probaron un prototipo de la experiencia y pudieron interactuar brevemente con nuestro personaje. Algunos usuarios manifiestan que nuestro

personaje guía se les pierde en ocasiones y comienza rápidamente a girar el dispositivo para saber dónde podría estar.

Podría ser fácil perderse por su puesto si el usuario no está lo suficientemente atento, aunque aquí el responsable puede ser también el tamaño de la pantalla, el cual puede ser un limitante y una ventaja a la vez. Como limitante, los elementos virtuales que vemos en la pantalla pueden perder detalle con la distancia del usuario a ellos, también pueden perderse algunas sutilezas en la animación, sobre todo si este está mirando a otro lado de la escena. En una película, esto se puede resolver con planos de cámara específicos que ayuden a que el espectador no pierda ese elemento importante de la acción que debe ser mostrado. Por el otro lado, existe la ventaja de que la pantalla constriñe lo que el usuario ve a una pequeña porción del mundo a la vez, lo que aún nos da la flexibilidad de hacer aparecer elementos desde fuera de este pequeño marco de visión, o usar el recurso de sorpresa al hacer que se encuentre cosas que no esperaba en un giro de cámara. Del mismo modo, una experiencia que funciona en un dispositivo pequeño y personal genera una conexión íntima con quien la experimenta, ya que no se trata de una experiencia colectiva, por el contrario, cada usuario maneja su propia versión de la narración al apropiarse del control y la forma como quiere experimentarla.

Es así como, con todos los componentes en su lugar y todos los instrumentos calibrados, esta nave de la narración en realidad aumentada puede por fin despegar al cosmos de la astrofísica, donde usando el intrigante concepto, meramente teórico, de los agujeros de gusano, nos transportamos al espacio exterior. Al llegar allí, un enigmático y gigante agujero negro se roba nuestro tiempo, tanto que, al llegar de nuevo a la tierra, han pasado muchos años ya, tantos que nuestro planeta no ha podido soportar. El último lugar y escena final de nuestra experiencia es precisamente una reflexión acerca del futuro de la tierra, acerca de lo que puede pasar si continuamos la escalada de destrucción de los recursos naturales, un mensaje que invita a pensar un poco en lo que podría ser y en lo que se puede cambiar ahora.

Finalmente, cabe anotar que, a pesar de que nuestra narración en realidad aumentada posee gráficos en tres dimensiones, tratar de representar algunos conceptos como la explicación del funcionamiento del agujero de gusano y como se dobla el espacio tiempo, se siguen mostrando con un plano en dos dimensiones, debido a que es más fácil de comprender de esa forma, incluso estando en el espacio 3D. Desde el punto de vista gráfico, *Univerzoom* usa representaciones artísticas para ilustrar estos conceptos científicos abstractos, usando como referente algunas visualizaciones científicas, películas y series de televisión, que ilustran cómo se supone que se ven estos fenómenos en el mundo real.

Instalación Facultad de Artes Universidad de Antioquia

Para esta presentación, se preparó una instalación, con los siguientes elementos comunicativos impresos: un póster, que contenía una breve reseña y objetivos de la investigación, a manera de invitación a interactuar con la narración; un pedestal como base para un teléfono móvil con audífonos para que los asistentes interactuaran con la experiencia. También se dispuso una pantalla y un computador, para que los usuarios que no estaban interactuando en el momento pudieran ver una versión pregrabada en video de la narración, evidentemente sin el componente interactivo (ver Figura 35). Además, también se proporcionó un código QR, para que los usuarios pudieran descargar la experiencia en sus propios teléfonos móviles.

Figura 35. Instalación de *Univezoom* en el bloque de Artes de la Universidad de Antioquia.



El público estuvo conformado por estudiantes de Artes Plásticas de la Universidad de Antioquia, quienes de manera entusiasta participaron en las pruebas, incluso algunos estuvieron de manera remota por videoconferencia, todo esto dentro del espacio de uno de los seminarios de mi asesora, la profesora Isabel Cristina Restrepo (ver Figura 36).

Figura 36. Interacción de los estudiantes de Artes con *Univezoom*.



Después de la muestra y de la interacción de los participantes, se obtuvieron comentarios positivos acerca de la experiencia en general, como los mencionados a continuación:

“El juego está genial, yo ya sabía conceptos básicos de todo, por los creadores de contenido que sigo generalmente, pero llegar, verlo y escucharlo en primera persona se siente muy genial, la historia me atrapó bastante.” - Silvana Londoño.

“La verdad es una experiencia nueva en términos sensoriales y físicos, es agradable, es divertida, es un poco como aislarse de la vida real y sumergirse en el otro mundo que te están proponiendo.”
- Juan Restrepo.

Se evidenció, sin embargo, que, a pesar de contar con la narración pregrabada como video en la pantalla, todos los usuarios esperaban participar, pero sólo había un teléfono móvil, por lo que se hace necesario para futuras presentaciones contar con más de un dispositivo para que varios puedan participar simultáneamente. También se considera para futuros eventos, transmitir de manera simultánea a un televisor el contenido de la pantalla del móvil en tiempo real de quien está interactuando en ese momento, aunque algunos mencionan que no sería lo mismo, en palabras de un usuario: “la experiencia es otra cosa, algo que el video no puede tener”.

Muestra Académica en el Marco de la Novena Edición de Ecologías Digitales: Presencias y Co-creación en la Virtualidad.

Figura 37. Visión general del montaje en Ecologías Digitales



Figura 38. Imágenes de algunas escenas expuestas como cuadros impresos.



La participación en este evento fue sin duda un espacio valioso de validación para la experiencia con los diferentes asistentes, quienes pudieron interactuar en el espacio virtual de esta narrativa. Varios de los asistentes resaltaron lo innovadora de la propuesta y la forma dinámica como se desenvuelve la narración, incluyendo al secretario de Cultura de Medellín, Álvaro Narváez, quién interactuó directamente con la experiencia e hizo su propio registro de la forma como experimentaba la narración (ver Figura 39). Esto último, el hecho de grabar la pantalla mientras se experimenta la narración, evidenció el interés de los usuarios por el contenido que veían y la forma como este contenido se fusionaba con el mundo físico, a tal punto de querer capturarlo cuando no tenían un móvil compatible para instalar la aplicación y llevársela con ellos.

Figura 39. Secretario de Cultura de Medellín, Álvaro Narváez, Interactuando con *Univerzoom*



Figura 40. Cubrimiento TeleMedellín



Figura 41. Asistentes interactuando con *Univerzoom*



El registro en video de la experiencia también tuvo su factor protagónico, ya que el proyecto parece tener la posibilidad de llegar a varios públicos en distintos formatos, algunos niños por ejemplo se conectaron con el registro en video para en la exposición (ver Figura 42).

Figura 42. *Univerzoom* captó incluso la atención de niños asistentes.



Además del espacio de validación y exposición que tuvo la propuesta, el evento fue una invitación a la reflexión sobre la creación en la virtualidad, al tener la oportunidad de dar unas palabras iniciales en la apertura del evento, en representación de los artistas participantes, surgió una reflexión del tránsito que sufrió el proyecto desde la concepción inicial hasta el resultado. Cuando se planteó inicialmente *Univerzoom*, tenía un objetivo claro: contar una historia de divulgación científica que pudiera llegar a las masas, y para lograr esto, la primera posibilidad de divulgación fue atar la experiencia a un lugar de ciencia, al Planetario de Medellín. La idea era usar la tecnología de realidad aumentada para complementar las atracciones físicas del planetario con una narrativa complementaria que sucedía en

otra dimensión: el espacio virtual. Pero luego llegó la pandemia y con ello la adopción global de la virtualidad, se cerraron los lugares, los espacios y de paso, la vinculación de mi proyecto a las instalaciones físicas del planetario. Fue necesario entonces renunciar a una locación geográfica en particular y en su lugar usar cualquier espacio, si las personas no podían ir a un lugar a experimentar la narración, la narración usaría la virtualidad para ir a ellos y habitar sus propios espacios. La tecnología seguía siendo la realidad aumentada, pero el estímulo que la detonaba no eran ahora atracciones museísticas, sino el espacio propio que las personas habitaban y con esto, una posibilidad mucho mayor de divulgación, potenciada por las ahora populares posibilidades digitales.

Figura 43. Intervención sobre la creación en la virtualidad



Cuando llega la posibilidad de participar en este evento de Ecologías Digitales, volviendo ahora a la presencialidad, la profesora Isabel Cristina Restrepo me preguntó sobre los elementos físicos que necesitaba para la participación, y mi primera respuesta fue: nada. *¿Nada Luis, en serio?*, evidentemente al venir de la ingeniería y de un mundo de creación digital, que no tiene cuerpo físico, todos estos montajes artísticos eran ajenos a mi experiencia de cómo una obra de estas debe presentarse. Empezaron entonces a aparecer elementos impresos, a pensar en una instalación en el espacio físico, en la materialidad tangible, como si la propuesta de creación en virtualidad de repente ganara cuerpo tangible nuevamente, el cuerpo material que había dejado atrás antes de la pandemia.

El evento tuvo cubrimiento de diferentes medios, como Telemedellín, la Secretaría de Cultura y Medios locales como el canal de la comuna 13, que realizaron notas de prensa del evento y se tuvo la posibilidad de divulgar un poco más el proyecto:



[Ir a la nota](#)

Nota de prensa Canal Comuna 13



[Ir a la nota](#)

Cubrimiento Secretaría de Cultura Ciudadana de Medellín.



[Ir a la nota](#)

Noticia Portal de Medellín.gov



[Ir a la nota](#)

Noticia el Confidencial Colombia

Publicación de la Experiencia como Aplicación en la *Google Play Store*

El último paso de validación que pasó la experiencia fue la aceptación de su publicación por parte de Google en la tienda de aplicaciones oficial de Android, la Google Play Store. Luego de 20 días de ser sometida, se recibió la confirmación de la publicación a nivel mundial, se hizo de esta forma a pesar de que la aplicación sólo está en español, pero considerando no dejar por fuera a hispanohablantes que pudieran estar en otros países donde no se hable español oficialmente.

A continuación, relacionamos la ficha general de la aplicación, con las métricas actuales de alcance regional, calificación promedio y porcentaje de fallas (Ver Figura 44):

Figura 44. Ficha técnica de *Univerzoom* en Google Play Store

Panel



Univerzoom: Misión al Universo

com.EALOAnimation.Univerzoom · [Ver en Google Play](#)

Producción

Activo · 6 dispositivos activos · 176 países o regiones

Adquisición de usuarios nuevos

Adquisición de usuarios nuevos ⓘ

12



— Adquisición de usuarios nuevos

— Usuarios nuevos adquiridos (promedio móvil de 30 días)

Calificación diaria

Calificación promedio ⓘ

5 ★



— Calificación promedio

Fallas y ANR

Fallas y ANR ⓘ

0



— Fallas — ANR

Rendimiento de la ficha de Play Store

Adquisiciones derivadas de la ficha de Play Store ⓘ
















10

Porcentaje de conversiones derivadas de la ficha de Play Store ⓘ

100 % +100 % ▲

Por último, incluimos algunos comentarios de los usuarios que instalaron la aplicación directamente desde la tienda oficial (Ver Figura 46):

Figura 45. Comentarios de los usuarios

-  Lina María Galvis Bernal · 17 abr 2022, 13:22 ·  1  0  
- Dispositivo: [Huawei HUAWEI P30](#) Idioma del dispositivo: Español Código de versión de la app: 1 Nombre de versión de la app: 1.0 Versión de Android: Android 10 (SDK 29)
- ★★★★★
- Una manera simple para explicar conceptos complejos. Muy buena narrativa y experiencia de usuario. Deja una reflexión final que va más allá del propósito inicial.
-
-  Darwin Betancur · 15 abr 2022, 22:10 ·  0  0  
- Dispositivo: [Samsung Galaxy M52 5G](#) Idioma del dispositivo: Inglés Código de versión de la app: - Nombre de versión de la app: - Versión de Android: Android 11 (SDK 30)
- ★★★★★
- Traducción del Inglés - [Ocultar opinión original](#) ^
-
- Opinión original - [Abrir en Google Traductor](#)
- Nice app, augmented reality, nice animations, sticky storytelling.
-
- Buena aplicación, realidad aumentada, buenas animaciones, narración pegajosa.
-
-  sara galvis · 16 abr 2022, 11:11 ·  1  0  
- Dispositivo: [Huawei HUAWEI P30](#) Idioma del dispositivo: Español Código de versión de la app: 1 Nombre de versión de la app: 1.0 Versión de Android: Android 9 (SDK 28)
- ★★★★★
- Muy divertido



Se puede descargar la aplicación dando click [aquí](#)

Conclusiones

Luego de transitar por las diferentes etapas del desarrollo de este proyecto y de la realización de diferentes reflexiones, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

La tecnología de realidad aumentada, que fusiona objetos virtuales con entornos del mundo físico usando un teléfono móvil, abre nuevas posibilidades narrativas al permitir que objetos 3D, imágenes, animaciones, sonidos y efectos visuales sirvan de soporte para materializar una narración en forma de experiencia interactiva, en donde el usuario puede navegar con un alto grado de libertad. Al transferir el control de la cámara al usuario, este puede navegar por el espacio virtual simulado, al mismo tiempo que se mueve por el entorno que habita y mientras lo hace, se encuentra con personajes, conflictos y una aventura que lo relaciona con conceptos científicos generales de Astrofísica. Esta narración presenta de manera muy sutil los conceptos de *Agujeros de Gusano*, *Agujeros Negros* y *Relatividad General*, ilustrando principalmente sus principales consecuencias, para mantener al mismo tiempo una narración entretenida que pueda mantener “enganchada” a la audiencia el mayor tiempo posible. Además, la experiencia incluye una documentación en texto más detallada, accesible desde el menú principal, para el usuario que quiera ahondar un poco más en estos conceptos, con el fin de despertar también el interés, la disposición y curiosidad de las personas hacia la ciencia en general.

En relación con la pregunta sobre las posibilidades narrativas de la realidad aumentada que permitan desarrollar una animación 3D interactiva para la divulgación de la ciencia en temas de Astrofísica, podemos establecer una serie de conclusiones destacando principalmente la identificación de una serie de elementos tecnológicos, conceptuales y estéticos que son importantes al momento de construir una narración en realidad aumentada. En primer lugar, encontramos los cinco componentes de *John Maze* para una estructura narrativa en entornos virtuales, que, aunque no están planteadas propiamente para entornos de realidad aumentada, fueron puestas en práctica en el desarrollo creativo de la obra y probaron funcionar adecuadamente. Son estas, el *Trasfondo* o significado inherente de los

espacios virtuales, *La Superposición Narrativa* o la forma cómo se influyen estos espacios, *el Entorno* o diseño del set donde ocurre la narración, *la Navegación* o libertad guiada de tránsito del usuario por el mundo virtual y *la Interacción* o grado de elección que se puede tener en la experiencia. En cuanto a los elementos tecnológicos requeridos, encontramos las tres características de *Ronald Azuma*: tener la posibilidad de *combinar el mundo virtual con el mundo físico* a través de un dispositivo móvil, brindar *interactividad* o respuesta del contenido a las entradas del usuario en tiempo real y poder usar *gráficos en tercera dimensión*. Por último, encontramos siete elementos determinados a partir del análisis de diez obras de diferentes formatos, entre realidad aumentada, series de televisión y películas. El primero de los elementos es un *Tutorial* que ayude al usuario a entender cómo navegar la experiencia, la inclusión de *Personajes* que hacen avanzar la narración, el manejo de la *Duración* de los eventos, el *Componente Lúdico* y el *Potencial Auditivo* como refuerzo y complemento narrativo. También nos encontramos la *Navegabilidad Corporal* o la presencia corporal del usuario en la narración para transitar por ella y por último, pero no menos importante, el *Valor Comunicativo de los Componentes Gráficos* que se refiere a el tipo de gráficos y la forma como aportan significado a la narración.

Estos elementos fueron utilizados en la narrativa de *Univerzoom* de la siguiente forma: primero, se estableció el cimiento tecnológico para soportar la experiencia, aquí entraron las características de *Ronald Azuma*, mediante el uso de la tecnología de realidad aumentada se logró *combinar el mundo físico con el mundo virtual* para desplegar nuestro universo. El uso de *gráficos tridimensionales* permitió construir espacialmente los personajes y escenarios de nuestra propuesta. La *interactividad* vino de la mano de los botones de acción en la escena que permiten al usuario avanzar en la narración, de la lectura continua de la posición de éste y de la dirección hacia dónde apunta su dispositivo en todo momento, para generar las respuestas narrativas a estas acciones.

A continuación, se integraron los cinco componentes enunciados por *John Maze*, empezando por construir los *Entornos* o escenarios donde ocurre toda la narración, así como la elección adecuada de los

objetos que los iban a constituir, para poder contar visualmente lo que esta experiencia necesitaba comunicar. Luego, el *Trasfondo* permitió matizar con un significado estos escenarios y personajes, con el uso de texturas desgastadas, por ejemplo, lo que nos dice que estos personajes ya han pasado por aventuras pasadas y que el tiempo ha dejado su marca. También, el hecho de que los personajes y construcciones sean robóticas y artificiales nos dice algo, que tal vez sean una forma de vida del futuro, o de otro planeta, habla un poco de la misión que debemos realizar, de la que ya ellos saben con antelación el resultado: la destrucción del planeta por parte de la humanidad. La *Superposición Narrativa* la encontramos principalmente en el tinte de color dominante en cada una de las escenas, así, en nuestra primera misión al espacio dominan los tintes azules, una calma antes del accidente que desencadena el conflicto. En la escena del Agujero Negro, el tinte dominante es el rojo y los naranjas, asociado con la sangre y el fuego, principalmente para acentuar la incomodidad en el usuario y finalmente en la escena de la tierra desolada, los tonos verdes, de veneno, lluvia ácida y contaminación. Luego está la *navegación*, es lo que permite que el usuario pueda transitar por toda la narración hasta el final, guiado por *Pulsar*, uno de los personajes, y por un sistema visual, simulando la interfaz de la nave espacial en la que está, le marca en todo momento donde está el siguiente objetivo, así como la distancia real en el espacio a la que éste se encuentra. Finalmente tenemos la *interacción*, un elemento común con lo planteado por Ronald Azuma que refuerza el rol necesario de la participación del usuario en este tipo de experiencia.

Finalmente están las siete características determinadas del análisis de referentes: la experiencia inicia con un *Tutorial*, guiado por *Occular*, uno de nuestros personajes principales, que enseña al usuario como desplegar el mundo de la realidad aumentada, esta característica fue esencial para que los usuarios pudieran desplegar el universo virtual sin ninguna orientación de nuestra parte. Los *personajes*, *Occular*, *Pulsar* e *IO*, son los encargados de transmitir principalmente la narración al usuario, así como los conceptos de astrofísica que queríamos transmitir. Todas las escenas son de *duración* variable, ya que esperan que el usuario encuentre como seguir avanzando y para esto, hay animaciones cíclicas que no rompen la

ilusión en los tiempos de espera, de hecho, al pasar un tiempo sin interacción, *Occular* vuelve a intervenir para alentar al usuario a continuar. El *componente lúdico* está presente en toda la experiencia, invitar al usuario a moverse mediante una *navegación corporal* en un viaje simulado por el espacio, mientras resuelve un conflicto, como lo haría en un juego, parece generar buen nivel de “enganche” con el contenido propuesto. Además, la conexión e inmersión con este contenido está dada también en gran medida por el *valor comunicativo de los componentes gráficos utilizados*, la calidad y el nivel de detalle de los objetos y escenarios, así como el rol del *audio* y su potencial para reforzar la narración y los niveles de inmersión, mediante el uso de efectos de sonido y los temas musicales elegidos.

Después de aplicar estos elementos en el desarrollo de la narrativa en *Univerzoom* se observa que todos estos elementos combinados pueden ayudar en la construcción de una experiencia animada en realidad aumentada para la divulgación científica. *Univerzoom* tiene tanto en su despliegue tecnológico como narrativo la capacidad de despertar la *chispa del asombro* en el usuario, usando los temas de astrofísica seleccionados como una experiencia estética detonante que llama la atención de los usuarios y propicia su interés por las temáticas científicas del proyecto, esperando de esta forma convertirse en motivación para que los usuarios profundicen sobre la temática posteriormente.

Una narración en realidad aumentada trae al usuario condiciones especiales de experimentación con el contenido, trae la posibilidad de recuperar de alguna forma la tridimensionalidad y espacialidad de la narración, es decir, ya no es un espectador que está sentado en las butacas, ahora, da un paso al frente, como un actor participante más allá de la cuarta pared bidimensional. Reclama nuevamente algo del espacio tridimensional, lo habita y lo recorre, pero es importante llevarlo de la mano, hacerlo transitar por la trama en un viaje de descubrimiento, donde debe recoger los fragmentos de la narración impregnados en el espacio virtual.

Para los ojos de terceros, los no interactores, nuestro usuario es un espectador que camina de un lado a otro con un dispositivo tecnológico, que sólo ve el mundo virtual de la narración por una pequeña

ventana, la ventana del dispositivo, que sólo ve este otro mundo a través del pequeño ojo de una cerradura. Para el usuario interactor, él es parte del mundo virtual, desde el momento en que mueve el dispositivo a su alrededor explorando el mundo digital que lo rodea, puede dibujar para sí un universo persistente que se mantiene allí aunque el sólo vea una pequeña porción a la vez, su mente ya tiene el entorno representado y la utilización de su corporalidad para desplazarse por este espacio completan su pacto con esta narración.

Aunque pueda parecer que navegar por una narrativa inmersiva de este tipo deja muchas cosas al azar, a la probabilidad que el usuario mire o esté en el lugar adecuado en el tiempo adecuado, los componentes mencionados anteriormente pueden ayudar a que la narrativa esté presente en el lugar, lista para ser descubierta. Pero no es una receta perfecta, para lograr una mejor integración con la estética de la narración, el sistema de orientación o navegación implementado debería estar en el mismo lenguaje estético de la propuesta, para que no parezca una ayuda superpuesta que vino a auxiliar a el usuario desde afuera de la narración.

Una narrativa digital, incluyendo ésta en particular en entornos de realidad aumentada, ha abierto también la posibilidad a nuevas formas de contar historias, quizá más allá de algo previamente planeado a través de un guion; hablamos de contenidos generados automáticamente con la incorporación de conceptos como la inteligencia artificial y el aprendizaje de máquina (machine learning). Tendríamos entonces tramas generativas que se reconfiguran a partir de las decisiones del usuario, pero al mismo tiempo, ramificaciones narrativas que se desprenden de los hábitos de navegación de este. Esto no sólo abarca a la creación de la narración, que en últimas puede ser construida automáticamente por la máquina, mediante su aprendizaje basado en una base de datos de formas y estilos narrativos, sino que también puede extenderse a los escenarios donde ésta sucede. La máquina podría entonces alimentarse de una base de datos de objetos tridimensionales e ir construyendo de manera generativa un escenario

en tiempo real según lo que la narración en tiempo real vaya desarrollando, el resultado sería una expresión narrativa personalizada e íntima para cada usuario que la experimente.

Abordando un poco lo que una narrativa de este tipo propone desde el punto de vista pedagógico, aunque no es el foco principal de esta investigación, hay perspectivas de aprendizaje vivencial desde la filosofía y la pedagogía, que producen nuevas vivencias y acercan lo abstracto, o más bien lejano, de los elementos, en tanto no están en una realidad tan tangible como lo son los conceptos astrofísicos. Al generar representaciones creativas desde estos medios, se podría esbozar que se generan experiencias estéticas simuladas que derivan en la reflexión y el entendimiento desde el entretenimiento, al sumergir al usuario en estas temáticas.

El título del proyecto, *Univerzoom*, se compone de la palabra en latín *Universum* que significa universo y de la palabra inglesa *Zoom* que es el efecto de acercamiento y alejamiento de la imagen. Combinadas se pretende dar el significado que esta narrativa podría ser una especie de acercamiento al universo, en una nueva dimensión narrativa posibilitada por la realidad aumentada. Al final, quizá pueda ser posible tener una lente más para “aumentar” las narrativas del futuro y una lente que posibilite el acercamiento científico al público.

Debido a su naturaleza mediática y fantástica, impuesta principalmente por la ciencia ficción y a conversaciones con un experto temático, se establecieron y documentaron los tres temas que dan fundamento científico a la propuesta. El primer tema son *Los Agujeros de Gusano*, que son un concepto hipotético que permiten doblar el espacio-tiempo, como al doblar una hoja de papel para hacer que dos puntos en los extremos de la hoja ahora queden uno sobre otro, pudiendo llegar al destino haciendo simplemente un hueco que conecte los dos puntos. En *Univerzoom* es posible experimentar esta explicación en el espacio virtual interactivo con la analogía de un gusano atravesando una manzana, y, además, podemos atravesar uno, el cual vemos como una esfera, por la que podemos entrar por cualquier lado y resultar finalmente en nuestro destino: el espacio exterior. En segundo lugar, están *Los Agujeros*

Negros, que son regiones del espacio-tiempo con una atracción gravitacional tan fuerte que nada, ni siquiera la luz, puede escapar. Es este fenómeno el que se interpone en nuestra misión de recuperación, cuando debemos llegar a recolectar una fuente de poder de una sonda que está a punto de ser “devorada” por este Agujero Negro. La representación visual de este fenómeno incluye aspectos como la simulación de la lente gravitacional, es decir, la distorsión en tiempo real de la luz alrededor del horizonte de sucesos, el efecto Doppler relativista y la animación del disco de acreción (ver detalles en el [Capítulo III](#) y en el aparte [creando a Hyperion, nuestro agujero negro supermasivo](#) del Capítulo IV). Finalmente está *La Relatividad General*, de la cual sólo nos interesa para este proyecto la dilatación del tiempo cerca de objetos tan masivos como los Agujero Negros, y es este concepto lo que causa que cuando llegamos de vuelta a la tierra de nuestra misión, encontremos una tierra del futuro, ya destruida por la especie humana. Es así como la interrelación y dependencia de estos tres temas nos permiten crear una narración que los conecta en un viaje simulado por el espacio-tiempo.

De las fases de producción e implementación se puede concluir también una serie de aspectos importantes para tener en cuenta en el desarrollo de este tipo de narrativas:

Para empezar, fue muy importante prototipar con objetos de prueba, cubos o esferas básicas, antes de crear los modelos, ya que es una fase donde se revisa la estabilidad de la escena con respecto al mundo físico, se evalúan las escalas y las distancias relativas de los objetos y se toman decisiones que impactan directamente al guion. Sólo cuando esta etapa brindó resultados satisfactorios se pudo seguir con las siguientes fases del proceso.

Fue muy importante conceptualizar, crear bocetos de los personajes y escenarios, aunque en este proyecto esto no se cumplió del todo, ya que, con miras a optimizar el flujo de trabajo, principalmente por lo apremiante del tiempo, se decidió conceptualizar directamente en el programa 3D. Este acercamiento no es recomendable si se aplica a un equipo de trabajo, donde el artista conceptual sea una persona diferente al modelador, o donde los artes conceptuales deban ser aprobados por alguien más, ya

que el modelado en 3D es un proceso muy costoso en tiempo, que puede perderse si el modelo resultante no está alineado con lo esperado para el proyecto.

Fue necesario ser muy eficiente en el modelado de los objetos en 3D, tratar de delegar la mayor cantidad de detalles posibles al texturizado, es decir, emular con las texturas características de los modelos para que parezcan esculpidas en la superficie, cuando en realidad son un truco óptico logrado desde la pintura, el manejo de la luz y la sombra, así los modelos quedan más livianos. Esto es importante debido a que los algoritmos de visión computacional consumen bastante proceso del dispositivo en tiempo real, y cargarlo además con modelos pesados impactaría el rendimiento, recalentaría el terminal y agotaría más rápidamente la batería.

Siguiendo con el texturizado, fue importante también crear mapas de textura que abarquen todas las características de un modelo en una sola imagen, ya que es más eficiente cargar una imagen un poco más pesada pero una sola vez, que múltiples imágenes livianas, pero varias veces.

En cuanto a la animación, se obtuvieron los mejores resultados creando pequeñas secuencias cíclicas animadas en el programa de animación y luego combinarlas en el motor de videojuegos, debido a que, si bien este último permite animar objetos de una forma básica, no es muy eficiente en la tarea, lo que generó algunos retrasos en correcciones continuas de movimientos. Sin embargo, todos los desplazamientos en sí por el espacio virtual por parte de objetos y personajes se hicieron en el motor de videojuegos directamente, para poder hacer ajustes de las posiciones finales donde se supone deberían llegar dichos objetos. Hacerlo todo en el programa de animación, habría costado un reproceso adicional cuando fuera necesario algún ajuste, debido a que habría que volver al programa de animación, hacer los cambios y exportar de vuelta al motor de videojuegos, y repetir el ciclo hasta obtener un resultado satisfactorio.

En cuanto a la programación de las interacciones fue necesario ser muy cuidadosos en la forma como se harían, ya que el código de programación a implementar debía ser lo más eficiente posible por

lo que hemos mencionado anteriormente: hay varios procesos corriendo todo el tiempo y la suma de todos puede comprometer el desempeño de la aplicación. Para los lugares a los que el usuario debe llegar, como atravesar el agujero de gusano o ubicarse en una región del espacio solicitada, se utilizó un elemento llamado *collider* dentro del motor de videojuegos, esto permite definir un área que cuando sea atravesada por un objeto, dispara una función que ejecuta un código con las instrucciones que definamos. Fue así como sabíamos en todo momento si el objeto definido, la cámara virtual (que es la que maneja el usuario), entraba en estas zonas y, por ende, sabíamos que ahí estaba el usuario también, para de esta forma seguir con la secuencia narrativa. Para los casos en donde necesitábamos saber hacia donde miraba el usuario con el dispositivo, como, por ejemplo, si había encontrado la sonda, o el agujero negro, se utilizó un código que emite una especie de línea recta desde la cámara hacia los objetos, que cuando detecta al objeto que queremos, ejecuta también una función. En este caso, lo que hacíamos era continuar con la narración que confirmaba al usuario que habíamos encontrado lo que estábamos buscando y los eventos continuaban. Este proceso de detección de mirada es algo tedioso de ejecutar, computacionalmente hablando, ya que el código debe preguntar, en cada fotograma de la aplicación, si estamos mirando al objeto que buscamos, para poder activar la respuesta en el preciso momento que el evento se da.

También se encontró que es necesario controlar la cantidad de cuadros por segundo que puede dibujar el dispositivo. Esta aplicación está limitada a 30 cuadros por segundo, ya que en pruebas con dispositivos que eran capaces de representar hasta 120 cuadros por segundo, se evidenció un significativo recalentamiento y un alto consumo de batería.

Esta investigación deja abierta entonces, la posibilidad para que nuevas investigaciones determinen elementos adicionales que puedan enriquecer aún más una narrativa en estas condiciones de realidad aumentada, que muy probablemente sucedan de la mano de los avances tecnológicos que se vayan dando en la visión computacional que hace posible esta simulación. También se abre la puerta a nuevas preguntas, acerca de si esta narrativa en realidad aumentada admite una narración de

temporalidad discontinua, alterando el orden en que se narran los eventos, por ejemplo, o ramificaciones en la narración producto de la interacción con el usuario. Aunque suponemos que son posibles, sólo la implementación probará las implicaciones que esto conlleva y si estas implicaciones generan nuevos elementos adicionales requeridos para conformar una narración de este tipo.

En cuanto a los problemas y limitantes encontrados, el principal, susceptible de mejora para futuras aplicaciones, es el mencionado por MacIntyre acerca de saber en todo momento el lugar del escenario virtual donde está ubicado el usuario y hacia donde está mirado con el dispositivo. Sobre este problema gira todo el sentido y la coherencia de la narración resultante, si el usuario pierde la guía en la navegación, puede perderse de un elemento importante. Se propone para desarrollos futuros la creación de un sistema que evalúe en todo momento la ubicación y orientación del dispositivo para hacer que los personajes guía se mantengan en el campo de visión del usuario y reducir así la posibilidad de que este pierda el hilo de los eventos. Otro problema identificado y derivado precisamente de la ubicación del usuario en el escenario es permitir los saltos temporales en la narración, ya que estos implican también un salto en el espacio la mayoría de las veces, lo que puede llevar a dejar al usuario en el lugar equivocado del espacio con respecto a la narración. Algo que podría funcionar para resolverlo sería calcular la posición en donde debería quedar el usuario con respecto a donde estaba cuando usó la función de cambio de tiempo de la narración y correr todo el escenario una distancia equivalente a esos dos puntos, para compensar el desfase espacial. Para aclarar un poco más esta alternativa, sería darle al usuario una serie de capítulos a los que puede saltar, como está en *Univerzoom* en este momento, sólo que cada capítulo tiene una posición y orientación deseada del escenario con respecto a la cámara, cuando el usuario elija un capítulo determinado, la posición y orientación del escenario con respecto a la cámara cambiará a la posición deseada que tenemos almacenada para ese capítulo.

En cuanto a las limitantes, encontramos la cantidad de dispositivos que pueden acceder a la aplicación, la renuncia a varios dispositivos móviles de gamas medias y bajas que no son compatibles con

los servicios de realidad aumentada utilizados y que además no cuentan con las prestaciones tecnológicas para correr esta tecnología, pero todo en pro de tener las condiciones narrativas que esta historia necesitaba. También está el hecho de que la aplicación necesita que la superficie a reconocer tenga textura o un patrón de algún tipo, si es un color plano uniforme, el sistema de visión computacional no detectará características para anclarse al entorno y la aplicación no funcionará correctamente.

Cabe resaltar que este tipo de aplicaciones pueden requerir un alto tiempo de producción y un costo económico alto, debido a que implican experticia en diferentes áreas tecnológicas como lo son la animación 3D, realidad virtual y aumentada, programación de software, diseño de interfaces de usuario, usabilidad y diseño sonoro. Además, se requiere un robusto flujo de trabajo que implica el uso de varias herramientas de software para completar todas las fases requeridas.

Finalmente, esperamos que esta experiencia pueda alcanzar principalmente a diferentes públicos hispanohablantes, convirtiéndose en una herramienta que usa nuevas tecnologías para hablarle directamente a estos públicos, debido a que muchas de las producciones de este tipo no vienen en español, a veces sólo con subtítulos, pero no están diseñadas directamente para el público de habla hispana. La aplicación está disponible en la tienda de aplicaciones de Google de manera gratuita, debido a que la apuesta siempre fue llevar la ciencia a las masas de una forma que empleara tecnología de avanzada pero también accesible, si bien de momento esta tecnología no está disponible en móviles de gama baja, cada día, se lanzan nuevos terminales, con mejores características a precios asequibles.

Bibliografía

- Adell, F. (2021). *Fundamentos y evolución de la multimedia » Nuevos Medios: Lev Manovich*.
<http://multimedia.uoc.edu/blogs/fem/es/fundamentos-teorias-autores-lev-manovich/>
- Alexander, B. (2011). *The New Digital Storytelling: Creating Narratives with New Media - Revised and Updated Edition*.
- Astrofísica: Introducción, Historia, Teorías físicas implicadas - Canal de Ciencias*. (2013).
<https://www.canaldeciencias.com/2013/02/08/astrofisica-introducción-historia-y-teorías/>
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. En *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* (Vol. 6).
- Barthes, R. y Duisit, L. (1975). An Introduction to the Structural Analysis of Narrative. *New Literary History*, 6(2), 237–272.
- BBC News Mundo. (2020). *Qué son los exóticos “agujeros de gusano” de Einstein y Rosen (y por qué nos podrían permitir viajar a través del tiempo y el espacio)*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-52637902>
- Belcher, J. (2001). *From the Mind’s Eye to 3D Animation: Teaching Electromagnetism with Learning Technology*. <http://www.maplesoft.com>
- Bellido, M. L. y Ruiz, D. (2012). Museos De Nueva Generación : La Pantalla Como Acceso.
museosargentinos / INVESTIGACIONES, 1–20.
- Bizzocchi, A. L. (1999). *Ciência e Cultura*. 51(1), 26–33.
- Borgdorff, H. (2006). *El debate sobre la investigación en las artes*.

<http://www.ahk.nl/lectoraten/onderzoek/>

- Cardona-Rivera, R., Sullivan, A. y Young, R. M. (2019). *Interactive Storytelling. 12th International Conference on Interactive Digital Storytelling* (R. E. Cardona-Rivera, A. Sullivan, & R. M. Young (Eds.); Vol. 11869). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-33894-7>
- Catmull, E., Cook, R. L. y Carpenter, L. (1987). The Reyes Image Rendering Architecture. En *Computer Graphics* (Vol. 21, Número 4).
- Cavazza, M. y Young, R. M. (2016). Introduction to Interactive Storytelling. En *Handbook of Digital Games and Entertainment Technologies* (pp. 1–16). Springer Singapore.
- Chapela, A. (2014). Entre ficción y ciencia: El uso de la narrativa en la enseñanza de la ciencia. *Educación Química*, 25(1), 2–6. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(14\)70516-6](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(14)70516-6)
- Cheng, K. H. y Tsai, C. C. (2013). Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. En *Journal of Science Education and Technology* (Vol. 22, Número 4, pp. 449–462). <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9>
- Craig, A. B. (2013). *Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications*.
- Dahlstrom, M. F. (2014). Using narratives and storytelling to communicate science with nonexpert audiences. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111, 13614–13620. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320645111>
- González, A. J. G. (2015). Narrativa Aumentada. *Literatura Comparada*, 5, 45–74.
- Goyannes, E. y Orrico, D. (2012). The memory of scientific divulgation: an information discourse. *Morpheus - Revista Eletrônica em Ciências Humanas*, 14.

- Green, S. J., Grorud-Colvert, K. y Mannix, H. (2018). Uniting science and stories: Perspectives on the value of storytelling for communicating science. *Facets*, 3(1), 164–173.
<https://doi.org/10.1139/facets-2016-0079>
- Grillo, S. V. de C., Giering, M. E. y Motta-Roth, D. (2016). Discourse perspectives of science divulgation/popularization. En *Bakhtiniana* (Vol. 11, Número 2, pp. 3–13).
- Handler, C. (2004). *Digital Storytelling : A Creator's Guide to Interactive Entertainment*. Elsevier.
- Handler Miller, C. (2020). Digital Storytelling: A creator's Guide to Interactive Entertainment. En *Elsevier* (4a ed., Vol. 53). CRC Press.
- Hawking, S. (1998). *A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes* (Bantam (Ed.); 10th Anniv).
- Hawking, S. (2011). *Black Holes and Baby Universes and Other Essays* (Bantam (Ed.)).
- Howell, E. (2019). *What Are Black Holes?* <https://www.space.com/15421-black-holes-facts-formation-discovery-sdcmp.html>
- Jamali, S. S., Shiratuddin, M. F. y 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.
- Johnson, G. J., Bruner, G. C. y Kumar, A. (2006). Interactivity and its facets Revisited: Theory and empirical test. *Journal of Advertising*, 35(4), 35–52. <https://doi.org/10.2753/JOA0091-3367350403>
- Joubert, M., Davis, L. y Metcalfe, J. (2019). Storytelling: the soul of science communication. *Journal of Science Communication*, 18(05), 1–5. <https://doi.org/10.22323/2.18050501>
- Kipper, Greg y Rampolla, J. (2012). Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR. En

Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR. Elsevier Inc.

<https://doi.org/10.1016/C2011-0-04606-9>

Kipper, Gregory. (2013). Chapter 1 - What Is Augmented Reality? *Augmented Reality*, 1–27.

Krueger, M. y Wilson, M. (1985). Videoplace: A Report from the Artificial Reality Laboratory. *Leonardo*, 18, 145–151.

Kyriakou, P. y Hermon, S. (2019). Can I touch this? Using Natural Interaction in a Museum Augmented Reality System. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 12(November), 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. y 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>

Lovato, A. (2019). *Diseño narrativo para AR y VR en proyectos transmedia de no ficción. XXI° Congreso de la Red de Carreras de Comunicación Social y Periodismo. Escuela de Ciencias de la Comunicación, Facultad de Humanidades (UNSa), Salta*. <https://www.aacademica.org>.

Luminet, J.-P. (1979). Image of a Spherical Black Hole with Thin Accretion Disk. *Astronomy and Astrophysics*, 75, 228–235. <http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1979A%26A....75..228L>

MacIntyre, B., Bolter, J. D., Moreno, E. y Hannigan, B. (2001). Augmented reality as a new media experience. *Proceedings - IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality, ISAR 2001*, 197–206. <https://doi.org/10.1109/ISAR.2001.970538>

Marques, D. y Costello, R. (2015). Skin & bones: an artistic repair of a science exhibition by a mobile app. *Midas*, 5.

Martinez, M. (2014). *Augmented Reality Narratives: Homonculus: A Story at the Threshold Between Physical and Virtual Worlds*.

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>

McKenzie, J. y Darnell, D. (2003). The eye magic book. *Centre for Children's Literature*, 1–57.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. y Kishino, F. (1995). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 282–292. <https://doi.org/10.1117/12.197321>

Muller, D. (2019). *Cómo Entender la Imagen de un Agujero Negro*.

<https://www.youtube.com/watch?v=zUyH3XhplTo&t=305s>

Museo de Antioquia. (2017). *+Museo, la aplicación que ampliará tu experiencia en nuestras salas*.

<https://www.museodeantioquia.co/noticia/museo-la-aplicacion-que-ampliara-tu-experiencia-en-nuestras-salas/>

Museo de Arte Contemporáneo de Bogotá. (2018). *TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN - Museo de arte contemporaneo Bogota*. <http://www.mac.org.co/proyectos/tecnologia-e-innovacion>

Museo Trick Eye. (2015). *Museo Trick Eye*. <https://trickeye.com/mexico/ARFeature>

NASA. (2014). *What Is a Black Hole?* <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa->

knows/what-is-a-black-hole-58.html

NASA Jet Propulsion Laboratory. (2012). *Spacecraft 3D App*. <https://apps.apple.com/us/app/spacecraft-3d/id541089908?ign-mpt=uo%3D4>

Olivera, M. B. (2004). *Science popularization as a study subject*.

Pursuit of Wonder. (2020). *Falling Into A Black Hole - A Guided Experience*.

<https://www.youtube.com/watch?v=Y9PhWggKoz8>

Rafaeli, S. (1988). Interactivity: From new media to communication. En *Sage Annual Review of Communication Research: Advancing Communication Science* (Vol. 16, pp. 111–134).

Revista Semana. (2020). *Colombianos se midieron a crear soluciones de realidad virtual y son un éxito*.

<https://www.semana.com/emprendimiento/articulo/emprendimientos-colombianos-con-soluciones-de-realidad-virtual-y-aumentada/291802/>

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. y Marie-Laure, R. (2014). *The Johns Hopkins Guide To Digital Media*. Johns Hopkins University Press.

Rolando, F. L. (2016). Nuevas formas narrativas en tiempos de realidad aumentada. *Reflexión Académica en Diseño y Comunicación*, 27, 167–169.

Sagan, C. (1997). *El Mundo y Sus Demonios*. Planeta.

Saniz, L. (2008). El esquema actancial explicado. *Punto Cero*, 13(16), 97–97.

<https://www.redalyc.org/pdf/4218/421839608011.pdf>

- Scatteia, L. y 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. y Sanchez-Vives, M. V. (2009). How we experience immersive virtual environments: The concept of presence and its measurement. En *Anuario de Psicología* (Vol. 40, Número 2, pp. 193–210).
- Steuer, J. (1992). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73–93. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>
- Thomas, F. y Johnston, O. (1995). *The illusion of life: Disney animation*. Abbeville Press.
- Thorne, K. (2014). *The Science of Interstellar* (W. W. Norton & Company (Ed.); Illustrate).
- Universia. (2015). *UNAL: Sede Medellín lanza versión virtual de su museo de insectos*.
<https://noticias.universia.net.co/cultura/noticia/2015/04/29/1124191/unal-sede-medellin-lanza-version-virtual-museo-insectos.html>
- 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*.
- Wei-Hass, M. (s/f). *Black Holes, explained*. Recuperado el 26 de julio de 2021, de
<https://www.nationalgeographic.com/science/article/black-holes>
- Within Unlimited, I. (2018). *Wonderscope*. <https://apps.apple.com/us/app/wonderscope/id1437417679>
- Woods, E., Billingham, M., Looser, J., Aldridge, G., Brown, D., Game, B. y Nelles, C. (2004). Augmenting the science centre and museum experience. *Proceedings GRAPHITE 2004 - 2nd International*

Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques in Australasia and Southeast Asia, May, 230–236.

Wu, H.-K. y Shah, P. (2004). Exploring Visuospatial Thinking in Chemistry Learning. *Wiley Periodicals, Inc. Sci Ed, 88*, 465–492. <https://doi.org/10.1002/sce.10126>

Yilmaz, R. M. y Goktas, Y. (2017). Using augmented reality technology in storytelling activities: examining elementary students' narrative skill and creativity. *Virtual Reality, 21(2)*, 75–89.

Zaman, H. B. y Abas, H. (2010). *Digital Storytelling Design with Augmented Reality Technology for Remedial Students in Learning Bahasa Melayu.*

Anexo 1: Tabla de Análisis de Referentes

| Referente | Referencias | Medio | Tema | Estructura Narrativa | Narrador | Personajes | Acciones | Escenarios |
|--------------------------------|--|--|--|---|-----------------|---|--|---|
| Wonderscope | https://www.youtube.com/watch?v=vqN3Rjv6nk&t=43s https://www.youtube.com/watch?v=jkNpC2pzaQA | App dispositivos móviles | Viajes cósmicos, historia de acróbatas, cuentos infantiles | Estructura lineal clásica: inicio, conflicto y desenlace | Primera persona | Principales: Los sorprendentes acróbatas | <p>1. Hay una especie de tutorial al principio para que el usuario se familiarice con el funcionamiento de la experiencia y cómo debe usar el dispositivo. (algo similar debe ir en el proyecto antes de comenzar con la narración)</p> <p>2. Menú donde se seleccionan las historias.</p> <p>3. Al seleccionar la historia "acróbatas asombrosos", una plataforma entra flotando y una voz en off indica al usuario que debe buscar un lugar despejado y preferiblemente con "patrones" para que la experiencia funcione mejor.</p> <p>4. La plataforma aterriza y se sumerge "bajo el piso" del lugar del mundo real elegido, luego de esto, los personajes emergen desde el piso y comienza la acción.</p> <p>5. Uno de los acróbatas habla al usuario y le explica que para continuar es necesario que repita las palabras que aparecen en pantalla.</p> <p>6. El acróbata cuenta su historia y muestra al usuario lo que es capaz de hacer, en este momento, el escenario se despliega para hacer esto posible.</p> <p>7. La narración concluye cuando cada uno de los tres acróbatas cuenta su historia.</p> | Hangar de aviones, Cascada, Circuito ferroviario |
| Omaha Beach | https://www.youtube.com/watch?v=dijRq7GCRC4 | App dispositivos móviles | Día D: Desembarco en las playas de Normandía, Segunda guerra mundial | Estructura lineal, los eventos se narran en orden cronológico | Tercera persona | Principales: Los soldados | <p>1. Ir al lugar físico donde funciona la experiencia, las playas de Normandía - Francia</p> <p>2. Abrir la aplicación en el teléfono móvil y apuntar con la cámara a la playa.</p> <p>3. Los vehículos anfibios y tropas comienzan el desembarco y asedio sobre la playa. El narrador describe los acontecimientos</p> <p>4. Se presenta el conflicto y la batalla.</p> <p>5. No hay información de cómo termina la experiencia</p> | Playa de Normandía "Omaha Beach" |
| Carletto the Spider | Lombardo, V., & Damiano, R. (2012). Storytelling on mobile devices for cultural heritage. New Review of Hypermedia and Multimedia, 18(1-2), 11-35. 10.1080/13614568.2012.617846 | Artículo, App dispositivos móviles (PDA) | Recorrido informativo por el histórico "Palazzo Chiabrese" | Estructura no lineal, los usuarios pueden recorrer en diferente orden las salas, lo que entrega una narración organizada de manera diferente. | Primera persona | Principales: Carletto, Los Aseadores (aunque no se puede determinar si estos últimos son antagonistas figurados o realmente se ven como personajes en la narración) | <p>1. El usuario abre la aplicación en la PDA</p> <p>2. Carletto se presenta y comienza una explicación general</p> <p>3. El sistema detecta la habitación donde se encuentra y Carletto comienza a describir los diferentes elementos que se encuentran en las paredes, en orden.</p> <p>4. Aleatoriamente cuenta datos curiosos e historias relacionadas, la cuales marca internamente como "entregadas", para no repetirlos.</p> <p>5. Si el usuario se queda mucho tiempo en la misma sala o el sistema deja de detectarlo, Carletto lo invita a otra habitación, para poder recuperar el control.</p> <p>6. Cuando el usuario se dirige a la salida, Carletto cambia al modo de despedida y agradece por la visita.</p> | Palazzo Chiabrese, Turin, Italia |
| Little Red Riding Hood AR book | https://www.youtube.com/watch?v=F2ieduC3wCI | App dispositivos móviles | Cuento en RA de "Caperucita Roja" | Estructura lineal clásica: inicio, conflicto y desenlace | Primera persona | Principales: Caperucita, el lobo. Secundarios: La abuela, el cazador | <p>1. El usuario descarga la aplicación que complementa al libro (El libro físico es necesario para que la experiencia funcione).</p> <p>2. Al apuntar con la cámara del móvil a las páginas del libro, los personajes y escenarios aparecen en RA.</p> <p>3. Caperucita cuenta como debe viajar por el bosque a llevar una canasta a la abuelita.</p> <p>4. En cada página del camino, invita al usuario a hacer pequeñas acciones que le ayuden a llegar a su destino por medio de indicaciones de voz.</p> <p>5. El lobo reemplaza a la abuelita y tiene su encuentro con Caperucita.</p> <p>6. Una vez resuelto el conflicto, Caperucita, la abuelita y el cazador bailan todos en una tarima.</p> | El bosque, la habitación de la abuelita, la tarima de baile |

| Referente | Elementos de la narración | Elementos de interacción | Elementos visuales |
|--------------------------------|--|--|--|
| Wonderscope | <p>Los personajes interactúan con el usuario y esperan su entrada de voz para seguir con la narración.</p> <p>Conocemos acerca de los personajes a partir de las acciones que ejecutan y las situaciones en las que se ven inmersos.</p> <p>Los escenarios de la historia se fusionan en la pantalla con el mundo real, lo que provoca que el usuario se sienta inmerso en la narración.</p> <p>La escala de los escenarios se extiende en un gran área, lo que hace que el usuario tenga que desplazarse o girar bastante el dispositivo, al parecer esto funciona porque los usuarios no se pierden en la historia.</p> <p>Es evidente que el uso de un personaje mejora la conexión con el usuario y las pausas esperando por entradas del usuario le dan participación</p> | <p>La aplicación cuenta con reconocimiento de voz, que es el elemento principal de interacción.</p> <p>Los personajes preguntan cosas al usuario y se muestra un texto en pantalla que el usuario debe leer para que los primeros puedan continuar con sus acciones.</p> <p>La aplicación activa la siguiente animación una vez reconoce satisfactoriamente la entrada de voz.</p> <p>Se puede interactuar con el punto de vista de la escena, girando el dispositivo a través de la misma.</p> | <p>Gráficos 3D, principalmente en bajos polígonos.</p> <p>Los personajes y escenarios tienen un diseño principalmente enfocados en el público infantil, de apariencia tipo cartoon.</p> <p>Texturas y materiales muy simples y colores sólidos principalmente, usan uno que otro efecto básico en los materiales.</p> <p>Hay representación de sombras sobre el mundo real, lo que quiere decir que pueden estar utilizando alguna clase de "matte shadow" en un material invisible que hace de piso.</p> <p>Las narraciones de voz de los personajes son mostradas en forma de texto en pantalla, al igual que lo que el usuario debe leer para continuar con las acciones.</p> |
| Omaha Beach | <p>El usuario queda inmerso en la narración ya que personajes y vehículos aparecen por toda la escena. El usuario tiene total control de hacia dónde mirar.</p> <p>Como la narración le ocurre a un colectivo de personajes, la libertad de navegar con la cámara no es un problema, ya que no hay hechos específicos que el usuario pueda perderse, todo ocurre a nivel global.</p> <p>La narración no involucra de ninguna manera al usuario en cómo se desarrollan los eventos, este es un simple espectador.</p> | <p>El público es sólo un espectador y no puede cambiar el flujo de eventos de ninguna forma.</p> <p>Hay una interfaz en la pantalla, con iconos, donde es posible seleccionar el tipo de vista de la experiencia: vista al nivel de la tierra, visión "de pájaro" y visión de mapa. Es posible ajustar el zoom de la cámara y no necesariamente meterse al agua para ver más cerca a los soldados y vehículos que desembarcan en la costa.</p> <p>Hay vínculos de hipertexto ubicados espacialmente que al ser seleccionados, detienen la experiencia y aparecen textos en pantalla. También hay enlaces a sitios de internet para ampliar la información.</p> | <p>Gráficos 3D, texturas de aspecto realista.</p> <p>La cantidad de soldados y vehículos es muy dispersa, debe ser para ahorrar recursos ya que la experiencia se renderiza en tiempo real.</p> <p>Usan sistemas de partículas para simular humo, explosiones y salpicaduras de proyectiles en el agua.</p> <p>No hay una composición con la imagen del mundo real proveniente de la cámara, ya que la experiencia superpone su propio fondo sintético</p> |
| Carletto the Spider | <p>El artículo destaca ciertos aspectos importantes acerca del rol de los personajes en la narrativa interactiva: son el medio a través del cual la historia se cuenta a la audiencia, ya que ejecutan acciones que hacen avanzar la historia, son la condición necesaria para la interacción con el usuario y sirven de puente entre el sistema y la audiencia.</p> <p>Hay una metáfora, una trama, en la visita conectada a la guía del personaje, que es lo que hace que el usuario avance en por el lugar. El personaje tiene motivaciones y conflictos.</p> <p>La información transmitida en la experiencia debe reconciliarse con lo atractivo de la estrategia comunicativa usada.</p> <p>Hay que usar estrategias para hacer que el usuario avance por la narración, en Carletto the Spider, usan el conflicto con un antagonista, los limpiadores del palacio, eso hace que tanto Carletto como la audiencia no puedan quedarse por mucho tiempo en la misma habitación. (Lombardo & Damiano, 2012)</p> | <p>No hay interacción directa con el aplicativo, no se requiere ninguna entrada por parte del usuario. Aunque el usuario tiene libertad en la navegación por la locación, la aplicación responde automáticamente a las desiciones de movilidad por el lugar.</p> <p>Carletto describe de manera informativa la habitación donde se encuentran, tan pronto el usuario cambia de locación, por ejemplo, se mueve a otra habitación, el sistema detecta el cambio de ubicación y activa automáticamente la animación correspondiente al nuevo lugar. Si el usuario se dirige a la salida, la animación cambia a modo despedida.</p> | <p>Gráficos 3D prerrenderizados, no funcionan para mi proyecto. La principal razón es porque este tipo de gráficos puede tener mayor detalle y mayor cantidad de polígonos dado que no serán renderizados en tiempo real (como en mi proyecto), sino que serán renderizados y convertidos en videos previamente. Al momento de ejecutarse, se ejecuta el video.</p> |
| Little Red Riding Hood AR book | <p>El personaje habla al usuario en primera persona y lo vá guiando a través de toda la narración.</p> <p>Dado que los personajes y escenarios vistos a través del teléfono móvil se ven sobre el libro físico, es posible girar este último sobre la superficie de la mesa (sin levantarlo) o el teléfono mismo para ver la narración desde cualquier punto de vista que el usuario elija.</p> <p>El libro es un componente autónomo en sí, se puede leer sólo, la aplicación agrega una nueva dimensión narrativa al contenido.</p> | <p>El libro tiene pequeños retos para que el usuario resuelva y hacer avanzar así la narración, como tocar partes del libro para restaurarles el color o encontrar objetos en el escenario.</p> <p>El personaje principal es quien da las instrucciones al usuario de cómo avanzar. hay elementos visuales que indican al usuario cuales son los elementos con los que se puede interactuar.</p> <p>El personaje principal está animado para actuar mirando hacia un lado fijo (el lado en el que se lee normalmente un libro), si giro el libro en la superficie, se gira el escenario y el personaje, por lo que este último termina dando la espalda al usuario. (Importante pensar como resolver esto en el proyecto)</p> | <p>Gráficos 3D, texturas con detalles pintados a mano, de luces y sombras.</p> <p>Los personajes están animados completamente, tienen movimientos antropomórficos, expresiones faciales y lipsync.</p> <p>Los objetos de los escenarios se animan desde abajo y conforman el escenario de una manera dinámica cada que se pasa de página, nunca aparecen ya fabricados "de golpe", además tienen pequeñas animaciones cíclicas, para no verse tan estáticos.</p> <p>Hay pequeñas practicas y haces de luz por los escenarios.</p> <p>Usan sistemas de partículas y destellos de colores para llamar la atención del usuario hacia un elemento de interacción</p> |

| Referente | Elementos sonoros | Elementos técnicos | Características Importantes para el Proyecto |
|---------------------------------------|--|--|--|
| Wonderscope | Los personajes cuentan con voz propia, lo que hace que la comunicación con el usuario sea más directa. El reconocimiento de la voz de usuario hace avanzar la narración. Hay efectos sonoros complementarios en la experiencia | Realidad aumentada sin marcadores, al parecer con la técnica "ground plane". Al no usar marcadores, la aplicación es más libre en su ejecución ya que no está atada al hecho de imprimir el marcador y ubicarlo en el lugar de representación de la experiencia, pero por otro lado, sólo funciona en algunos dispositivos seleccionados y recientes. | <p>Hay una especie de tutorial al principio para que el usuario se familiarice con el funcionamiento de la experiencia y cómo debe usar el dispositivo.</p> <p>Conocemos a los personajes por la interacción con ellos.</p> <p>La escala de los escenarios se extiende en un gran área, lo que hace que el usuario tenga que desplazarse o girar bastante el dispositivo.</p> <p>Es evidente que el uso de un personaje mejora la conexión con el usuario y las pausas esperando por entradas del usuario le dan participación.</p> <p>Se puede interactuar con el punto de vista de la escena, girando el dispositivo a través de la misma.</p> |
| Omaha Beach | Narración y guía por voz. Efectos sonoros | Realidad aumentada basada en locación, sólo funcional en el lugar de los hechos. Los personajes y objetos no se superponen a la imagen del mundo real, sino que todo el escenario es virtual, pero la perspectiva cambia de acuerdo a cómo movamos el teléfono | <p>El usuario queda inmerso en la narración ya que personajes y vehículos aparecen por toda la escena. El usuario tiene total control de hacia dónde mirar.</p> <p>Interface de interacción adicional con el contenido, vínculos espaciales para ampliar la información</p> |
| Carletto the Spider | Se usan voces narradas para guiar a los visitantes. | Ninguno relevante al proyecto | <p>Personajes como el vínculo entre el usuario y la narración, como guías dentro de la experiencia y como entes que pueden hacer avanzar la narración y mantener en curso al espectador.</p> <p>El personaje tiene motivaciones y conflictos.</p> <p>La información transmitida en la experiencia debe reconciliarse con lo atractivo de la estrategia comunicativa usada.</p> <p>Saber donde está el usuario con respecto a la experiencia puede disparar elemento que queramos de la narración en ese lugar.</p> |
| Little Red Riding Hood AR book | Los personajes cuentan con voz propia, lo que hace que la comunicación con el usuario sea más directa. Hay efectos sonoros complementarios en la experiencia | Realidad aumentada basada en marcadores (las imágenes del libro físico) | <p>Pequeños retos que el usuario tiene que resolver para hacer avanzar la narración.</p> <p>El personaje principal es quien da las instrucciones al usuario de cómo avanzar. hay elementos visuales que indican al usuario cuales son los elementos con los que se puede interactuar.</p> <p>Los objetos de los escenarios se animan desde abajo y conforman el escenario de una manera dinámica cada que se pasa de página, nunca aparecen ya fabricados "de golpe", además tienen pequeñas animaciones cíclicas, para no verse tan estáticos.</p> |

| Referente | Referencias | Medio | Tema | Estructura Narrativa | Narrador | Personajes | Acciones | Escenarios |
|---|---|--------------------------|--|--|---|--|---|--|
| Mardles Augmented Reality Story Books | https://www.youtube.com/watch?v=0ekZlu3OlcY https://www.youtube.com/watch?v=vbN3AIL6gBs https://www.harmony.co.uk/work/ | App dispositivos móviles | Historias interactivas varias | No hay información de que tipo de estructura siguen, por tratarse de libros infantiles, puede ser clásica. | No parece haber un narrador, dado que la experiencia en RA complementa la lectura que el usuario hace del libro | No se puede establecer si hay o no personajes principales o secundarios | <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario descarga la aplicación que complementa al libro (el libro físico es necesario para que la experiencia funcione). 2. Al apuntar con la cámara del móvil a las páginas del libro, los personajes y escenarios aparecen en RA. 3. Se puede interactuar con los personajes y escenarios y lograr que estos realicen acciones específicas. 4. Pasa igual con cada página hasta el final del libro. | Granja, bosque, las nubes |
| iStory - Augmented Reality Storytelling | https://www.youtube.com/watch?v=QMWvEM_PDRBs&list=PLo6_WGULasaw3ixGxayboamUJH_iWceM https://istory.co.in | App dispositivos móviles | Cuento en RA "El niño que gritaba ¡tigre!" | Estructura lineal clásica: inicio, conflicto y desenlace | Tercera persona | Principal: El niño pastor. Secundarios: Los otros niños, el tigre. | <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario descarga la aplicación. 2. Al apuntar con la cámara del móvil a una superficie plana del piso, los personajes y escenarios aparecen en RA. 3. Se ve el niño pastor y las ovejas. 4. El niño empieza a gritar "tigre" y los otros niños vienen en su ayuda, pero es una falsa alarma. 5. El niño pastor repite la falsa alarma y los niños acuden cada vez al llamado. 6. Realmente aparece el tigre, pero al llamar, ningún niño viene en su rescate. 7. El tigre se come una oveja. 8. Moraleja. | El escenario es en realidad el mundo real que se ve en la pantalla del teléfono móvil y que sirve como fondo para los personajes virtuales |
| Interactive Storytelling in Augmented Reality using Torch | https://www.youtube.com/watch?v=KFZc_f9HwtM | App dispositivos móviles | Encontrar a "Dax" | N/A | N/A | Principal: Dax | <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario abre la aplicación y el escenario ya aparece conformado 2. Instrucciones simples en texto lo invitan a interactuar 3. Luego de seguirlas, el usuario encuentra a Dax 4. Dax dá al usuario opciones en texto que no cambian el resultado. | Escenarios abstractos, una caverna |
| wizDirector- Augmented Reality Storytelling | https://www.youtube.com/watch?v=aUNGZMUW5gE | App pc de escritorio | Armar tu propia narración | La que el usuario construya | Tercera persona, grabada por el usuario | Se pueden determinar dos personajes: una abuela y una niña, sin embargo, por la naturaleza de la aplicación, podrían ser varios. | <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario abre la aplicación de escritorio. 2. La cámara apunta a un lugar despejado y el usuario ve lo que sucede en el monitor. 3. Elige una de las plantillas físicas para el piso y lo pone en la superficie que ve la cámara. 4. Comienza a armar el escenario poniendo pequeñas tarjetas con códigos QR, que al ser reconocidos por la aplicación, se muestra en la pantalla el personaje y recurso del escenario correspondiente a dicha tarjeta. 5. Graba el audio mientras mueve con sus manos las tarjetas para simular una especie de actuación por parte de los personajes. 6. Toda la puesta en escena queda grabada en clips que video que luego se pueden reorganizar para formar la narración final. | Los que el usuario ensamble con las diferentes combinaciones de tarjetas |

| Referente | Elementos de la narración | Elementos de interacción | Elementos visuales |
|--|--|--|---|
| Mardles Augmented Reality Story Books | La RA sólo agrega interacción con los personajes en 3D, estos no cuentan la narración o actúan lo que se lee en esa parte del libro. Lo que pasa en la narración sólo sucede en la lectura por parte del usuario. | Controles en la pantalla permiten mover a voluntad los personajes que aparecen, también es posible realizar pequeñas acciones con ellos. En cada escenario es posible tocar diferentes elementos y ver animaciones de los mismos, incluso tomar fotos de todo el set. Estas acciones sólo son para crear una dimensión extra de interacción con el contenido digital, una especie de gamificación. | Gráficos 3D, texturas con detalles pintados de luces y sombras. Usan sistemas de partículas y efectos varios cuando el usuario interactúa con cualquier elemento del escenario. Todos los personajes e incluso los elementos del escenario están animados. Hay un efecto de torbellino que se usa cada vez que se pasa la página y se conforma un escenario nuevo. |
| iStory - Augmented Reality Storytelling | La narración es lineal, acompañada de una voz en off que narra los sucesos. Los escenarios de la historia se fusionan en la pantalla con el mundo real, lo que provoca que el usuario se sienta inmerso en la narración. La escala de los escenarios se extiende en un gran área, lo que hace que el usuario tenga que desplazarse o girar bastante el dispositivo. | La narración se divide en escenas, en pantalla hay una simple interfaz que permite avanzar entre ellas, reiniciarlas o reproducirlas de nuevo. No se puede interactuar con ningún personaje o escenario | Gráficos 3D, texturas básicas, colores y materiales. El diseño de interfaz es muy simple y un poco descuidado, las tipografías parecen ser por defecto. No hay trabajo elaborado de diseño en la interfaz. Los personajes son muy genéricos, las animaciones no son de muy buena calidad y no hay muestras de expresiones faciales que ayuden a comunicar lo que los personajes actúan. |
| Interactive Storytelling in Augmented Reality using Torch | Una narración muy simple guiada por texto, el usuario sigue unas indicaciones básicas de texto flotante y avanza hasta encontrar un personaje donde todo termina | Objetos dispuestos en pantalla que son seleccionables y realizan acciones básicas, fuera de las instrucciones en pantalla, el usuario debe encontrar por sí mismo como navegar, pero no hay muchas opciones, lo que eventualmente lleva al usuario a encontrar el camino. | Modelos 3D muy simples, parecen de stock, texturas básicas, colores y materiales. Textos en pantalla para guiar al usuario |
| wizDirector- Augmented Reality Storytelling | Es un constructor de narraciones, el usuario tiene una serie de patrones para el fondo y una serie de marcadores, cada marcador corresponde a un personaje u objeto del entorno, de esta forma, es posible armar completamente un escenario de forma personalizada. Luego, el usuario, moviendo los marcadores, puede ver cómo se mueven sus personajes en RA. Es posible insertar narraciones de voz propias y grabar todo el performance para luego ser reproducidos como video. | Es completamente interactivo ya que precisamente se basa en que los usuarios muevan las tarjetas con los códigos QR para contar sus propios relatos. Hay una interfaz de usuario bien diseñada para la grabación de las diferentes escenas. Hay tips en pantalla a manera de texto para orientar al usuario en la construcción de los escenarios y en la interacción en general. | Modelos 3D, texturas y materiales detallados. Los personajes tienen sus propios loops de animación. Los botones tienen diseños con degradados y brillos, en un lenguaje claro. |

| Referente | Elementos sonoros | Elementos técnicos | Características Importantes para el Proyecto |
|--|---|--|---|
| Mardles Augmented Reality Story Books | Efectos sonoros. | Realidad aumentada basada en marcadores (las imágenes del libro físico) | Controles en la pantalla permiten mover a voluntad los personajes que aparecen, también es posible realizar pequeñas acciones con ellos, esto crea una dimensión extra de interacción con el contenido digital, una especie de gamificación. |
| iStory - Augmented Reality Storytelling | Narración en off, efectos sonoros. Los personajes no tienen voz propia. El diseño sonoro es muy pobre y reutilizan mucho los mismos sonidos (a través incluso de otros cuentos de la misma compañía). | Realidad aumentada sin marcadores, al parecer con la técnica "ground plane". | La narración es lineal, acompañada de una voz en off que narra los sucesos. Los escenarios de la historia se fusionan en la pantalla con el mundo real, lo que provoca que el usuario se sienta inmerso en la narración. La escala de los escenarios se extiende en un gran área, lo que hace que el usuario tenga que desplazarse o girar bastante el dispositivo. |
| Interactive Storytelling in Augmented Reality using Torch | N/A | Realidad aumentada sin marcadores, al parecer con la técnica "ground plane". | Objetos dispuestos en pantalla que son seleccionables y realizan acciones básicas, fuera de las instrucciones en pantalla, el usuario debe encontrar por sí mismo como navegar, pero no hay muchas opciones, lo que eventualmente lleva al usuario a encontrar el camino. |
| wizDirector- Augmented Reality Storytelling | Efectos sonoros, el usuario puede grabar e insertar los propios | Realidad aumentada basada en marcadores (las imágenes del libro físico) | Modelos 3D, texturas y materiales detallados. Los personajes tienen sus propios loops de animación. Los botones tienen diseños con degradados y brillos, en un lenguaje claro. |

| Referente | Referencias | Medio | Tema | Estructura Narrativa | Narrador | Personajes | Acciones | Escenarios |
|--------------|--|---------------------|---|--|----------------------------------|---|--|---|
| Interstellar | https://www.imdb.com/title/tt0816692/ | Pelicula | Encontrar en el cosmos un nuevo hogar para la raza humana | Estructura lineal clásica: inicio, conflicto y desenlace | Primera persona | Principales: Cooper, Murph, Amelia Brand. Secundarios: Doyle, Romilly, Profesor Brand, Tom, Mann, TARS, CASE | <ol style="list-style-type: none"> 1. Se muestran las condiciones presentes en las que vive la raza humana 2. Cooper descubre una instalación secreta que resulta ser la NASA 3. Se le plantea la posibilidad de hacer un viaje interstellar en búsqueda de un nuevo planeta para la humanidad, a través de un agujero de gusano descubierto cerca a Saturno. Ya se han hecho misiones anteriores donde otros astronautas han ido a unos planetas ya identificados y la idea es confirmar si dichos planetas pueden sustentar vida. 4. Cooper parte en compañía de otros astronautas. 5. Atravesan el agujero de gusano que los lleva a otra galaxia 6. El primer planeta está cerca a Gargantua, un agujero negro que debido a su jalón gravitacional, hace que unos minutos en el planeta equivalgan a horas en la tierra. El equipo baja y pierden a Doyle, además, en los minutos que dura la misión, ya han pasado 23 años en la tierra. 7. El segundo planeta tampoco puede albergar vida sostenible, pero el astronauta que fué previamente enviado, Dr. Mann, los hace ir para aprovechar y ser rescatado. Los eventos llevan a la muerte de Romilly y del propio Mann. 8. Para que el viaje pueda continuar, Cooper y Tars se sacrifican cayendo a Gargantua y garantizan así que la Dra. Brand pueda continuar hacia el último planeta. 9. Dentro del espacio extradimensional del agujero negro, cooper es logra transmitir a Murph datos recolectados por Tars que son la clave para que la raza humana migre y cree una estación espacial. 10. Cooper y Tars logran sobrevivir a Gargantua y se reunen con Murph, ya una anciana, en la estación espacial. 11. La Dra. Brand logra llegar al último planeta, encuentra que el astronauta enviado está muerto, pero el planeta promete. 12. Cooper deja la estación y va en búsqueda de la Dra. Brand. | Granja en la tierra, instalaciones de la NASA, el espacio, el Endurance, Planeta de Miller, Planeta de Mann, Planeta de Edmond, Gargantua, el tesseracto (espacio extra-dimensional), la estación Cooper. |
| Cosmos | https://carlsagan.com Sagan, C., Druyan, A., & Soter, S. (1980). Cosmos: A Personal Voyage. Sagan, C., Druyan, A., Soter, S., Braga, B., & Tyson, N. D. (2014). Cosmos: A SpaceTime Odyssey. | Serie de televisión | Serie documental de divulgación científica que trata diferentes fenómenos de la tierra y el universo. | Estructura lineal clásica: inicio, conflicto y desenlace | Primera persona, tercera persona | Principales: Presentador (Carl Sagan, Neil DeGrasse Tyson) | La serie cuenta con 3 temporadas de 13 capítulos cada una, cada capítulo tiene una variada cantidad de acciones | La serie representa múltiples escenarios a lo largo de sus diferentes temporadas |

| Referente | Elementos de la narración | Elementos de interacción | Elementos visuales | Elementos sonoros | Elementos técnicos | Características importantes para el Proyecto |
|---------------------|--|--------------------------|--|--|--------------------|---|
| Interstellar | <p>A medida que transcurre la narración, podemos aprender ciertos conceptos científicos por las situaciones que le suceden a los personajes. El uso de la banda sonora para representar la relatividad en el paso del tiempo, en el planeta cerca al agujero negro, lo que para los personajes son unas horas, fuera de allí son años. El recurso de usar el agujero de gusano como elemento para el viaje interestelar. El concepto minimalista de TARS y CASE, dos robots futuristas que acompañan a los personajes en el viaje. En mi proyecto, un recurso como este podría usarse como fuente de información acerca de los fenómenos</p> | N/A | <p>La forma como representan el agujero de gusano, no como un portal plano sino como una esfera, más cercano al concepto científico. La forma de representación del agujero negro, con la distorsión de la luz en el disco de acreción</p> | <p>Diálogo entre los personajes. Efectos sonoros</p> | N/A | <p>La forma como representan el agujero de gusano, no como un portal plano sino como una esfera, más cercano al concepto científico.</p> <p>La forma de representación del agujero negro, con la distorsión de la luz en el disco de acreción.</p> <p>El uso de la banda sonora para representar la relatividad en el paso del tiempo</p> |
| Cosmos | <p>El concepto de "nave de la imaginación", una nave espacial ficticia que en compañía del presentador, lleva al televidente a través de un viaje por el cosmos, involucrando al espectador en los acontecimientos. A pesar de ser un documental, usa este recurso ficcional, que en versiones recientes de la serie, permite a su vez ver el pasado y el futuro desde su interior, sin explicar necesariamente porque esto es posible. Mezclar recursos ficcionales y fantásticos con la veracidad de los conceptos científicos parece una buena fórmula que puede servir en mi proyecto.</p> | N/A | <p>Composición de acción real con gráficos 3D prerrenderizados, gráficos 2D</p> | <p>El narrador usa voz para explicar las temáticas. Efectos sonoros.</p> | N/A | <p>El concepto de "nave de la imaginación", una nave espacial ficticia que en compañía del presentador, lleva al televidente a través de un viaje por el cosmos, involucrando al espectador en los acontecimientos.</p> <p>Mezclar recursos ficcionales y fantásticos con la veracidad de los conceptos científicos parece una buena fórmula.</p> |

Anexo 2: Sinopsis, Premisa, Storyline, Tagline

Sinopsis

El usuario estará en primera persona en esta narración, manejando en todo momento la cámara de la experiencia, decidiendo hacia donde quiere mirar e interactuando con su entorno, lo hará desde dentro de OCCULAR, una nave esférica azul que está dotada de inteligencia artificial, voz y un equipamiento de última tecnología para viajes espaciales. Su pequeña amiga PULSAR es otra nave que nos acompaña, más pequeña, de color rojo, carece de voz y sólo realiza gestos, pero es más ágil y está programada para realizar labores de precisión. Luego de desplegar su centro de control en la tierra, Occular nos invita a una misión en el espacio exterior, usando una serie de portales (agujeros de gusano), con el objetivo de recuperar información valiosa de unas SONDAS ESPACIALES.

Al llegar al espacio, ocurre un accidente mientras intentamos recuperar la información: un choque eléctrico del campo de fuerza de la sonda noquea a Pulsar y es necesario reiniciarla. Logramos revivir a Pulsar y esta logra recuperar la información con éxito, por lo que volvemos nuevamente a la tierra. En la tierra, notamos algo terrible, la fuente de poder de Pulsar se daña por el choque eléctrico y le quedan sólo unos minutos de vida, ya que no existe en este planeta, un repuesto para la misma. Occular, se comunica con IO, una inteligencia superior que la supervisa, y solicita información acerca de un posible repuesto para fuente de poder y encuentra que la fuente de energía de las sondas espaciales puede funcionar para Pulsar.

Descubrimos además que IO es quien genera los portales y supervisa las acciones de Occular, como si estuviera subyugada a su control. Ante la imposibilidad de volver a abrir el portal que lleva a la sonda con la que tuvimos el accidente, IO abre otro portal donde hay otra sonda, pero le advierte que la prioridad es recuperar la información y no la fuente de poder para Pulsar, también nos dice que es el último portal que abrirá para nosotros. Occular acepta e IO le recuerda que puede ver y seguir todos sus movimientos. Al atravesar el portal nos encontramos en las cercanías de HYPERION, un agujero negro del

cual ni siquiera la luz puede escapar, IO nos envió a propósito a ese lugar y no podemos volver ya que no habrá más portales: debemos tomar el riesgo de encontrar la sonda dado que es la única forma de salvar a Pulsar. Con la premura del tiempo, nos lanzamos con cautela hacia la sonda, sorteando una serie de obstáculos alrededor de Hyperion. Finalmente alcanzamos la sonda, recuperamos su fuente de poder y su información. En el camino de vuelta, Occular sufre una pequeña colisión con un escombros, pero sin mayor percance, logramos escapar entonces de las fauces de Hyperion y atravesamos el portal de vuelta a la tierra.

En la tierra nos encontramos que pasaron ya varios años, Occular nos explica cómo el tiempo se dilata cerca a un agujero negro (relatividad general) y la razón del desfase temporal. También nos explica que la colisión que tuvo fué a propósito, para destruir la unidad de seguimiento que tenía IO sobre ella, liberándose de esta forma del control de IO. Occular y Pulsar se quedarán en la tierra donde vivirán libres, entregan la información recopilada de las sondas a la humanidad, y prometen volver a llevarnos a nuevas aventuras espaciales.

Premisa

“Una amistad que trasciende los límites del tiempo”

Storyline

Una nave espacial inteligente junto a su pequeña amiga, nos invitan a una misión espacial para recuperar información importante, ocurre un accidente con la pequeña amiga, lo que nos lleva a viajar a las cercanías de un agujero negro para salvar su vida, esto les permite finalmente ser libres y donar la información a la humanidad.

Tagline

“Ni siquiera la luz puede escapar de allí, ¿podrías tú, para salvar a un gran amigo?”

Anexo 3: Escaleta

1. Occular, una nave esférica azul, dotada de inteligencia artificial, de la que sólo escuchamos su voz por el momento, nos contacta invitándonos a una misión en el espacio exterior y nos solicita que busquemos un lugar a nuestro alrededor para establecer su centro de control.
2. Siguiendo sus instrucciones, se materializa en el suelo del mundo real del usuario una estructura con una compuerta, de donde sale Pulsar, una nave de color rojo compañera de Occular.
3. Occular nos explica los detalles de la misión al espacio exterior: recoger información importante de unas sondas espaciales.
4. Occular entra en escena y nos dice que viajaremos dentro de ella, por lo que nos pide abordarla, nosotros seremos quienes tendremos el control de pilotarla, también nos dice que sigamos a Pulsar en todo momento, para no perdernos en nuestra misión.
5. Luego de abordar dentro de Occular, aparece una interfaz en el borde de la pantalla indicando que estamos en primera persona viendo desde adentro de Occular, seguimos escuchando su voz, pero esta vez más claramente.
6. Nos explica entonces cómo llegaremos al espacio, usando un portal llamado “agujero de gusano” y nos explica el concepto. Occular menciona que nos abren el portal, pero no sabemos quién lo hace.
7. Atravesamos el portal junto a Pulsar y llegamos instantáneamente al espacio exterior.
8. En el espacio, Pulsar empieza a buscar la baliza y la encuentra, pero al tratar de interactuar con ella es electrocutado por el campo magnético que protege a la baliza.
9. Debemos reiniciar a Pulsar, no podemos dejarla y no hay forma de montarla en la nave, el tiempo es limitado, ya que nuestro contador de oxígeno va bajando.
10. Logramos reiniciar a Pulsar, luego esta recupera los datos, los transmite a Occular y volvemos por el portal de vuelta a la tierra.

11. En la tierra, entregamos los datos, la misión ha sido un éxito.
12. Nos damos cuenta de algo terrible, la descarga eléctrica sobre Pulsar pudo haber desprendido su celda de energía, no se encuentra en la ranura. La buscamos en los alrededores y no está en la tierra, debió quedar en alguna parte del espacio exterior.
13. No hay repuesto para la celda de energía de Pulsar, explica Occular, porque aún no se han inventado en este tiempo (una sugerencia de que estos personajes vienen de otro tiempo, ¿del futuro quizá?), tenemos que volver al espacio exterior, de lo contrario Pulsar morirá, está viviendo sólo con la energía de reserva.
14. Volvemos al espacio por el portal, Pulsar debe acompañarnos, ya que el tiempo es limitado para que nos espere en la tierra. Ahora tenemos dos contadores bajando en la interfaz: el oxígeno dentro de Occular, para nosotros y que no tuvimos tiempo de recargar y el tiempo de vida de Pulsar.
15. En el espacio, buscamos la celda de energía en la región donde estuvimos hasta que la encontramos y la insertamos nuevamente en Pulsar.
16. Buscamos nuevamente el portal por donde llegamos y volvemos nuevamente a la tierra.
17. La celda vuelve a fallar, al parecer se dañó producto del choque eléctrico, no hay más repuestos y le queda poco tiempo a Pulsar.
18. Occular, se comunica con IO, una inteligencia superior que la supervisa, y solicita información acerca de un posible repuesto para fuente de poder y encuentra que la fuente de energía de las sondas espaciales puede funcionar para Pulsar. Descubrimos además que IO es quien genera los portales y supervisa las acciones de Occular, como si estuviera subyugada a su control.
19. Occular solicita volver a abrir el portal que lleva a la sonda con la que tuvimos el accidente, pero es imposible reabrir un portal a la misma ubicación en varias ocasiones consecutivas, debemos esperar un tiempo para volver.

20. Occular solicita la ubicación de otra sonda e IO le abre un portal para ir por ella, pero le advierte que la prioridad es la información de esta y que por ningún motivo puede arriesgarla por intentar sacarle la fuente de poder, también nos dice que es el último portal que abrirá para nosotros, Occular acepta e IO le recuerda que puede ver y seguir todos sus movimientos.
21. Al atravesar el portal nos encontramos en las cercanías de HYPERION, un agujero negro del cual ni siquiera la luz puede escapar, IO nos envió a propósito a ese lugar y no podemos volver ya que no habrá más portales, debemos tomar el riesgo de encontrar la sonda.
22. Después de un escaneo inicial del espacio circundante, Occular localiza a la baliza en dirección al agujero negro, el cual la sacó de su recorrido programado y amenaza con destruirla.
23. Nos lanzamos con cautela hacia la sonda, ahora con tres cuentas regresivas: la vida de Pulsar, el oxígeno dentro de la cabina de Occular para nosotros (que olvidamos recargar por la premura de la situación) y el tiempo de la baliza antes de ser devorada por Hyperion.
24. Cautelosamente sorteamos una serie de obstáculos y escombros alrededor de Hyperion, mientras Occular nos cuenta pequeñas cápsulas de información acerca de este fenómeno, para saber a qué nos enfrentamos.
25. Finalmente llegamos a la sonda antes de pasar el punto de no retorno, extraemos no sólo la fuente de poder sino también su información almacenada, datos muy importantes para la humanidad.
26. Con dificultad y venciendo la enorme atracción gravitatoria, logramos escapar de las fauces de Hyperion, en una de estas maniobras, Occular nos pide movernos a una posición en particular y “accidentalmente” chocamos con un escombros, lo que al parecer daña unos componentes de Occular, pero nos dice que no es nada, que podemos continuar.
27. Localizamos y atravesamos el portal devuelta a la tierra.

28. En la tierra, nos encontramos que pasaron ya varios años, Occular nos explica cómo el tiempo se dilata cerca de un monstruo como Hyperion (relatividad general) y la razón del desfase temporal con la tierra.
29. Encontramos también que el centro de enlace con IO ha sido destruido por el paso del tiempo. Occular nos explica que la maniobra que dañó algunos de sus circuitos fué a propósito, para destruir la unidad de seguimiento que tenía IO sobre ella, algo que Occular no podía hacer por sí misma, ahora son completamente libres.
30. Occular y Pulsar se quedarán en la tierra donde vivirán libres, entregan la información recopilada de las sondas a la humanidad, y prometen volver a llevarnos a nuevas aventuras espaciales.
31. Vuelan hacia el horizonte donde se pierden de vista en la distancia.
32. Fin

Anexo 4: Guion Técnico

| Seq. | Visual | Narración | Audio | Notas |
|---|---|---|--|---------------------------------|
| Tutorial | | | | |
| 1 | Menú principal, Pantalla con botón comenzar, acerca de, salir | | Música en Loop | Menú principal |
| 2 | Al presionar el botón comenzar, del menú principal, vamos a una escena aun sin realidad aumentada. Inicialmente vemos un mensaje "Recibiendo transmisión", luego vemos a OCCULAR aparecer en pantalla. | OCCULAR: Saludos, ¿puedes escucharme? Soy Occular, una inteligencia artificial con una importante misión, salvar al planeta tierra. Necesito un piloto para llevarla a cabo, prometo que valdrá la pena el viaje... Lo primero que necesito es que encuentres un área despejada en el suelo para establecer el centro de control, aproximadamente de unos tres metros a tu alrededor, sin muebles ni obstáculos. Cuando encuentres el área, presiona el boton continuar. | La voz de Occular se escuchará con un efecto de voz de radio | Introducción Occular y tutorial |
| 3 | La imagen de Occular cambia y se muestra las manos de una persona haciendo barridos en círculos al piso, luego una mano haciendo tap en la pantalla | Ahora apunta al suelo y mueve tu dispositivo móvil de esta forma, verás un plano crearse en el suelo, tócalo en la pantalla para desplegar el centro de control en ese punto. | | Tutorial |
| 4 | Botón Escanear aparece en la pantalla | | | Tutorial |
| 1. Intro Personajes y Descripción de la Misión | | | | |
| 5 | Después de tocar el plano, se materializa una plataforma frente al usuario con una especie de compuerta en el piso. | ¡Perfecto! hemos desplegado con éxito el centro de control, ahora, necesito que te acerques con tu dispositivo móvil a la compuerta de marco gris, tiene una manija gris con círculos amarillos, tócala en la pantalla para abrirla. | | Setup |
| 6 | La compuerta se abre y emerge de ella, desde abajo, una esférica nave que se queda suspendida, flotando sobre la plataforma. | Esta es mi compañera, PULSAR , ella nos acompañará en nuestro viaje. Hemos realizado muchas misiones juntas, somos compañeras inseparables. No tiene una voz que puedas entender, pero es muy ágil, se encargará de la recolección de información y de las labores de reconocimiento. Es muy importante que la sigas con tu dispositivo a donde vaya, así no te perderás de nada. | | Introducción Pulsar |
| 7 | Occular entra en escena desde el cielo | Ya puedo verte, voy a aterrizar ahora. | Musica épica | |
| 8 | Occular se estaciona y espera a que el usuario aborde | ¿Listo para abordar? localiza el botón abordar ubicado en mi costado izquierdo, tan pronto lo toques, serás transferido aquí dentro. | | Abordaje en Occular |
| 9 | Al tocar el botón en pantalla, sucede una transición que da a entender que ahora el usuario se encuentra viendo en primera persona desde adentro de la nave, una interfaz alrededor de la pantalla simula esto. | Bienvenido a bordo piloto, ahora tienes el control, recuerda, es muy importante que sigas mis indicaciones para poder realizar todo de manera correcta. Recuerda también no perder de vista a Pulsar, ella te mostrará a donde debes ir en todo momento. | La voz de Occular se vuelve más nítida ahora que el usuario está dentro de la cabina | |

| | | | | |
|--|---|---|-------------------|--|
| 10 | Pulsar se ubica en el centro de los anillos de la plataforma y aparece la sonda en holograma | Nuestra misión consiste en viajar al espacio exterior para recuperar la información de unas sondas espaciales, recopilar sus datos y traerlos de vuelta a la tierra. Pero no te preocupes, no te haré conducir distancias tan largas, tomaremos un atajo. | | Descripción de la misión |
| 11 | Pulsar se mueve ahora por un plano que se dobla y por una manzana holográfica que ilustra el concepto de agujero de gusano. | Usaremos lo que se conoce como "Agujero de Gusano" o Puente de Einstein-Rosen. La teoría dice que es capaz de doblar el espacio tiempo y crear un portal a otra parte del universo. Imagina que el espacio fuera la superficie de una manzana, y nosotros un gusano que vive en ella. Si quisiéramos ir al otro lado de la manzana, podríamos simplemente hacer un agujero a través de ella y ahorrarnos el camino de recorrerla por la superficie. | | Concepto Científico: Agujero de Gusano |
| 12 | Aparecen la sonda y el agujero de gusano en la interfaz mientras Occular habla. Se forma el Agujero de Gusano y unas líneas demarcando el camino aparecen. | Ahora, sigue la ruta demarcada y muévete hacia el agujero de gusano, cuando te acerques lo suficiente, nos transportará al espacio exterior. Por cierto, esto es un concepto hipotético, por ahora este agujero sólo existe aquí en este mundo virtual. | | |
| 2. Primera misión en el espacio | | | | |
| 13 | Después de atravesar el agujero de gusano hay una transición y un fondo de estrellas reemplaza la visión de la cámara del mundo real. | Bienvenido al espacio exterior, nuestra aventura acaba de comenzar. Ahora, manos a la obra, busquemos esa sonda, puedes girar la visión hacia cualquier dirección, Pulsar nos ayudará a buscar también | Música épica | Cambiamos la RA por fondo de estrellas |
| 14 | El usuario debe mirar hacia todos los lados, y Pulsar va a moverse como buscando también, tan pronto encuentren la sonda, debe continuar la narración | Perfecto, la hemos localizado, acerquémonos lo suficiente para comenzar la extracción de la información. | | Poner algún elemento visual que llame la atención para que el usuario la vea más fácilmente. Usar Raycast? |
| 15 | Pulsar se dirige directamente a extraer la información de la Sonda | Pulsar, espera un momento, estoy detectando un... | | |
| 16 | Ocurre una fuerte descarga eléctrica entre Pulsar y la Sonda, la descarga lanza a Pulsar lejos | Pulsar!!! hay que ir por ella, deprisa! | Música de tensión | |
| 17 | Pulsar queda flotando sin signos de vida, en nuestra interfaz aparece un letrero de alerta | Pulsar, estás bien?, ¡deprisa, hay que reiniciarla! | | La narración se escuchará cuando detectemos que el usuario esté cerca de pulsar. Los elementos lumínicos de pulsar se apagan |
| 18 | Mostramos un botón de reiniciar sobre pulsar, que el usuario debe presionar. En nuestra interfaz aparece una barra que marca el nivel de oxígeno descendiendo | Debemos apresurarnos, nuestra reserva de oxígeno comienza a agotarse. | | Poner algún elemento visual que llame la atención sobre el botón para que el usuario lo vea más fácilmente. |
| 19 | Después de presionar el botón, el primer intento falla y muestra un error en nuestra interfaz | Algo anda mal, vuelve a intentarlo! | | El botón desaparece y luego de un par de segundos, vuelve aparecer |

| | | | | |
|---|---|---|-----------------------------|---|
| 20 | El segundo intento vuelve a fallar | oh no, una vez más! | | El botón desaparece y luego de un par de segundos, vuelve aparecer |
| 21 | El tercer intento tiene éxito y Pulsar "revive", asiente con un movimiento a la pregunta | Pulsar, estás bien? me alegro, ¡vaya susto que nos diste! | | Los elementos lumínicos de Pulsar vuelven a encender |
| 22 | Pulsar se sacude y hace un sonido que Occular entiende, confirmando que está bien. Se dirige nuevamente a la Sonda, el campo de fuerza ya no está, desapareció producto del choque | De acuerdo, parece que el campo de fuerza se ha desactivado, recuperemos la información. | | |
| 23 | El usuario debe buscar en la superficie de la sonda el botón "transferir" | Busca en la sonda el botón "transferir" para copiar la información en mi unidad de almacenamiento | | |
| 24 | Cuando el usuario presione el botón de transferir, en la nuestra interfaz aparece un mensaje de confirmación de recepción de la información | Perfecto, información recibida, hora de volver a casa! | | |
| 25 | Pulsar se dirige al agujero de gusano de vuelta y nosotros debemos seguirlo | Sigamos a pulsar de vuelta al agujero de gusano | | Elementos visuales para indicar al usuario que debe ir nuevamente al portal |
| 26 | Al atravesar el portal, volvemos a la tierra, donde tenemos que ir nuevamente al centro de control a entregar la información, dentro de los anillos rotatorios , pulsar guía en todo momento. El indicador de oxígeno vuelve a subir al máximo y desaparece de la interfaz. | La misión ha sido un éxito, ahora, sigamos a Pulsar para entregar la información | | Los contadores e indicadores que crean tensión sólo aparecen cuando empiezan a bajar |
| 3. Falla en la fuente de energía de Pulsar | | | | |
| 26 | Pulsar nos lleva hacia el centro de control y cuando vamos llegando, una alarma con un letrero de "advertencia, fuente de energía de Pulsar dañada" se dispara en nuestra interfaz, Pulsar se detiene y nos mira, algo anda mal, sus elementos lumínicos empiezan a titilar. | Oh no, esto es malo, estoy recibiendo un error de Pulsar, su fuente de energía está dañada, el choque eléctrico con la sonda debió haberla afectado. | Sonido de Alarma repetitivo | Los elementos lumínicos de Pulsar empiezan a titilar |
| 27 | Una barra indicando el nivel restante de batería de reserva de Pulsar aparece en pantalla, poco a poco va a ir bajando | Esto es muy grave, no podemos reparar esa fuente y tampoco tenemos un repuesto | | |
| 28 | Una indicación en pantalla nos muestra dónde ubicarnos en los anillos | A menos que la inteligencia superior tenga información de cómo conseguir un repuesto, pero no estoy segura si quiera ayudarnos. Ubícate dentro de los anillos rotatorios, debo hacer una llamada de larga distancia | | |
| 29 | Al llegar a los anillos, en la interfaz aparece un mensaje "estableciendo comunicación" , luego cambia a "llamando a IO" , finalmente aparece un holograma de IO en el centro de los anillos | IO: Occular, has completado la misión? tienes la información? los habitantes de esa línea temporal han cooperado? | | Este holograma puede ser de otro color, verde o tal vez negro. IO puede ser una modificación de Occular, con extensiones amenazantes, no es necesario texturizar, ya que se verá en Holograma |

| | | | | |
|--------------------|---|--|--|--|
| 30 | | Ocular: Lo lamento IO, he tenido un percance, es mi amiga Pulsar, su fuente de energía ha sido dañada por un choque eléctrico con la sonda. | | |
| 31 | | IO: Que? Hay cientos de naves extractoras que pueden tomar su lugar, no quiero que me distraigas con estos asuntos. | | |
| 32 | | Ocular: Pero IO, Pulsar es mi amiga | | |
| 33 | | IO: Acaso esa línea temporal ha echado a perder tus circuitos? no existe tal concepto para nosotros y lo sabes, la misión se cancela. | | |
| 34 | Continúa el Holograma de IO mientras hablamos con ella, con movimientos de un lado a otro sobre la plataforma | Ocular: espera un momento, Pulsar tiene los datos pero no puedo extraerlos porque está sin energía, si me das información de cómo conseguir un repuesto, tal vez pueda recuperarlos. | | |
| 35 | | IO: Está bien. Las sondas de las cuales tienes que recuperar los datos tienen la misma fuente de energía, pero veo que ya dañaste una, esa no te servirá. No puedo permitirte que saques la fuente de energía de una sonda, ya que son más importantes que una pequeña nave de reconocimiento, pero si aún insistes, hay una sonda que está camino a ser destruida, si llegas antes de que eso suceda, la fuente de energía es tuya, pero los datos de la misma son míos y debes traerlos a mí, ese es el trato. Ah, recuerda que puedo seguir todos tus movimientos. | | |
| 36 | | Ocular: Trato hecho | | |
| 37 | | IO: aún no te he dicho a que te vas a enfrentar, pero supongo que eso no importa. Listo, he reconfigurado el agujero de gusano, ahora podrás ir a tu nuevo destino. | | |
| 38 | Aparece la ruta demarcando el camino nuevamente hacia el agujero de gusano. Aparecen dos botones en pantalla "continuar con la misión" y "abortar la misión". Pulsar nos acompaña en todo momento. | Ocular: esta misión es peligrosa así que no te pediré que me acompañes, no sé que nos espera en nuestro destino y puede que no puedas regresar a la tierra, así que puedes bajarte ahora, o continuar si estás lo suficientemente demente... | | La opción de abortar mostrará un mensaje de confirmación para salir al menú principal. |
| 39 | | Ocular: Sinceramente me alegro que hayas decidido acompañarme, en realidad no podría completar esta misión sin ti. Pulsar irá con nosotros usando la poca energía que le queda, no tenemos mucho tiempo, volvamos al agujero de gusano! | | |
| 4. Hyperion | | | | |
| 39 | Al atravesar el portal nos encontramos en las cercanías de HYPERION , un agujero negro. El nombre clave aparece en pantalla apenas lo vemos. Un gran campo de escombros orbita alrededor de él | De vuelta en el espacio, encontremos la nueva sonda. Oh esto no es bueno, ¡no te muevas! eso que vemos ahí es HYPERION, un Agujero Negro supermasivo! una región del espacio tiempo donde la gravedad es tan fuerte que ni siquiera la luz puede escapar, si la sonda que buscamos cae ahí, nunca podremos recuperarla! | | |
| 40 | Aparece en pantalla el botón "escanear" | Escaneemos los alrededores a ver si podemos localizarla, por el momento permanece quieto en este mismo lugar hasta verificar que es seguro. Tenemos que ir al ritmo de Pulsar | | |

| | | | | |
|------------------------------|--|---|--|--|
| 41 | Suena una alerta y aparece un mensaje en la pantalla: "Sonda detectada", la sonda se resalta con algún elemento gráfico | ¡Ahí está! parece que aún hay oportunidad de recuperarla, pero no te muevas aún, hay que maniobrar con mucho cuidado, el tirón gravitacional es muy grande aquí y podríamos acabar siendo devorados por el agujero negro. | | |
| 42 | Ahora se resalta una posición en el espacio hacia donde debemos ir, Pulsar se sitúa en ese lugar | Avancemos hasta el área demarcada donde está pulsar, evita chocar con los escombros, podrían destruirnos | | |
| 43 | Tan pronto como el usuario llegue a la zona demarcada aparece nuevamente en pantalla el botón "escanear" | ¡Excelente! creo que ya estamos al alcance de la sonda, sigamos a Pulsar hacia la sonda | | |
| 44 | Tan pronto el usuario se acerque a la sonda se activa el audio. Al tocar la batería que sobresale un poco, hay una animación de la batería saliendo y luego pasa a flotar a un lado de la pantalla | Bien, ahora localicemos la fuente de poder. Tócala para extraerla | | |
| 45 | | La tenemos, ahora acerquémonos a Pulsar | | |
| 46 | Al llegar a Pulsar encontramos sobre ella el botón de "instalar" | Toca el botón "instalar" para instalar la fuente en Pulsar | | |
| 47 | La primera vez sale un mensaje de error en la pantalla: "Error de instalación". En este punto el nivel de energía de Pulsar cae a un nivel crítico, una indicación en nuestra interface muestra esto | ¿Error de instalación? no puede ser, volvamos a intentarlo! | | |
| 48 | Al reintentar aparece "fuente de poder instalada con éxito" | ¡Genial! Pulsar, cómo te sientes? | | |
| 49 | Pulsar hace un sonido y un movimiento de aprobación | Pulsar: sonido de aprobación | | |
| 50 | | ¡Me alegro mucho! nuestro piloto te acaba de salvar, ahora, tenemos que salir de aquí, ya estuvimos mucho tiempo cerca del agujero negro y esto tiene graves consecuencias, luego te explico | | |
| 51 | Mensaje de alerta "Bajo nivel de oxígeno" | Volvamos por la misma región por donde llegamos, Pulsar nos guiará, ten cuidado con los escombros | | |
| 52 | | Se agota el oxígeno dentro de la cabina, hay que volver pronto antes de que no puedas respirar, ¡de prisa! | | |
| 5. La Desolada Tierra | | | | |
| 53 | | Eso fué intenso, ya estamos a salvo! | | |
| 54 | Entorno desolado y de destrucción | Mira a tu alrededor, por difícil de entender que parezca, estamos en la tierra, varios años han pasado aquí desde que salimos | | |
| 55 | | Es lo que pasa al estar cerca de un agujero negro, su enorme gravedad hace que el tiempo pase más lento que aquí en la tierra, es lo que se conoce como teoría de la relatividad | | |

| | | | | |
|----|---|---|--|--|
| 56 | | Estar pocos minutos allá, significaron varios años aquí | | |
| 57 | | Mira lo que tu especie le hizo a la tierra, es completamente inhabitable, por lo menos el centro de control está destruido y la inteligencia superior no podrá encontrarnos. por ahora. no queremos volver a esa prisión. | | |
| 58 | | ¿Recuerdas lo que te dije al principio cuando nos conocimos? que necesitaba tu ayuda para salvar al planeta tierra?, en realidad la verdadera misión comienza ahora | | |
| 59 | El entorno simulado se desvanece y aparece el letrero "simulación terminada", el usuario queda fuera de Occular que se ve, junto a Pulsar en escena | Esto es lo que puede suceder en el futuro si no actuas ahora para evitarlo, la humanidad está depredando de manera acelerada sus recursos naturales disponibles y tu debes hacer tu parte, de tí depende aceptar la misión para cambiar el rumbo de destrucción que lleva tu especie, y aunque el universo sea un lugar gigantesco, tú sólo tienes este planeta para poder vivir. | | |
| 60 | Occular y Pulsar se despiden | Ahora, es momento de irnos, gracias por ayudarnos a recuperar la información, iremos a otros mundos a contar la historia que todavía puedes cambiar | | |
| 61 | Vuelan hacia el horizonte | | | |