

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO SUPERIOR DE DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIPLATAFORMA

**EL ESPACIO EXTERIOR EN EL AULA: IMPLEMENTACIÓN DE  
TECNOLOGÍAS DE REALIDAD VIRTUAL**

Autor: Julián Felipe Arce Calvo

Tutor: Lidia González Rodríguez

Curso Académico: 2022/2024

## AGRADECIMIENTOS

A mi pareja, Amanda, que siempre me apoya de manera incondicional en todo lo que hago, ya que siempre confía ciegamente en mí. Gracias por estar siempre a mi lado.

A mi madre que ha dado todo de sí estos años para que yo pueda seguir formándome, y evidentemente por quererme pase lo que pase. Gracias por tus sacrificios, tus consejos sabios y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis compañeros del curso, con quienes he compartido innumerables horas de estudio y risa. Gracias por vuestro apoyo, compañerismo y amistad. Después de estos dos años, me despido con muchos amigos nuevos, y sé que este viaje académico no hubiera sido el mismo sin vosotros.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, han contribuido a la realización de este trabajo.

<b>1.INTRODUCCIÓN</b>	3
1.1 Objetivos del proyecto	5
1.2 Metodología	6
<b>2.MARCO TEÓRICO</b>	6
2.1 Introducción	6
2.2 La realidad virtual en la educación	7
2.3 Tendencias en Aplicaciones de Realidad Virtual Educativa	8
2.4 Ejemplos de aplicaciones de realidad virtual educativa	9
<b>3. REQUISITOS</b>	10
3.1 Objetivos de la aplicación y justificación	10
3.2 Entrevista con una profesora: Identificación de Necesidades Específicas de los estudiantes	12
<b>4 DISEÑO</b>	13
4.1 Arquitectura de la Aplicación VR	13
4.2 Experiencia del Usuario en el Espacio Virtual	15
4.3 Interactividad y Funcionalidades Educativas	17
<b>5 IMPLEMENTACIÓN</b>	19
5.1 Desarrollo de Contenidos Espaciales	19
5.1.1 Investigación y Selección de Contenidos	19
5.1.1 Elementos espaciales 3D	19
5.1.2 Programación y Tecnologías usadas	21
<b>6 PRUEBAS</b>	36
6.1 Pruebas con Meta SDK Interaction en Unity y VR Builder	36
6.2 Pruebas Intermedias durante el Desarrollo	38
6.3 Pruebas Finales	41
<b>7 CONCLUSIONES</b>	44
7.1 Logros y Resultados Alcanzados	44
7.2 Impacto en la Educación Espacial	44
<b>8 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS</b>	45
8.1 Ampliación de Contenidos y Funcionalidades	45
8.2 Investigación sobre Efectividad Educativa	46
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	47
<b>ANEXO</b>	50

## 1.INTRODUCCIÓN

En el estimulante y amplio mundo del aprendizaje, dos áreas de desarrollo en particular destacan por ser potencialmente innovadoras: la realidad virtual (VR) y la educación espacial. Aunque actualmente existen programas educativos en cada uno de los dos campos mencionados, ambos parecen ser un suelo muy fértil para un tipo de innovación que podría revolucionar completamente la forma en que los niños son capaces de aprender, interactuar y entender el mundo que les rodea.

El mundo, con toda su variada magnitud en los temas de la astronomía y la investigación del espacio, es, obviamente, un lugar complejo. Sin embargo, tal es la necesidad de comprender estos temas desde una edad temprana, incluso durante la Educación Infantil, en proyectos científicamente innovadores de tal manera que se motive y estimule el interés científico en las mentes jóvenes.

La Realidad Virtual tiene una variedad de beneficios sorprendentes para el mundo de la educación. Esta es la tecnología que ayudará a los alumnos a explorar la imaginación, aprender del aprendizaje de la experiencia y adquirir habilidades espaciales con la experiencia adquirida en un entorno interactivo y desafiante. La experiencia espacial se vuelve excepcional de una manera no convencional, lo que crea más motivación e interés para aprender de los estudiantes.

Estos niños no solo escuchan o leen sobre el espacio; pueden "viajar" por el sistema solar, explorar planetas distantes y llevar a cabo misiones espaciales imaginarias. No solo es un gran incentivo, sino que también hace que el aprendizaje sobre el espacio y la ciencia sea mucho más efectivo. Desde visitas virtuales a la Estación Espacial Internacional, aterrizajes en la luna simulados y lanzamientos de cohetes, la realidad virtual tiene una lista de experiencias de aprendizaje que ni siquiera se podían imaginar. No solo está cambiando la forma en que se enseña el espacio, sino que también está ayudando a fomentar el interés en la mente de los estudiantes por el futuro y lo que el universo tiene reservado.

## 1.1 Objetivos del proyecto

El **objetivo general** de este proyecto es fusionar estas dos gamas educativas, creando una aplicación VR educativa centrada en el espacio y potencia de las habilidades espaciales e imaginación, diseñada específicamente para ayudar a los niños a explorar y aprender más de nuestro universo de una manera más práctica e interactiva.

Aparte de impartir conocimientos y datos interesantes sobre los cuerpos celestes, tiene como objetivo ayudar a desarrollar habilidades cognitivas como el pensamiento espacial, la resolución de problemas y el aprendizaje práctico, mediante la implementación de actividades educativas e innovadoras con experiencias envolventes.

### **Objetivos específicos:**

1. **Fomentar el pensamiento espacial:** Mediante actividades que impliquen la visualización y manipulación de objetos espaciales en 3D, se busca mejorar la capacidad de los niños para comprender y trabajar con conceptos espaciales.
2. **Desarrollo de habilidades de Resolución de problemas:** Se implementan desafíos y actividades interactivas que requieren de que los niños piensen críticamente y resuelvan problemas relacionados con la astronomía.
3. **Promover el aprendizaje práctico:** proporcionar una aplicación o plataforma donde el alumnado pueda experimentar con los fenómenos astronómicos y puedan comprender conceptos complejos y abstractos de una manera práctica y visual.
4. **Incorporar diversos métodos educativos:** Utilizar una combinación de métodos educativos, como la exploración libre, juegos educativos, con el fin de satisfacer diversas formas de aprendizaje y fomentar el interés y la motivación de los alumnos.

- 5. Facilitar el acceso a la educación espacial:** Crear una herramienta accesible que permita al alumnado aprender sobre el espacio superando las barreras físicas.

## 1.2 Metodología

**Investigación y Selección de Herramientas:** Como parte del proceso de investigación, se realizaron pruebas con diversas herramientas y plataformas de desarrollo de VR para determinar la más adecuada para este proyecto. Las plataformas evaluadas fueron VR Builder, ZOE y Meta XR Interaction SDK. Tras una evaluación exhaustiva, Meta XR Interaction SDK fue seleccionada por su flexibilidad, capacidad de personalización y amplio soporte para dispositivos VR.

**Desarrollo y diseño:** Se realizó una investigación que involucra a personas dedicadas a la educación .

**Implementación y pruebas:** La aplicación se desarrollará utilizando una de las tecnologías más famosas de VR y de juegos en general. Se realizarán pruebas exhaustivas para garantizar la calidad y usabilidad de la aplicación para evaluar su efectividad en el logro de los objetivos educativos planteados. Se espera que la investigación contribuya en su máximo posible a la educación espacial en Educación Infantil aprovechando las altas capacidades de la realidad virtual.

## 2.MARCO TEÓRICO

### 2.1 Introducción

En el apartado de marco teórico, se incluirá fundamentos y bases teóricas así como la investigación de otras tecnologías VR y educación espacial enfocadas a la enseñanza.

Se aportarán de opiniones de personas dedicadas a la enseñanza infantil que ayudarán a resolver dudas y dar respuestas a posibles preguntas en todo este trabajo de investigación. Así como ideas relacionadas con las ciencias y el espacio.

El objetivo es utilizar todo esto de la manera más real y productiva posible en los colegios con los niños para desarrollar y justificar la metodología de la forma más eficiente y real.

## 2.2 La realidad virtual en la educación

Con el paso del tiempo la enseñanza ha ido avanzando tecnológicamente de manera exponencial, desde pizarras digitales hasta los portátiles dados a muchos alumnos por parte de la Junta de Andalucía en el año 2010 para fomentar el uso de tecnología en el día a día.

Las primeras gafas de Realidad Virtual se crearon en 1960 por Morton Heiling llamadas “Telesphere Mask”, este prototipo fue evolucionando y sigue a día de hoy como por ejemplo las Meta Quest 3 o Apple Vision Pro, las cuales ya permiten funcionalidades que se creían imposible.

Algunos hitos de la VR a mencionar podrían ser:

- ❖ HTC y Valve anuncian su primer headset de VR, el Vive VR
- ❖ Oculus desvelaba su headset Rift junto a los Oculus Touch
- ❖ Meta Quest 3 potenciaría la realidad Mixta como nunca antes vista

En el ámbito educativo la principal ventaja que dispone la VR es la superación de barreras físicas, con esto refiriéndose al acceso de múltiples recursos al alcance de cualquiera con un dispositivo del mismo. Véase el famoso Museo del Louvre (Francia) que pone a su disposición un entorno extremadamente realista sin importar la ubicación geográfica del usuario.

Mencionando otras ventajas, tales como la comprensión de conceptos abstractos o vivir actos pasados a través de escenarios virtuales, ayudan positivamente a los alumnos y profesores.

Como base se aporta el resultado de un artículo realizado por Hsiu-Ling Huang, Gwo-Jen Hwang, los cuales dividieron su clase en dos grupos con el mismo ejercicio planteado: escribir la Montaña de Jade de Taiwán. Al primer grupo se le dió la oportunidad de usar la VR mientras que al otro sólo se le facilitaron textos, fotos y vídeos.

El resultado, los alumnos que usaron la VR escribieron textos más detallados que el otro grupo, aún así constan de que sólo el uso de la realidad virtual no es suficiente, sino algo complementario.

Para entender cómo podría afectar positivamente la VR en la educación general hay que saber cómo funciona la misma:

El dispositivo usado comúnmente son gafas con varias lentes, las cuales envían dos imágenes diferentes a cada uno de nuestros ojos, usando el formato 3D.

Junto al audio inmersivo, conjunto de sensores y cámaras y los controladores de posición en equipos más modernos hacen que las gafas puedan reproducir estos universos virtuales.

### 2.3 Tendencias en Aplicaciones de Realidad Virtual Educativa

En la última década, la tecnología y las soluciones de tecnología han ido aumentando en fuerza, en parte, a la emergencia de la tecnología, así como al cambio de las necesidades y expectativas de los usuarios. Esta parte de la propuesta identificará algunas de las principales tendencias para el proyecto en el sector del desarrollo de aplicaciones de Realidad Virtual, en general, así como con fines educativos.



**ZOE:** es una experiencia de aprendizaje con la que puedes crear, programar visualmente y explorar mundos interactivos simplemente con la intervención del visor de realidad virtual, no es necesario escribir código, y cualquier persona puede hacerlo.

**VR Builder:** Esta es una característica que permite a los desarrolladores fácilmente construir experiencias utilizando su editor de procesos que se puede usar desde la creación de condiciones, así como animaciones sin codificar, y lo emocionante es que es de Código Abierto y se puede extender a través de código. También viene con una característica de conversión de texto a voz, un generador de zonas de enganche y un generador de escenas para Unity.

**Meta XR Interaction SDK:** Es una paquete que provee una serie de herramientas gratuitas para el desarrollador de realidad virtual, que es el desarrollador de escenario, recursos, y scripts que se utilizan para crear aplicaciones con una plantilla de aplicaciones Meta.

#### 2.4 Ejemplos de aplicaciones de realidad virtual educativa

**InMind VR 2:** Esta aplicación es un juego arcade que ayuda a los estudiantes a entender cómo funciona el cerebro humano mediante un viaje a una recreación del mismo. Los estudiantes pueden reducir su tamaño para adentrarse al interior del cerebro y entender cómo funciona.

**Anatomyou:** Esta aplicación permite a los estudiantes obtener una visión completa y en 3D de la anatomía del cuerpo. Está especialmente diseñada para estudiantes de ciencias de la salud, pero también es adecuada para lecciones sobre anatomía en educación secundaria.

**Unimersiv:** Esta aplicación es una de las más completas para aprender mediante RV. Los estudiantes pueden aprender sobre historia, convertirse en astronautas para conocer la Estación Espacial Internacional, y aprender anatomía humana.

**VR Lessons by ThingLink:** Esta aplicación permite a los educadores crear lecciones interactivas y personalizadas utilizando contenido multimedia y realidad virtual.

**Mondly VR:** Esta aplicación ofrece un ejercicio virtual para aquellos que están aprendiendo un nuevo idioma. Los estudiantes pueden recorrer mundos virtuales y conversar con personas que hablan el lenguaje que están estudiando.

**Virtualspeech:** Esta aplicación es un software de entrenamiento que ayuda a los usuarios a dominar su miedo a hablar en público. Utiliza videos en 360 grados y cambia gradualmente la cantidad de personas que atienden a tu conferencia virtual.

**Berlin Blitz:** Esta producción de video virtual de la BBC es un ejemplo de cómo se pueden utilizar las tecnologías de RV para recrear eventos históricos y hacer que el aprendizaje sea más inmersivo.

### 3. REQUISITOS

#### 3.1 Objetivos de la aplicación y justificación

Este TFG se centra en la utilización del programa Unity junto al visor disponible para el *testing* (Meta Quest 2), para crear una serie de experiencias interactivas que puedan ser utilizadas por el alumnado infantil, buscando desarrollar varias habilidades cognitivas siendo la experiencia misma la más práctico posible a comparación de utilizar videos o libros, etc.

El objetivo principal de esta aplicación es:

El desarrollo de experiencias interactivas cortas e intuitivas basadas en la educación infantil donde los niños puedan aprender de una manera más práctica y visual.

Los objetivos específicos son:

- ❖ Aprender a utilizar las herramientas de desarrollo de Unity para la creación de entornos VR
- ❖ Familiarizarse con los conceptos de XR.
- ❖ Explorar técnicas de diseño de interacción para experiencias VR.
- ❖ Fomentar habilidades cognitivas de los infantes, tales como: la atención, la memoria, percepción espacial, a través de diversas experiencias interactivas que contribuyan al desarrollo de las mismas.

### Justificación

La educación espacial para la etapa de Educación Infantil se centra en el desarrollo de conceptos espaciales en los niños e introducir conceptos relacionados con el espacio exterior y los cuerpos celestes. Es importante destacar que la educación espacial del universo para niños pequeños puede enfocar una serie de actividades de manera adaptada a su nivel de comprensión y desarrollo cognitivo.

En la educación infantil, la realidad virtual se utiliza para crear entornos simulados que brinden experiencias de aprendizaje prácticas y envolventes. Los niños pueden visitar lugares históricos, explorar anatomía humana en 3D, entre otras actividades interactivas. Estos entornos mejoran la comprensión y retención de la información.

Por lo tanto la mezcla de la educación espacial y la realidad virtual es una gran oportunidad para los más pequeños ya que puede abarcar ciertos conceptos complejos y abstractos del universo para que sean más accesibles para ellos y fomenta el aprendizaje activo al permitir que los estudiantes interactúen con el contenido educativo de manera práctica y participativa.

### 3.2 Entrevista con una profesora: Identificación de Necesidades Específicas de los estudiantes

Se presenta una entrevista realizada a una profesora con el objetivo de identificar y comprender las necesidades específicas de los estudiantes en relación con el proyecto de desarrollo de una aplicación de RV educativa.

La entrevista se llevó a cabo como objetivo de recolección de requisitos para garantizar que el diseño y desarrollo de la aplicación estén alineados con las expectativas y requerimientos educativos del público objetivo de la manera más cercana y realista posible.

Se exploraron las necesidades de aprendizaje de los estudiantes, las preferencias y otros factores que influirán en el diseño y funcionalidad de la aplicación. El objetivo principal era obtener información sobre cómo las aplicaciones de realidad virtual pueden satisfacer mejor las necesidades educativas y brindar a los estudiantes experiencias de aprendizaje efectivas y enriquecedoras.

En el Anexo del documento se proporcionarán las preguntas realizadas.

La profesora Amanda Domínguez Garrido compartió su experiencia y desafíos al enseñar temas relacionados con el espacio y la astronomía. Los estudiantes muestran gran interés en estos temas, pero tienen dificultades para visualizar conceptos abstractos como la gravedad y las órbitas planetarias. Amanda considera que estas herramientas pueden revolucionar la enseñanza, ofreciendo experiencias de aprendizaje más inmersivas y efectivas. Destacó la potencialidad de la RV para superar las limitaciones de los métodos tradicionales y mejorar la comprensión y la motivación de los estudiantes. Además, sugirió la utilización de evaluaciones iniciales y finales para medir el impacto de la RV en el aprendizaje.

Como conclusión, la realidad virtual se presenta como una herramienta prometedora para la enseñanza de la astronomía, capaz de mejorar significativamente la comprensión de conceptos complejos y motivar a los estudiantes. La implementación de esta tecnología en el aula podría transformar la

experiencia educativa, proporcionando una forma más interactiva y menos estresante de evaluar el progreso de los estudiantes.

## **4 DISEÑO**

La premisa de diseño de las aplicaciones educativas de realidad virtual relacionadas con el espacio es proporcionar a los usuarios (principalmente niños y estudiantes) una plataforma inmersiva y estimulante para explorar los misterios del universo de una manera interactiva y educativa. Con este objetivo en mente, tomamos decisiones fundamentales sobre arquitectura, experiencia de usuario y funciones educativas para garantizar una experiencia rica y atractiva.

### **4.1 Arquitectura de la Aplicación VR**

Durante la fase de diseño y desarrollo, se consideraron y probaron varias plataformas de desarrollo de VR, incluyendo VR Builder y ZOE. Aunque ambas ofrecieron ventajas en términos de facilidad de uso y rapidez de desarrollo, finalmente se optó por Meta XR Interaction SDK debido a sus capacidades superiores para manejar interacciones complejas y personalización avanzada. Esta decisión permitió crear una experiencia educativa rica e inmersiva, optimizada para su uso en Meta Quest 2 y otros visores VR.

La arquitectura de esta aplicación VR se ha diseñado con el objetivo de ofrecer la mejor experiencia inmersiva y educativa posible para el alumnado infantil.

### Componentes principales:

**-Motor de juego Unity:** Se ha elegido Unity ya que ofrece soporte integrado para dispositivos VR sin necesidad de plugins externos, además de que proporciona un entorno de desarrollo eficiente con una interfaz de usuario amigable y sólidas herramientas de depuración. Aparte ofrece un amplia gama de recursos y herramientas gratuitos esenciales para el desarrollo de aplicaciones VR.

**-Visores de realidad virtual:** Para este Trabajo de fin de grado se ha usado para las pruebas el visor Meta Quest 2 pero sin embargo estará optimizado para usar casi cualquier visor.

**-Interfaz de usuario (UI):** Se ha diseñado varias interfaces de usuario intuitiva, atractiva y minimalista que ayuda a llamar la atención de los niños y ayuda a acceder a las diferentes funcionalidades de manera sencilla para ellos. Por ejemplo, la necesidad de no tener que usar mandos.

**-Modelos 3D y texturas:** Se han utilizado recursos gratuitos de Unity y Sketchfab de alta calidad para la posible representación de planetas y elementos del espacio así como diferentes objetos de interés.

**-Scripts y lógica de aplicación:** Se han desarrollado scripts personalizados en C# tanto para algunas funcionalidades de la aplicación como para posibles mejoras en el futuro de la misma. Incluyen interacción del usuario, la navegación y comportamiento de elementos en la aplicación para lograr una ejecución eficiente de las diferentes actividades educativas.

### Flujo de funcionamiento:

1. **Inicialización:** La aplicación se compone de tres escenas, donde el tutor que acompañe al alumnado podrá elegir una de las 3 escenas.

2. **Navegación:** Dentro del espacio virtual, los usuarios se podrán mover usando o no los mandos, ya que se incluye el paquete SDK de Meta. Los usuarios podrán navegar a través de las tres distintas experiencias proporcionadas explorando los diferentes elementos del espacio proporcionados.
3. **Actividades educativas:** Se incluyen en la aplicación tres actividades diferentes, tales como simulador de gravedad con cada planeta del sistema solar, una exploración aún más inmersiva del sistema solar y una simulación de control de un rover espacial. Estas actividades estarán diseñadas para enseñar conceptos relacionados con el espacio de manera divertida y práctica.
4. **Feedback del usuario:** Durante la experiencia, se proporciona feedback visual y auditivo para guiar a los usuarios para reforzar su aprendizaje, pero a la vez se le dará libertad total para interactuar con el entorno virtual.

#### 4.2 Experiencia del Usuario en el Espacio Virtual

La experiencia del usuario (UX) juega un papel crucial en el diseño de aplicaciones educativas de realidad virtual relacionadas con el espacio. Esta sección se centra en cómo el diseño de entornos virtuales puede proporcionar experiencias inmersivas y atractivas para los usuarios, especialmente el alumnado infantil.

##### Diseño de Entornos y Escenarios:

La aplicación presenta una variedad de escenarios y entornos inspirados en el espacio exterior, estarán diseñados para captar la atención y curiosidad de los niños. Incluyen:

**Sistema solar:** Modelos 3D y un escenario del sistema solar para que puedan explorar y saber más de cada planeta.

**Skyboxes:** Escenarios inmersivos para ambientar el usuario en un espacio simulado donde poder observar fenómenos cósmicos, tales como los agujeros negros, satélites y asteroides.

**Robots, indumentaria espacial:** Objetos tales como el casco espacial del Apollo 11 o el famoso robot curiosity serán fundamentales para atraer la atención del alumnado, servirán tanto como para ambientar el entorno como para introducirlos a la robótica espacial.

#### Navegación y movimiento:

Se ha elegido el teletransporte como único método de navegación principal en la aplicación por varias razones fundamentales que tienen en cuenta la experiencia del alumnado infantil:

##### 1.- Reducción del mareo y malestar.

Se han incluido *Teleportation anchors* para favorecer el teletransporte en las áreas de más interés dentro de los espacios virtuales.

2.- Simplicidad y Accesibilidad para niños: al ser un método intuitivo y fácil de usar, es una herramienta útil dado que la mayoría de ellos no estarán familiarizados con los controles de movimiento complejos. Esto facilita el mantener la atención en la actividad y una fácil exploración.

#### Feedback del sistema:

Para mejorar la experiencia del usuario se han incorporado diferentes formas de feedback y respuesta del sistema:

**Indicadores visuales:** Se han incluido etiquetas visuales a muchos objetos con su nombre o función e indicadores visuales a la hora de sujetar objetos usando previsualizadores de confirmación directamente desde la mano del usuario.

**Feedback auditivo:** Se han diseñado algunos sonidos de ambiente para que sea coherente con la temática principal de la aplicación y también se han utilizado los sonidos del pack SDK de Meta.



Sin este feedback del sistema sería bastante complicado guiar al alumnado a través de las distintas actividades proporcionados así como perder la atención del usuario.

#### 4.3 Interactividad y Funcionalidades Educativas

En esta sección, se proporciona una descripción general completa de las diversas funciones interactivas que se han desarrollado específicamente para mejorar la comprensión de conceptos astronómicos y fomentar el crecimiento cognitivo entre los estudiantes en el ámbito de la educación infantil.

##### **Actividades Educativas Interactivas**

Dentro de la aplicación, hay una amplia gama de actividades educativas que se han creado específicamente para cautivar a los usuarios y mejorar su comprensión de temas relacionados con el espacio. Estas actividades incluyen:

**Introducción a la gravedad:** Se ha creado un nuevo ejercicio educativo para explorar la naturaleza de la gravedad y su impacto en los distintos cuerpos celestes que se encuentran en nuestro sistema solar. Además de videos atractivos e informativos, esta actividad ofrece elementos interactivos que ayudan a solidificar el conocimiento de una manera divertida. Su objetivo principal es fomentar una comprensión fundamental del concepto de gravedad y su influencia en los objetos que residen en diferentes planetas del sistema solar.

**Exploración del Sistema Solar:** Se ha desarrollado un entorno virtual donde los usuarios flotan a través de una recreación del sistema solar, donde pueden interactuar con los planetas para entender cómo

funciona su rotación y distancia entre ellos. Cada planeta dispone de un panel informativo para mantener la atención del alumnado.

El objetivo es brindar a los usuarios una experiencia educativa inmersiva que les permita explorar el sistema solar, aprender sobre la alineación de los planetas y conocer sus características individuales.

**Simulación Rover:** Se desarrolló una actividad que ofrece mucha libertad donde se simula y se controla el Rover Curiosity en una superficie simulada de Marte. El objetivo es investigar el suelo marciano en diferentes ubicaciones.

### **Manipulación de Objetos y Experimentación:**

La aplicación permite a los usuarios interactuar con objetos de interés y astronómicos para así explorar conceptos de una manera más práctica. Estas funcionalidades incluyen:

**Manipulación de Modelos 3D:** Los usuarios podrán manipular e interactuar con los modelos 3D de planetas, lunas e incluso con objetos replicados que han viajado al espacio, para examinar su estructura y características desde todos los ángulos.

**Experimentos Virtuales:** Se ha diseñado una pizarra interactiva que permite a los usuarios dibujar y experimentar de una manera creativa con su imaginación, enfocado a parámetros astronómicos y cuerpos celestes, así comprender mejor su impacto en el universo.

## 5 IMPLEMENTACIÓN

### 5.1 Desarrollo de Contenidos Espaciales

A continuación, se describe el proceso de diseño/desarrollo del contenido espacial a ser incluido en la aplicación de realidad virtual educativa. Esto incluirá la investigación y la elección del contenido, el diseño y la programación de los objetos espaciales interactivos a ser utilizados.

#### 5.1.1 Investigación y Selección de Contenidos

Para garantizar que la aplicación sea educativa y al mismo tiempo lo más atractiva posible para el alumnado, se investigaron los temas más relevantes y educativos del espacio, así como las conclusiones de la entrevista a la profesora. Los temas seleccionados fueron::

**Sistema Solar:** Información, características de los planetas como la gravedad de cada planeta, lunas y otros cuerpos celestes.

**Exploración espacial:** Historia y datos sobre misiones espaciales, robots, astronautas y tecnologías espaciales.

**Juego libre:** destinar espacios para el juego libre y la exploración espontánea es crucial para el desarrollo de la creatividad infantil. En un ambiente estimulante, el alumnado puede imaginar, experimentar y crear libremente.

#### 5.1.1 Elementos espaciales 3D

Los elementos 3D utilizados tienen licencia CC Attribution e incluso pueden utilizarse comercialmente. Todo el contenido estará incluido en la bibliografía, incluidos sus autores y enlaces. No estarán incluidos algunos de los modelos 3D de la NASA debido a la baja resolución que disponen.

Algunos conceptos sobre algunos elementos espaciales están explicados en el Anexo para mayor comprensión de este Trabajo de Fin de Grado.

Páginas para estos modelos: [Sketchfab](#) y [Unity AssetStore](#)

Otros elementos utilizados son los paquetes Meta SDK descargados e importados de Unity AssetStore, que contienen múltiples plantillas y scripts listos para usar para facilitar el desarrollo rápido de aplicaciones. Todas estas plantillas y modelos se explicarán en detalle.

Los elementos 3D incluyen:

- ❖ Las texturas de la Tierra y la Luna son mapas proporcionados por la NASA.
- ❖ Robots espaciales como el rover Curiosity o el Opportunity, satélites como Lucy, un módulo de comandos del Apollo 11. También se incluye una animación del robot Rochette.
- ❖ Indumentaria espacial como el casco de astronauta del Apollo 11 y una muestra de un traje de astronauta completo.
- ❖ Un puzzle del sistema solar, una recreación del mismo y un entorno interactivo en el cual el alumnado puede explorar con más cercanía cada planeta. Se incluyen modelos de cada planeta para que el alumnado interactúe libremente con ellos.
- ❖ Pantallas e imágenes con vídeos informativos sobre la gravedad de cada planeta comparado con la tierra adaptado a la educación espacial infantil.
- ❖ Pizarra interactiva digital con varios rotuladores para que el alumnado pueda dibujar y pintar en el entorno virtual su propio planeta de una manera más atractiva y cercana a la realidad.

### **5.1.2 Programación y Tecnologías usadas**

La programación, interactividad, edición de plantillas y animaciones se realizó en Unity. Los aspectos clave incluyen:

- ❖ Interacciones con los modelos 3D: Manipulación, rotación y el acercar/alejar los modelos.
- ❖ Animaciones de entorno: Animaciones hechas con el Animator de Unity para hacer un entorno más inmersivo.
- ❖ Integración de controles: Edición de la plantilla de Meta para permitir una interacción más intuitiva como el hecho de no necesitar mandos y poder utilizar las manos, consiguiendo una experiencia lo más inmersiva posible.
- ❖ Etiquetas explicativas: Se proporcionan para la mayoría de modelos 3D etiquetas para saber cómo interactuar con los objetos o para proporcionar información detallada.

Se incluye como parte de la investigación el funcionamiento de algunos diseños y características realizados en Unity descartadas en el proyecto final pero que han servido de base para poder desarrollarlo, así como algunas características que se podrían agregar a futuras funcionalidades.

#### **Meta XR Interaction SDK:**

Es una librería para Unity de componentes que añaden controladores e interacciones para las manos y la detección del cuerpo para las experiencias interactivas.

Características:

- Diferentes maneras de agarrar un objeto, incluye poses de las manos, agarre de lejos y cerca o agarre dinámico.
- [Raycasting](#)
- Plantillas de teletransporte y para girar la cámara
- Distinta manipulación de objetos
- Personalizar la pose de las manos al manipular algún objeto
- *Snapping* de objetos a otra ubicación
- UI personalizable
- Física de objetos

Se ha usado esta librería como plantilla para el proyecto final ya que proporciona un inicio rápido para las aplicaciones VR.

### Desarrollo:

Se explicará en detalle las funcionalidades de los componentes de cada una de las tres escenas para facilitar la comprensión del proyecto junto a una breve explicación y funcionalidad de cada uno para entender el porqué se ha elegido y que beneficios tiene para la educación espacial infantil y el desarrollo de habilidades cognitivas.

Primero se explicarán los componentes comunes en las escenas:

**OVRCameraRigInteraction:** Es el objeto que contiene la cámara para el seguimiento del visor, el *tracking space* para el seguimiento de los ojos y ambas manos, el controlador de movimiento y el controlador de ambas manos, tanto como para cada mando como para sólo las manos.

**OVRCameraRig**: componente fundamental del SDK de Meta XR, que se utiliza para configurar la cámara y el seguimiento, esencial para la posición y orientación del usuario en VR.

Es el contenedor principal que organiza las cámaras y anclajes de seguimiento.

Asegura que las cámaras y objetos controlados por el usuario se actualicen correctamente en el sensor de realidad virtual.

Contiene 3 scripts fundamentales para el correcto funcionamiento del jugador en VR, estos son:

[OVR Camera Rig](#)

[OVR Manager](#)

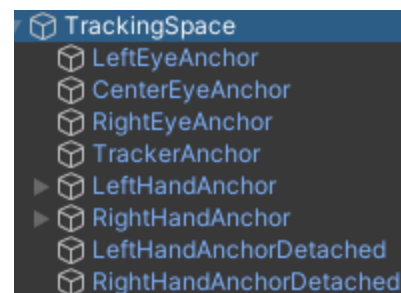
[OVR Headset Simulator](#)

Para la aplicación el único parámetro a retocar es en el script OVR Manager→ Tracking→ Tracking Origin Type: Floor Level

Esto servirá para una correcta posición del visor con respecto a la simulación independientemente de la altura del usuario.

**TrackingSpace**: GameObject secundario de OVRCameraRig, actúa como el espacio de seguimiento principal para los objetos relacionados con la cámara en la escena.

**LeftEyeAnchor** y **RightEyeAnchor**: puntos de anclaje para ojos izquierdo y derecho, componentes responsables del renderizado de la vista por cada ojo.

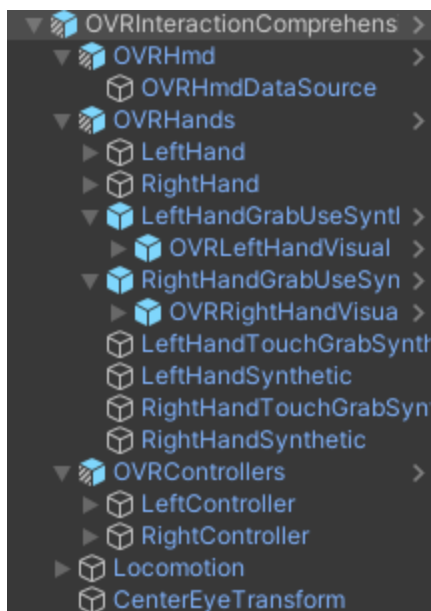


**CenterAnchor:** punto de anclaje central que contiene la cámara que representa la visión monoscópica, responsable de renderizar una vista panorámica del entorno.

**TrackerAnchor:** punto de anclaje utilizado para adjuntar objetos o elementos en la escena que necesitan ser rastreados junto con el '*OVRCameraRig*'.

**LeftHandAnchor y RightHandAnchor:** puntos de anclaje dedicados para representar las manos izquierda y derecha del usuario en el entorno virtual. Son utilizados comúnmente para adjuntar modelos 3D de las manos del usuario o controladores de movimiento.

**LeftHandAnchorDetached y RightHandAnchorDetached:** diseñados para representar las manos del usuario cuando los controladores de movimiento no están físicamente presentes en el seguimiento del sistema.



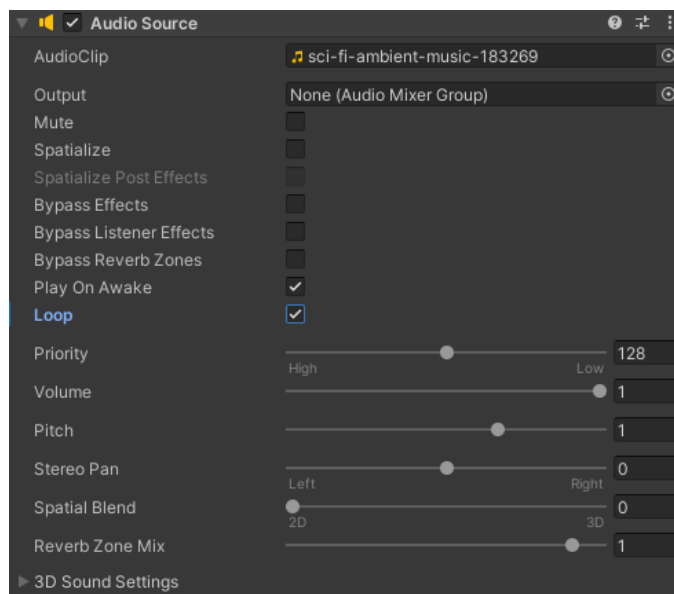
**OVRInteractionComprehens:** Contiene todas las funcionalidades de los controles de los mandos, tales como el seguimiento, selección a distancia, modelos 3D de las manos y controladores, el sistema de teletransporte y de locomoción.

**Teleport:** Todo objeto 3D usado como suelo de la escena tendrá un componente hijo llamado: **TeleportInteractable**, que contiene el script *Teleport Interactable* para seleccionar la zona o collider válidos para el teletransporte y el *Reticle Data Teleport*

Se ha añadido música de ambiente a las Escenas 1 y 2 para una experiencia más inmersiva.

Se compone de un componente de tipo Audio Source donde el valor de este componente se compone de una pista de audio.





Se han marcado las casillas de *Play On Awake* y *Loop*, para que la pista de audio sea reproducida al iniciar la escena y en bucle

### Escena 1: Introducción a la Gravedad

Ha sido seleccionado un entorno diseñado con el paquete modular "Sci-Fi Styled Modular Pack" para la primera escena.

Con la intención de inspirar en la ciencia ficción, este espacio cuenta con ventanas y techo transparente que permiten ver eventos externos para captar la atención de los estudiantes.

En este momento se enseñará a los estudiantes el concepto abstracto de la gravedad mediante la interacción de modelos 3D de planetas y material informativo en forma de vídeos e imágenes.

Esto contribuye al desarrollo de la habilidad cognitiva de comprensión abstracta, la cual es esencial en el crecimiento de los niños, permitiéndoles avanzar hacia pensamientos sobre conceptos, ideas y teorías en lugar de quedarse en lo concreto.

Desarrollar la habilidad del pensamiento crítico ayuda a los niños a tomar decisiones y expresar sus opiniones en la vida cotidiana, lo que les permite ganar autonomía y confianza en sí mismos.

El objetivo de esta actividad es que los estudiantes adquieran una comprensión fundamental del concepto abstracto de la gravedad mientras exploran un entorno intuitivo a través de la interacción de modelos 3D de planetas y material informativo.

Elementos:

- ❖ Plano → [Plano visto desde arriba](#)
  - Se ha diseñado una habitación de alrededor 6x6 casillas para que sea lo más minimalista posible y evitar una posible pérdida de interés y/o atención.
  - Se puede observar los diferentes planetas en posiciones aleatorias para que el alumnado pueda explorar e interactuar de una manera más libre.
  - La disposición de los objetos 3D está diseñada para un fácil entretenimiento y desplazamiento por el entorno.
  - Los bordes del plano son ventanas transparentes en las que se pueden observar algunos fenómenos como el sistema solar.
- ❖ Planetas interactivos → [Planeta de muestra](#)
  - Se han escogido las texturas de mayor resolución para que el alumnado al interactuar con el objeto 3D pueda observar con el máximo detalle posible toda la superficie del mismo.
  - Cada uno dispone de una gravedad a escala con respecto a la Tierra para una simulación más inmersiva.
  - Esta actividad ayuda a desarrollar la percepción visual y atención al detalle gracias a que permite que el alumnado pueda observar características de la superficie planetaria mejorando su capacidad para reconocer y analizar detalles visuales.

Además ayuda al pensamiento espacial, a través de la gravedad simulada que proporciona una experiencia inmersiva que facilita la comprensión de conceptos abstractos.

❖ Robot curiosity → [Robot curiosity](#)

- Curiosity es un rover de la NASA que formó parte de la misión Mars Science Laboratory. Es el robot más grande y capaz que se ha enviado a Marte hasta la fecha.
- Se ha usado el modelo más realista posible junto con varias animaciones incluidas para que el alumnado pueda ver de cerca el funcionamiento
- Se añaden unos textos complementarios para información extra.
- Esta actividad ayuda al desarrollo de la comprensión técnica y científica, el modelo realista y las animaciones del *Curiosity* permiten al alumnado comprender sobre la tecnología y métodos científicos utilizados en la exploración de Marte.

❖ Pantalla de vídeo → [Pantalla](#)

- Se agrega un modelo 3D de una pantalla que contiene un reproductor para un video informativo sobre la gravedad que se complementa a la actividad principal de esta primera escena
- Esta actividad ayuda al desarrollo de la comprensión auditiva y visual ya que la pantalla de vídeo proporciona una manera eficaz de presentar información compleja de manera comprensible y accesible.

❖ Puzzle 3D sistema solar → [Puzzle 3D](#)

- Se añade una actividad extra para construir un sistema solar.

- Dispone de modelos 3D de las órbitas y planetas miniatura→ [Planeta Miniatura](#)
  - Es una plantilla modificada del paquete de *Meta XR Interaction SDK*
  - Esta actividad ayuda al pensamiento lógico y secuencial con el puzzle 3D que obliga a los estudiantes a aplicar el razonamiento lógico para colocar cada planeta.
- Beneficia la coordinación mano-ojo, con la manipulación de modelos tridimensionales que requieren precisión y control motor.

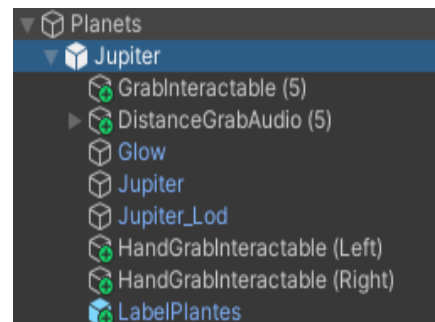
### Desarrollo Escena 1

Para el funcionamiento de cada interacción con los modelos 3D de cada planeta, se ha necesitado una serie de componentes y scripts explicados a continuación:

Estructura general del modelo de un planeta interactivo:

#### GameObject Principal: *Jupiter*

Este objeto principal representa al planeta en la escena y contiene todos los componentes necesarios para la interacción.



Este contiene un Sphere Collider y Rigidbody para el correcto funcionamiento de las físicas donde el Rigidbody contiene un valor de masa específico para la simulación de la gravedad.

Contiene un Snap Interactor que permite que un objeto se acople a una pose específica, un componente Physics Grabable para que los objetos sean agarrados y manipulados físicamente por el usuario y por último un Interactable Trigger Broadcaster para enviar eventos o señales cuando ocurren ciertas interacciones con un objeto en un entorno virtual.

#### GameObjects hijos:

*GrabInteractable*: Permite que los objetos detecten cuando son agarrados por los controladores del usuario. Esto incluye eventos cuando el objeto es agarrado y soltado. Puede incluir características como la gravedad, colisiones y otros efectos físicos. En este caso está modificado para el agarre a distancia y la curvatura de la misma a través de los scripts *Distance Grab Interactable* y *Auto Move Towards Target Provider*.

*DistanceGrabAudio*: Proporciona retroalimentación auditiva durante las interacciones de agarre a distancia, mejorando la experiencia inmersiva del usuario.

*“HandGrabInteractableLeft”* y *“HandGrabInteractableRight”*: Permiten que los objetos en la escena sean agarrados y manipulados por las manos del usuario en lugar de por controladores. Estos son modificables ya que permite personalizar la pose de la mano al interactuar con un objeto ya sea a distancia o de una manera más cercana.

*LabelPlanets*: Permite que los modelos puedan tener un nombre descriptivo asociado a través de un TextMeshPro.

Para la pantalla que reproduce un video dispone de los siguientes componentes:

*Box Collider*

*VideoPlayer*: En el apartado de VideoClip se importa el video formato mp4 desaseado.

Se han desarrollado varios puntos de teletransporte en esta escena hacia los puntos de más interés.

GameObject Principal: *LocomotionHotspots*

Este objeto contiene dos GameObject hijos llamados *TeleportHotspot*, estos puntos son esenciales para permitir la navegación y la locomoción dentro de un entorno virtual sin necesidad de moverse físicamente en el mundo real. Este GameObject contiene los siguientes componentes

*TeleportInteractable*: Proporciona la mecánica básica para activar y gestionar el proceso de teletransporte.

*Interactable Unity Event Wrapper*: Envuelve los eventos de interacción y los expone a través del sistema de eventos de Unity.

*Reticle Data Teleport*: Está relacionado con la representación visual del retículo.



Para la mecánica del teletransporte, los GameObjects en los que se permite compartir algunos componentes. El componente padre Floor contiene todos los GameObjects permitidos para el teletransporte.

*Floor\_x*: Contiene un *Box Collider* y un *TeleportInteractable*. Tiene a su vez un componente hijo llamado *Surface*.

*Surface*: Contiene un *TeleportInteractable* y un *Reticle Data Teleport*.

*Collider*: Contiene un *Box Collider* y un *Collider Surface*.

El conjunto de esta estructura permite que el jugador pueda o no teletransportarse por la superficie y reduciendo la *Motion Sickness*.

## Escena 2: El Sistema Solar

Se ha diseñado un entorno espacial que es fundamental para crear una experiencia inmersiva en una aplicación de realidad virtual (VR) educativa sobre el sistema solar.

La calidad y el realismo del entorno afectan significativamente la percepción del usuario y su capacidad para aprender y explorar.

Esta escena ayudará al desarrollo del pensamiento espacial del alumnado, permitiéndoles comprender y recordar las posiciones relativas de los planetas en el espacio. Además, favorecerá la

memoria visual gracias a la exposición repetida a los modelos 3D de los planetas y sus características distintivas.

Asimismo, contribuirá a la comprensión de la escala y proporción, ayudando a los estudiantes a entender y relacionar diferentes tamaños y distancias.

A continuación, se detallan los componentes y consideraciones clave que han sido usados para desarrollar un entorno espacial tridimensional.

### Desarrollo Escena 2

El sistema de teletransporte es exactamente el mismo que en la Escena 1, se dispone de un GameObject llamado *Floor* con sus hijos *Surface* y *Collider*.

El GameObject principal de esta escena es *Solar\_System\_Final*, el cual se compone de una animación realista del movimiento y una serie de objetos hijos que incluyen desde todos los planetas hasta las órbitas de los mismos, esto se detalla a continuación:

A excepción del sol todos los planetas disponen de un script personalizado llamado *Point Of Interest*, que al detectar al jugador a cierta distancia personalizable, se muestra un panel informativo.

En este script se detalla un array de paneles en el caso de que un planeta tenga más de un solo panel informativo y una distancia de activación.

Los paneles informativos están hechos a través de un objeto Canvas con su propiedad *Render mode* en “World Space” y un objeto hijo de tipo *RawImage*, donde su textura debe ser la propia imagen que se quiera mostrar en la escena.

Para que esta imagen se muestre correctamente y en alta resolución, debe de ser tipo Textura 2D y en el campo *Texture Type* el valor debe ser “Sprite (2D and UI)”.

Con la combinación de estos elementos a cada modelo 3D de cada planeta se consigue un sistema solar explorable y con curiosidades de cada planeta, esto hará que sea atractivo para el alumnado infantil y a la vez puedan aprender nuevos conceptos.

```
public class PointOfInterest : MonoBehaviour
{
    public List<GameObject> infoPanels; // Lista de paneles de información que se mostrarán
    public float activationDistance = 5f; // Distancia a la que se activarán los paneles
    private Transform player; // Referencia al jugador o la cámara

    ☺ Mensaje de Unity | 0 referencias
    void Start()
    {
        player = Camera.main.transform;
        SetPanelsActive(false); // Paneles ocultos al inicio
    }

    ☺ Mensaje de Unity | 0 referencias
    void Update()
    {
        float distance = Vector3.Distance(player.position, transform.position);
        if (distance <= activationDistance)
        {
            SetPanelsActive(true);
        }
        else
        {
            SetPanelsActive(false);
        }
    }

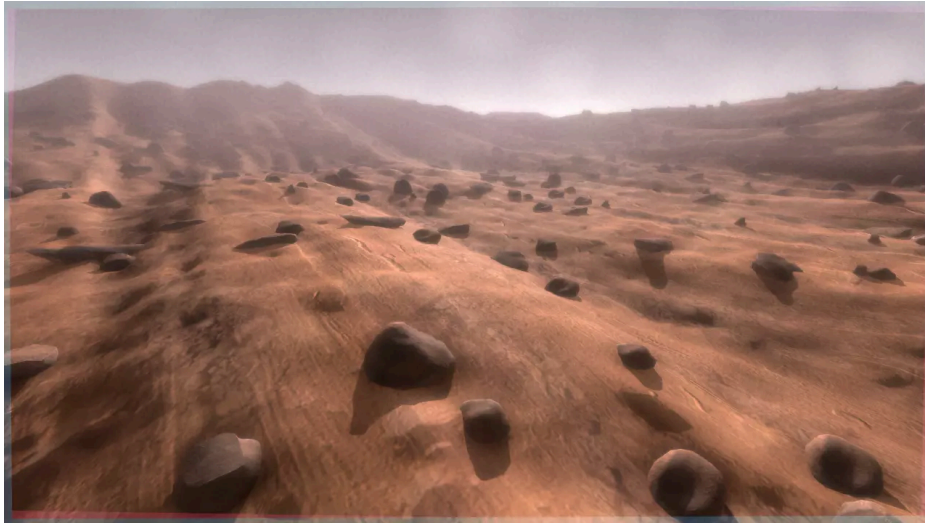
    3 referencias
    void SetPanelsActive(bool isActive)
    {
        foreach (GameObject panel in infoPanels)
        {
            panel.SetActive(isActive);
        }
    }
}
```

### Escena 3

Se ha diseñado un entorno de simulación en la superficie de Marte, fundamental para crear una experiencia inmersiva en una aplicación educativa de realidad virtual (VR) centrada en la exploración espacial utilizando el rover Curiosity con una visión en tercera persona.



La calidad y el realismo del entorno son elementos críticos que influyen significativamente en la percepción del usuario y su capacidad para aprender y explorar.



Esta escena de simulación tiene como objetivo principal el desarrollo del conocimiento espacial del alumnado, permitiéndoles comprender y recordar la topografía y las características distintivas de la superficie marciana.

Asimismo, contribuye a la comprensión de la escala y proporción, ayudando a los estudiantes a entender y relacionar diferentes tamaños y distancias en el contexto de la exploración espacial utilizando el rover Curiosity.

Se ha añadido a la escena el sistema solar de la Escena 2, escalado a una nueva proporción, junto con un agujero negro para enriquecer la experiencia educativa.

### Desarrollo Escena 3

El atractivo principal de esta actividad es la exploración marciana, para ello se ha utilizado un modelo del rover Curiosity y un terreno simulando una parte de la superficie marciana. El funcionamiento del Curiosity se compone fundamentalmente de scripts que simulan el control en tercera persona.

Para ello el InputActions “RoverControl.InputActions” se modifica añadiendo dos mapas de acción, uno llamado “Move” y otro “Turn”.

El mapa de acción “Move” debe de tener una nueva acción con el Binding Path `<XRController>{LeftHand}/thumbstick` para poder ser controlado con el joystick del mando izquierdo del dispositivo utilizado y poder moverse hacia delante o hacia atrás.

El mapa de acción “Turn” debe de tener una nueva acción con el Binding Path `<XRController>{RightHand}/thumbstick` para poder ser controlado con el joystick del mando derecho del dispositivo utilizado y poder girar de izquierda a derecha.

Es necesario generar el script del Input Actions, y se han incluido dos scripts para definir los controles asociados al Curiosity.

*RoverVRControl.cs*: Este script controla el movimiento y la rotación del rover utilizando el sistema de entrada de Unity.

#### Variables Públicas

**‘moveSpeed’**: *La velocidad a la que se mueve el rover.*

```
public float moveSpeed = 10f;  
public float turnSpeed = 100f;
```

**‘turnSpeed’**: La velocidad a la que gira el rover.

### Variables Privadas

**‘controls’**: Instancia de la clase *RoverControls* que gestiona las entradas del usuario.

**‘moveInput’**: Vector2 que almacena la entrada de movimiento del usuario.

```
private RoverControls controls;  
private Vector2 moveInput;  
private Vector2 turnInput;  
private Rigidbody rb;
```

**‘turnInput’**: Vector2 que almacena la entrada de rotación del usuario.

### Componentes

*rb*: Referencia al componente *Rigidbody* del rover.

Este script es asociado al modelo en la escena *NASA\_Curiosity*

*ThirdPersonCameraFollow*: Se encarga de que la cámara siga a un objetivo en tercera persona de manera suave

### Variables

**‘target’**: El transform del objeto que la cámara debe seguir.

**‘offset’**: La distancia de desplazamiento entre la cámara y el objetivo.

```
public Transform target;  
public Vector3 offset;  
public float smoothSpeed = 0.125f;
```

**‘smoothSpeed’**: La velocidad de suavizado del movimiento de la cámara.

Este script se asocia al GameObject de la escena *ThirdPersonCamera* que contiene el objeto cámara de la escena.

Para el terreno de la escena se ha usado el paquete gratuito [\*Mars Landscape 3D\*](#) que contiene un prefabricado de la superficie marciana.

Este terreno es modificable pudiendo añadir colliders a las piedras, pero para evitar el Motion Sickness no se han activado

## **6 PRUEBAS**

### **6.1 Pruebas con Meta SDK Interaction en Unity y VR Builder**

#### **1. Objetivo de las pruebas:**

El propósito de las pruebas fue comparar la experiencia efectiva del usuario y del desarrollador, así como la efectividad, entre la Interacción de Meta SDK en Unity y el Constructor de VR en la educación espacial. La intención fue determinar la plataforma entre las dos que proporcionó a sus usuarios una mejor interacción en la interfaz de usuario, así como el proceso de desarrollo de manera simple y eficiente para los desarrolladores.

#### **2. Configuración del entorno de prueba:**

Las pruebas se llevaron a cabo en Unity 2022.3.20f1 con Meta SDK para Unity versión 1.2.0 para las pruebas con Meta SDK Interaction y en la misma versión de Unity para las pruebas con VR Builder..

### 3. Descripción de las pruebas:

Las pruebas se basaron en las mismas actividades de interacción con objetos virtuales que se supone que sirven para la educación espacial en ambas aplicaciones. Las mismas condiciones se crearon para la comparación directa de la experiencia del usuario. También se compararon la usabilidad y la eficiencia del proceso de desarrollo en las dos plataformas. En el experimento de VR Builder, se había creado una escena con la base espacial y la tarea de crear su propia nave espacial a través de las maneras de construir básicas que ofrece el VR Builder, como el uso de zonas de ajuste.

### 4. Resultados de las pruebas:

Se encontraron diferencias significativas en la experiencia de usuario, así como en las experiencias de desarrollo de los dos sistemas. Donde el Meta SDK Interaction había proporcionado interacción de una manera fácil y natural a los usuarios, también había proporcionado a los desarrolladores herramientas y capacidades que hicieran el desarrollo de manera efectiva, como un mejor rendimiento en comparación con VR Builder.

### 5. Análisis de los resultados:

Los resultados de las pruebas muestran que no solo la experiencia del usuario tiene que ser tomada en consideración, sino también la experiencia del desarrollador al seleccionar una plataforma de desarrollo. El SDK de Meta Interaction en Unity mejora las experiencias de usuario y mejora el proceso de desarrollo de manera que sea más fluido y productivo para potenciar la implementación a un costo y tiempo más bajo de las aplicaciones de educación espacial.

## 6. Limitaciones y áreas de mejora:

Aunque el SDK de Meta Interaction ha traído una serie de ventajas, el estudio ha destacado algunas limitaciones en las dos plataformas. Por otro lado, el Meta SDK necesita un tipo de configuración de software para su funcionamiento completo, y el propio VR Builder puede tener problemas en el futuro con su rendimiento en entornos y aplicaciones exigentes. Por lo tanto, se debe prestar más atención al factor de pruebas y requisitos de un proyecto dado antes de llegar a un juicio..

## 7. Referencias:

Los documentos oficiales de Meta SDK para Unity y VR Builder, así como la bibliografía relacionada con la aplicación de la realidad aumentada y la realidad virtual en el proceso de educación espacial.

## **6.2 Pruebas Intermedias durante el Desarrollo**

### **1.Pruebas de Interacción y Funcionalidades Básicas**

A esta etapa de desarrollo se asignaron las pruebas para hacer posible las interacciones y funcionalidades necesarias. Comenzando con la adquisición y el uso de modelos realistas de manos para permitir una sensación natural e inmersiva para el usuario. Se investigó el uso de modelos de manos adecuados proporcionados en recursos en línea. Una vez obtenidos, se continuó a importar los modelos al entorno de desarrollo utilizando el kit de desarrollo de Unity.

Más adelante, se crearon scripts que permitían a las manos virtuales interactuar con los objetos en el entorno virtual. Los scripts estaban destinados a detectar los movimientos y gestos de las manos del usuario para que los objetos virtuales estuvieran bajo control de una manera natural. Para construir el primer prototipo de la aplicación, se utilizó un modelo base de realidad virtual (VR) de Unity. La plantilla de realidad virtual dio a la aplicación una buena estructura inicial para probar las habilidades básicas de navegación y manipulación de objetos.

Una vez que los modelos realistas de las manos se cargaron en la aplicación y los scripts personalizados se programaron para las tareas necesarias, las capacidades y funcionalidades del SDK pudieron ser exploradas en gran medida. Estas pruebas no solo allanaron el camino para la interacción y operación de la aplicación, sino que también enseñan lecciones valiosas sobre cómo usar adecuadamente el Meta SDK Interaction al desarrollar aplicaciones de realidad virtual.

## **2. Pruebas de Implementación de Físicas**

Durante esta fase del desarrollo, se llevaron a cabo pruebas para explorar la implementación de físicas en la aplicación de realidad virtual. El objetivo principal fue integrar diferentes tipos de interacciones físicas para mejorar la experiencia del usuario y la manipulación de objetos virtuales.

La investigación se centró en identificar y comprender las diversas técnicas y principios físicos aplicables a los objetos virtuales. Se realizaron búsquedas exhaustivas en recursos en línea para estudiar los distintos tipos de físicas, como la simulación de gravedad, colisiones, y tipos de agarre para objetos.

Además, se investigaron los valores y parámetros específicos asociados con cada tipo de física y su impacto en la interacción con los objetos virtuales. Se exploraron distintas configuraciones para

determinar cómo integrar estas físicas de manera efectiva con los modelos de manos previamente desarrollados.

Estas pruebas proporcionaron una comprensión más profunda de cómo aplicar las físicas en la aplicación de realidad virtual y cómo optimizar la experiencia del usuario al manipular objetos virtuales. Además, sentaron las bases para la implementación exitosa de interacciones físicas realistas que mejoraron significativamente la inmersión y la usabilidad de la aplicación.

### **3. Conclusiones Intermedias**

Durante esta fase inicial de desarrollo, se lograron avances significativos en la implementación de las funcionalidades básicas de la aplicación de realidad virtual. Las pruebas realizadas para la integración de modelos de manos realistas y la exploración de diferentes técnicas de físicas proporcionaron una comprensión más profunda de los aspectos fundamentales del desarrollo de la aplicación.

La investigación exhaustiva en línea permitió adquirir conocimientos sobre las mejores prácticas y técnicas disponibles en el campo de la realidad virtual, lo que facilitó la toma de decisiones informadas en cuanto a la selección y aplicación de modelos de manos y físicas adecuadas.

Además, la creación del primer prototipo de la aplicación utilizando la plantilla base de realidad virtual de Unity proporcionó una plataforma sólida para experimentar con las funcionalidades básicas y explorar diferentes enfoques de diseño.



## **6.3 Pruebas Finales**

### **1. Pruebas de Integración del Proyecto**

Durante la fase de pruebas de integración del proyecto, se identificaron varios desafíos y problemas que afectan la funcionalidad y estabilidad de la aplicación final.

#### **1. Problemas con Componentes del Meta SDK Interaction en la Primera Escena**

En la primera escena de la aplicación, se encontraron dificultades con algunos componentes del paquete Meta SDK Interaction. Se observó que algunos planetas y otros objetos no podían ser agarrados por los usuarios, a pesar de tener la misma configuración que otros objetos similares. Este problema afectó la interacción del usuario con el entorno virtual y requirió una investigación detallada para su resolución.

#### **2. Defectos en el Teletransporte y Problemas Adicionales en la Segunda Escena**

Además de los problemas con la funcionalidad de teletransporte, en la segunda escena de la aplicación se detectaron dificultades con los paneles informativos y la precisión de la órbita de los planetas. Estos problemas surgieron debido a cálculos matemáticos incorrectos que afectaron la posición y el comportamiento de los elementos en la escena. La inexactitud en la posición de los paneles informativos dificulta la lectura de la información por parte de los usuarios, mientras que las discrepancias en la órbita de los planetas afectan la precisión y la autenticidad de la representación del sistema solar en la aplicación.

### 3. Problemas con Scripts en la Tercera Escena

En la tercera escena de la aplicación, se encontraron problemas con varios scripts que causaron errores y mal funcionamiento en la aplicación.

A pesar de tener una implementación correcta en el desarrollo, los diferentes scripts presentaron conflictos y problemas inesperados durante las pruebas de integración. Estos problemas afectaron la funcionalidad general de la aplicación y requirieron una depuración exhaustiva para su solución.

## **2. Pruebas de Exportación y Distribución**

Durante esta fase, se realizaron pruebas exhaustivas para verificar la correcta exportación y distribución de la aplicación final a los usuarios finales.

Al exportar la aplicación a un archivo ejecutable (.exe), se confirmó que todas las funcionalidades y características de la aplicación funcionan correctamente. Los usuarios finales pudieron instalar y ejecutar la aplicación sin problemas en una variedad de sistemas y configuraciones de hardware, lo que garantiza una experiencia consistente para todos los usuarios.

Sin embargo, al exportar la aplicación a un archivo APK para instalarlo directamente en el dispositivo de VR, se encontró un problema en el que solo se escuchaba el audio, y la aplicación no mostraba ninguna imagen. Se determinó que esto se debía al tamaño considerable de la aplicación, lo que dificulta su ejecución.

## **5. Pruebas de Validación de Requisitos**

Tras analizar detenidamente la aplicación final, se cree que se cumplen la totalidad de los requisitos establecidos inicialmente. La aplicación ha sido diseñada y desarrollada teniendo en cuenta cuidadosamente cada uno de los objetivos y necesidades identificados durante la fase de planificación.

## **6. Conclusiones Finales**

Durante todo el proceso de desarrollo de la aplicación, se ha aprendido y avanzado significativamente en el campo de la realidad virtual y el diseño de experiencias educativas. Se han superado diversos desafíos técnicos y se ha adquirido una comprensión más profunda de los principios y técnicas involucrados en el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual.

Se reconoce que, con un equipo más grande y recursos adicionales, se podrían lograr resultados aún más impresionantes. La colaboración con expertos en diferentes áreas y la expansión de capacidades técnicas permitirían explorar nuevas ideas y enfoques innovadores para mejorar la aplicación y su impacto en la educación.

## **7 CONCLUSIONES**

### **7.1 Logros y Resultados Alcanzados**

Durante el desarrollo de la aplicación de realidad virtual, se alcanzaron varios hitos importantes. Se logró crear un prototipo funcional que integra modelos de manos realistas y diferentes técnicas de físicas, mejorando la interacción del usuario con el entorno virtual.

Las pruebas de rendimiento y estabilidad confirmaron que la aplicación funciona correctamente en formato ejecutable (.exe) y ofrece una experiencia fluida.

### **7.2 Impacto en la Educación Espacial**

La aplicación tiene el potencial de transformar la educación espacial al proporcionar una experiencia inmersiva que facilita el aprendizaje interactivo. Al permitir a los estudiantes explorar y manipular objetos virtuales, se enriquece el proceso educativo y se fomenta una comprensión más profunda de los conceptos espaciales.

El uso de la realidad virtual en este contexto puede aumentar el interés y la motivación de los estudiantes, ofreciendo una herramienta poderosa para la enseñanza de temas complejos que serían difíciles de recrear en el mundo real.

En conclusión, aunque se han logrado avances significativos, el proyecto ha revelado áreas de mejora y futuras oportunidades. La aplicación tiene el potencial de contribuir de manera importante a la educación espacial, y con los recursos adecuados, se pueden lograr resultados aún más impactantes.

## **8 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS**

### **8.1 Ampliación de Contenidos y Funcionalidades**

Una línea de investigación futura clave consiste en la ampliación de los contenidos y funcionalidades de la aplicación. Actualmente, la aplicación proporciona una base sólida para la educación espacial, pero existe un vasto potencial para expandir sus capacidades. Esto incluye la adición de más cuerpos celestes y eventos astronómicos, así como la implementación de nuevas funcionalidades interactivas como simulaciones de misiones espaciales y la integración de experiencias de realidad aumentada complementarias.

Debido a la falta de conocimientos en aplicaciones de modelado 3D, no se ha podido expresar el máximo potencial visual y funcional de la aplicación. En el futuro, la colaboración con expertos en modelado 3D o la adquisición de habilidades en esta área permitiría crear modelos y entornos virtuales más detallados y realistas, mejorando significativamente la calidad de la experiencia educativa.

Además, se podría explorar la inclusión de módulos educativos adaptativos que ajusten el contenido y la dificultad en función del progreso y el nivel de comprensión del estudiante. La incorporación de herramientas de evaluación y retroalimentación instantánea también podría mejorar la experiencia de aprendizaje y permitir un seguimiento más preciso del rendimiento de los estudiantes.

## **8.2 Investigación sobre Efectividad Educativa**

Otra área crucial para la investigación futura es la evaluación de la efectividad educativa de la aplicación. Esto implica llevar a cabo estudios empíricos para medir el impacto de la realidad virtual en la comprensión y retención de conceptos espaciales por parte de los estudiantes. Se podrían diseñar experimentos controlados que comparen el uso de la aplicación con métodos educativos tradicionales, recopilando datos cuantitativos y cualitativos sobre el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes.

Si fuera posible presentar la aplicación en escenarios reales, como una clase, se podría medir mejor su efectividad. Este enfoque permitiría observar directamente cómo interactúan los estudiantes con la aplicación en un entorno educativo auténtico, proporcionando datos más precisos y relevantes sobre su impacto en el aprendizaje.

Adicionalmente, se podrían investigar las diferencias en la efectividad educativa entre diferentes grupos de edad y niveles de habilidad, así como el impacto de la personalización y adaptación del contenido en el aprendizaje individualizado. Este enfoque ayudaría a identificar las mejores prácticas y estrategias para maximizar el potencial educativo de la realidad virtual en el ámbito espacial.

## BIBLIOGRAFÍA

- 5 apps para usar la Realidad Virtual en el aula → [Classlife](#)
- Amanda Dominguez Garrido, Diseño de Applets de geogebra para su uso en el proceso de enseñanza-aprendizaje de fracciones en primaria → Trabajo de fin de Grado
- Apollo 11 Command Module (Combined), The Smithsonian Institution → [Modelo 3D](#)
- Blackhole, rubykamen → [Modelo 3D](#)
- Curiosidades de cada planeta → [NASA Space Place](#)
- Curiosidades Mercurio → [National Geographic Mercurio](#)
- Earth, SebastianSosnowski → [Modelo 3D](#)
- Ejemplos de realidad virtual para la educación → [Inmersys](#)
- Helmet Apollo 11. Andriano Milanovic, Andriano Milanovic → [Modelo 3D](#)
- Hsiu-Ling Huang, Gwo-Jen Hwang, A spherical video-based virtual reality approach to supporting descriptive article writing in high school Chinese courses → [Artículo Bera](#)
- Icono de la aplicación → [Pixabay](#)
- Jaime Ancajima, Universidad de Piura, Cómo desarrollar el pensamiento crítico de los niños → [Artículo Universidad](#)
- Jet Propulsion Laboratory- Earth16 → [Imagen de La Tierra](#)
- José Manuel Fernández Domínguez, El concepto espacio en la educación infantil → [Trabajo de fin de Grado](#)
- Júpiter, uperesito → [Modelo 3D](#)
- Los muchos cráteres de Mercurio. Crédito: NASA/Laboratorio de Física Aplicada de la Universidad Johns Hopkins/Institución Carnegie de Washington → [Imagen](#)
- Luna, uperesito → [Modelo 3D](#)

- Mag. José Mena Pereira, Escuela de Estudios Generales → [Universidad de Costa Rica](#)
- María Raquel Vázquez Ramil, El conocimiento del universo en educación infantil → [Trabajo de fin de Grado](#)
- Mars Landscape 3D, Glitch Squirrel → [Unity Assets](#)
- Marte, uperesito → [Modelo 3D](#)
- Mercury Realistic, Shady Tex → [Modelo 3D](#)
- Meta XR Interaction SDK OVR Integration → [Unity Assets](#)
- Michayla Best, Igniting Imagination: Abstract Thinking in kids → [Learning Life](#)
- Mindport, VR Builder → [Página Oficial](#)
- Modelo ISS-International Space Station, Space Explorers Academy → [Modelo 3D](#)
- Música de ambiente → [Pixabay](#)
- NASA CGI Moon Kit. Thomas Flynn → [Modelo 3D](#)
- NASA Curiosity, Thomas Flynn → [Modelo 3D](#)
- NASA's Virtual Reality Projects
- Neptune → [Imagen de Neptuno](#)
- Neptuno, SebastianSosnowski → [Modelo 3D](#)
- Oculus Integration, Oculus → [Unity Assets](#)
- Perseverance's Parking Spot During Conjunction → [Imagen del Perseverance](#)
- Plutón, uperesito → [Modelo 3D](#)
- Rochette, Owl Creek Technologies → [Modelo 3D](#)
- Saturn ... Four Years On → [Imagen de Saturno](#)
- Saturn. NestaEric → [Modelo 3D](#)
- Saturno. uperesito → [Modelo 3D](#)
- Sci-Fi Styled Modular Pack, karboosx → [Unity Assets](#)



- Solar System, shooogp → [Modelo 3D](#)
- Urano. SebastianSosnowski → [Modelo 3D](#)
- Uranus as seen by NASA Voyager 2 → [Imagen de Urano](#)
- Venus – Computer Simulated Global View of the Northern Hemisphere → [Imagen de Venus](#)
- Venus, uperesito → [Modelo 3D](#)
- VRBuilder Documentation → [Tutorials for VR Builder](#)
- VRBuilder, Mindport → [Unity Assets](#)
- ZOE → [Página Oficial](#)

## ANEXO

### Preguntas y respuestas de la entrevista a la profesora Amanda Dominguez Garrido:

¿Cómo describirías tu experiencia enseñando temas relacionados con el espacio y la astronomía a tus estudiantes?

*En mi experiencia, a los alumnos les gusta bastante este tema. Es uno de sus favoritos y es de los pocos en los que ellos mismos quieren saber más y leen por su cuenta*

¿Cuáles son los desafíos más comunes que enfrentas al enseñar estos temas en el aula?

*Los alumnos suelen comprender las ideas generales bien, ya sea los nombres de los planetas o de qué tipo son, pero les cuesta visualizarlo. No entienden del todo qué significa ser un “planeta gaseoso”, cómo influye la gravedad a los planetas y su trayectoria.*

¿Has utilizado previamente tecnologías de realidad virtual en tu enseñanza? ¿Qué experiencias has tenido con ellas?

*Sólo he tenido el placer de utilizarlas en mis clases de universidad cuando estábamos aprendiendo recursos TIC. Mis profesores decían que esos recursos cuando se usaban en clase eran una maravilla, ya que mantienen a los alumnos motivados y las propias actividades llevan un aprendizaje real que no sería posible con ningún material tradicional.*

¿Cuál crees que es el impacto potencial de la realidad virtual en la enseñanza de temas espaciales en comparación con métodos de enseñanza tradicionales?

*El mayor conflicto que tienen los alumnos al aprender en este tema es visualizar los conceptos que aprenden. Los métodos de enseñanza tradicionales se quedan cortos en comparación a los métodos innovadores como la realidad virtual.*

¿Qué aspectos específicos del espacio y la astronomía consideras más difíciles de enseñar o comprender para tus estudiantes?

*La gravedad, las órbitas, en general los conceptos abstractos, por las limitaciones en recursos y materiales que les podía ofrecer a mis alumnos en ese momento.*

¿Cuáles son tus expectativas o deseos en cuanto a cómo una aplicación de realidad virtual podría complementar o mejorar tu enseñanza en este tema?

*Creo que sería un recurso increíble para llevar a las aulas, ya que motiva a los niños y podría usarse como actividad final. Podría incluso usarse como evaluación para los alumnos, y no usar los temidos exámenes que es bien sabido que provocan ansiedad o falta de motivación en ellos.*

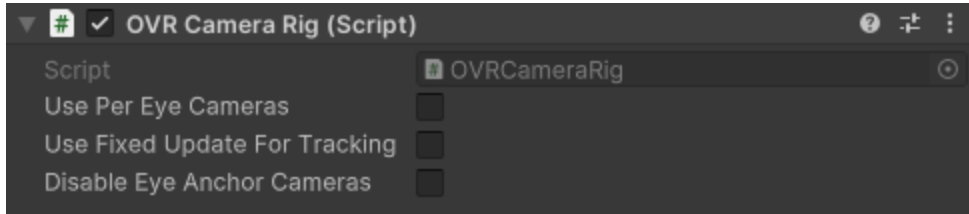
¿Cómo crees que podríamos evaluar el impacto de la aplicación de realidad virtual en el aprendizaje de tus estudiantes?

*Una posibilidad sería hacer una evaluación inicial y una final, para ver su conocimientos iniciales al principio de la experiencia de aprendizaje y después con la evaluación final podemos ver el desarrollo de los alumnos y si han adquirido conocimientos nuevos y han comprendido la información correctamente.*

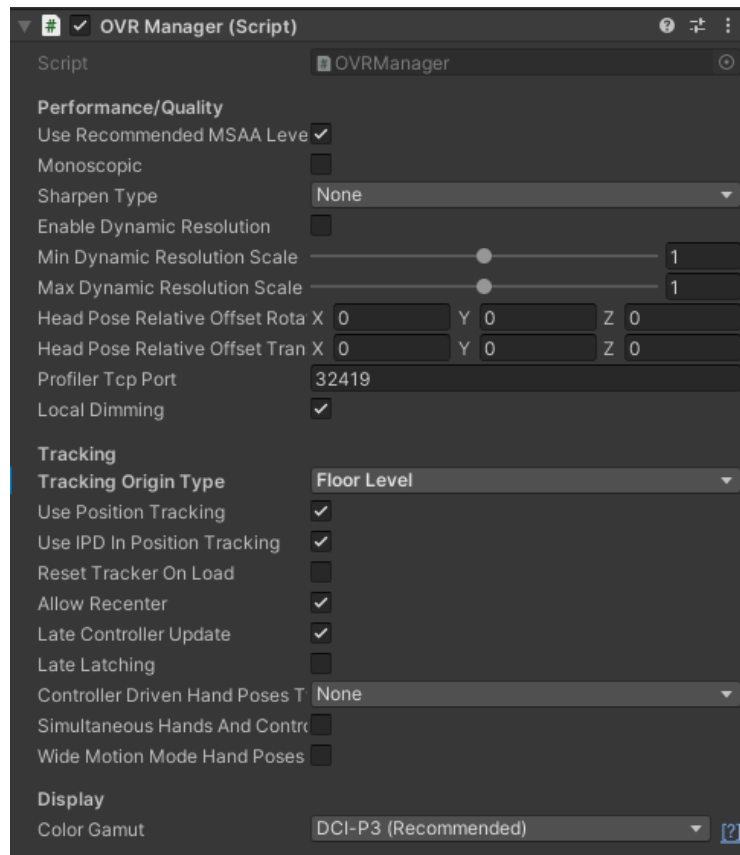
*Raycasting: es el uso de un “rayo” que puede salir desde la cámara y al momento de tocar un collider devuelve una información.*

*Snapping: Es una zona donde los objetos interactivos pueden ser posicionados.*

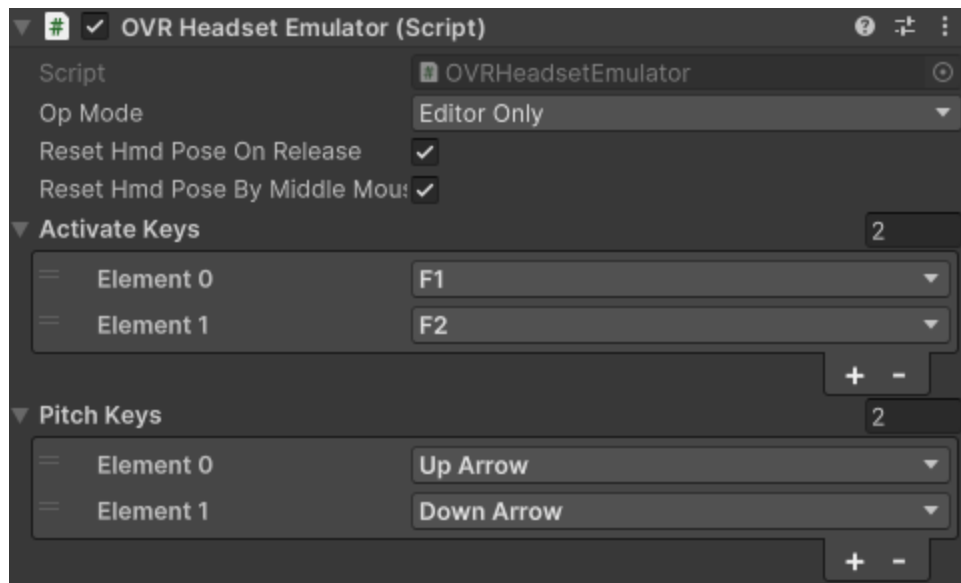
*OVR Camera Rig: Script que contiene la gestión de cámaras, seguimiento de movimiento, configuración del espacio de seguimiento, anclajes de manos y controladores y sincronización de Hardware.*



*OVR Manager: Script que actúa como controlador de la configuración global y las funcionalidades de Oculus/Meta dentro de la aplicación. Inicializa el sistema VR y gestiona estas características: Configuración del dispositivo, control de rendimiento, seguimiento y espacio de juego, administración de entrada y depuración.*



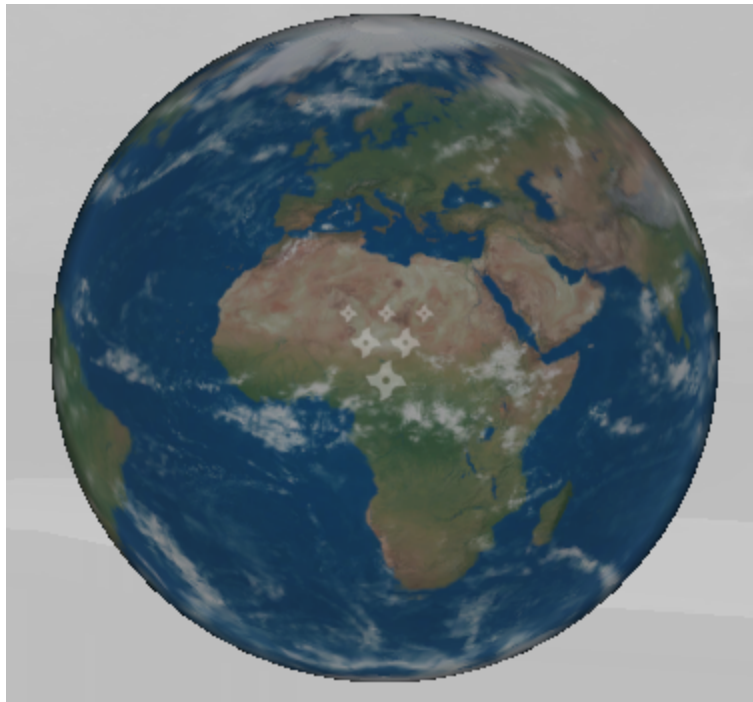
*OVR Headset Simulator: permite a los desarrolladores emular los movimientos y la orientación del auricular VR (headset) directamente desde el teclado y el ratón*



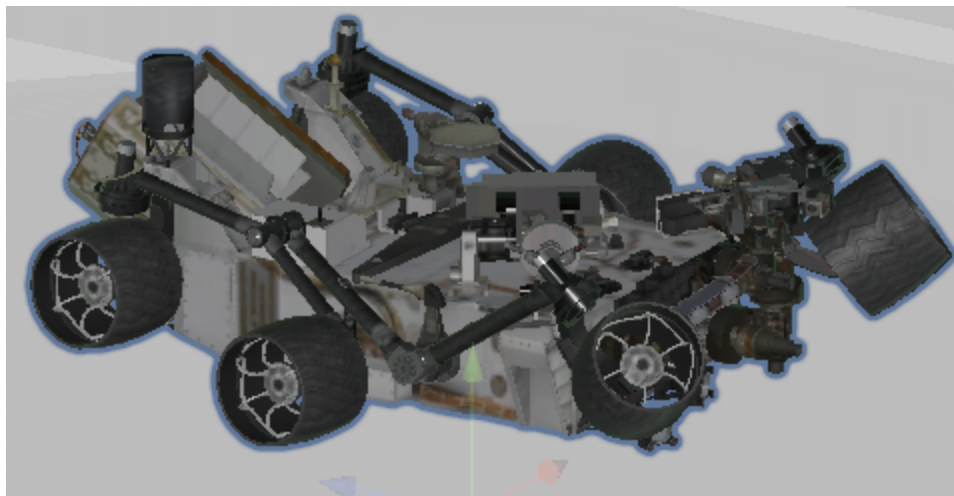
*Plano visto desde arriba:*



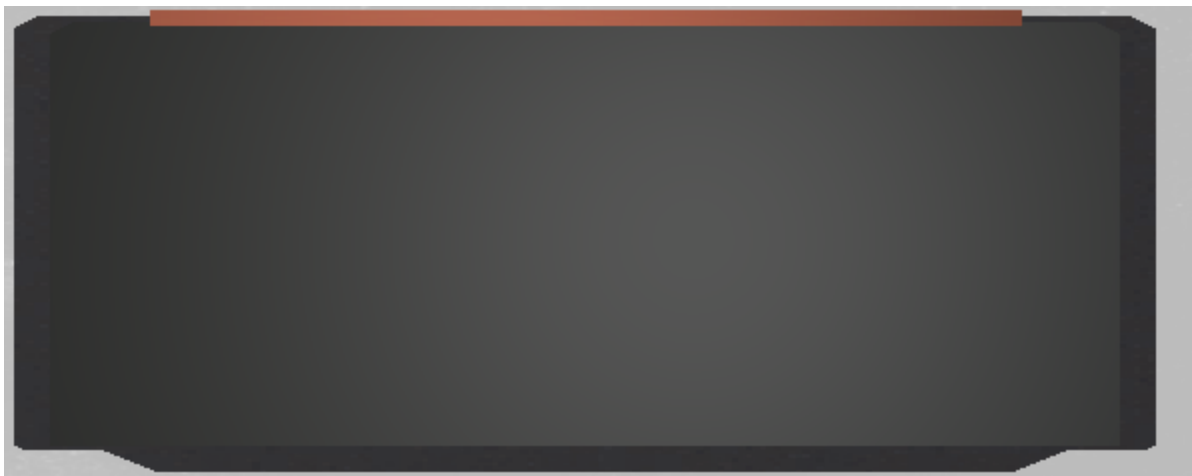
*Planeta de muestra:*



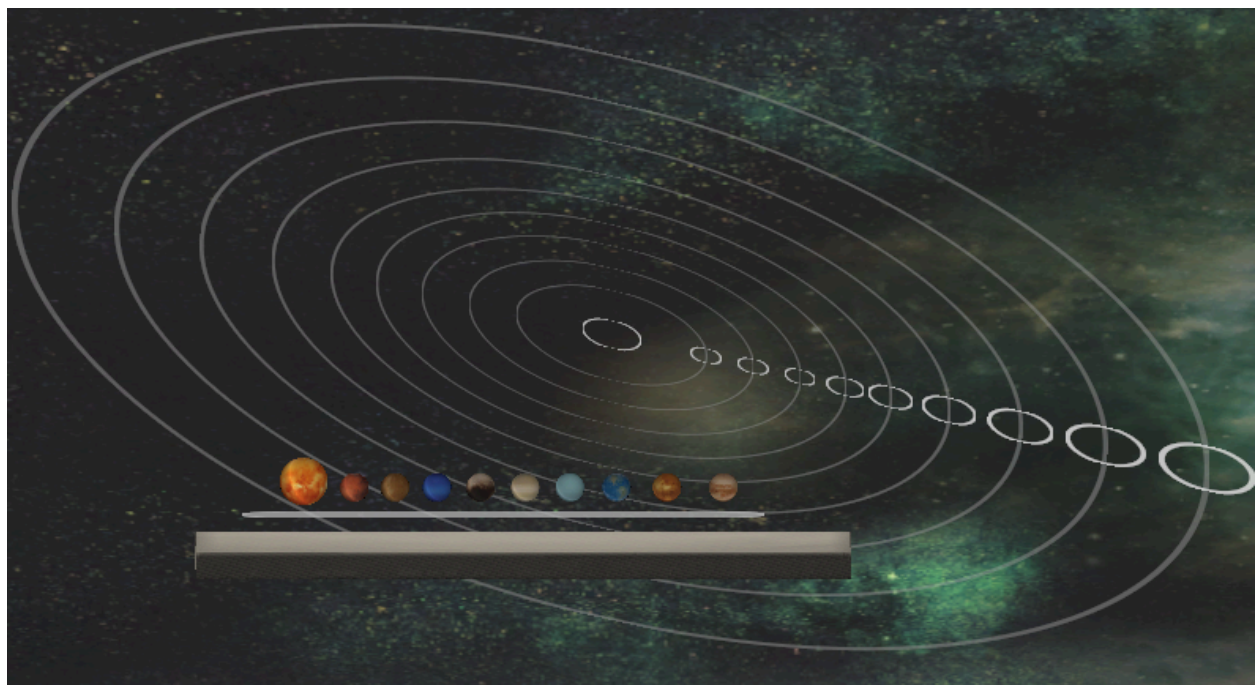
*Robot Curiosity:*



*Pantalla para videos:*

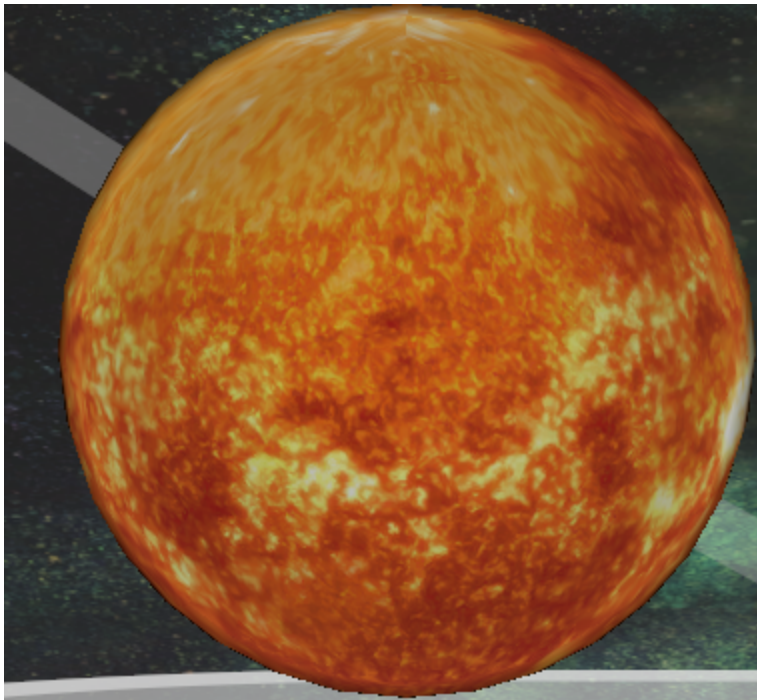


*Puzzle 3D:*





*Planeta miniatura de muestra:*



*Terreno de la superficie marciana de la Escena 3:*

