



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO, DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DE UN ENTORNO  
VIRTUAL PARA EVALUACIÓN EN PROCESOS COGNITIVOS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERA MECATRÓNICA**

**Y DE**

**INGENIERO MECATRÓNICO**

**P R E S E N T A N :**

**ARIADNA BATRES CHÁVEZ**

**ALDO MARIACA HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**M. en A. LUIS YAIR BAUTISTA BLANCO**



**CIUDAD UNIVERSITARIA 2017**



## Agradecimientos

---

*Por Ariadna Batres:*

A la persona más fuerte, dedicada y entregada, quien siempre me brindó su apoyo para salir adelante a pesar de las situaciones, te agradezco tanto mamá.

A mi inspiración para la elección de este camino, proveedor de locas ideas transformadas en habilidades, te agradezco papá.

A mi apoyo, mi recordatorio constante de caminar juntas hacia adelante, la voz persistente de “*no te rindas nunca*”, te agradezco hermanita hermosa.

A esas personas que han estado conmigo en este camino de preparación, en mis tropezones, quienes me han animado a levantarme, a quienes han sido promotores de risas, impulsores de ideas, quienes me han enseñado a aprender cosas del día a día, a quienes me han permitido compartir su vida; ha sido gracias a ustedes que he aprendido el significado de amistad y la importancia de ser una persona abierta, creativa, expresiva y fuerte ante todo; Susana Barcenás, Laura Esquivel, gracias por todo,

Y en especial a la Dra. Isabel, Ing. Claudia, Ing. Yair y Aldo, por creer y permitir desarrollar este proyecto a favor del bienestar. Mil gracias porque sin ustedes este proyecto simplemente no habría sido.

*Por Aldo Mariaca:*

Les agradezco profundamente a mis padres por toda la confianza que depositaron en mí a lo largo de la carrera, apoyándome siempre con consejos y guiándome en los procesos más difíciles. Ambos son y serán siempre mi ejemplo de vida a seguir.

A mi primo Iván López, que fue mi hermano en la infancia y que su ausencia reciente en mi vida no es algo que se pueda obviar.

A mi mejor amigo y compañero en las buenas y en las malas, Erick Salvador Peña, en quien siempre puedo confiar. Me has brindado esa amistad y hermandad indispensables en la vida.

A Ariadna Batres, por contar conmigo para continuar este proyecto. Siempre tendré mucho en cuenta tu compañía a lo largo de la carrera.

Agradezco también a Yair Bautista. Por su asesoría, paciencia y preocupación a lo largo de todo este proceso.

*La realidad no es más que una ilusión, aunque muy persistente.*

*Albert Einstein*

# Contenido

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>8</b>
JUSTIFICACIÓN.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
<b>II. ANTECEDENTES.....</b>	<b>11</b>
REALIDAD VIRTUAL .....	11
<i>Visores de realidad virtual .....</i>	<i>13</i>
<i>La realidad virtual y la medicina.....</i>	<i>14</i>
UNITY Y EL DESARROLLO DE ENTORNOS VIRTUALES.....	16
BLENDER .....	19
<b>III. DISEÑO Y DESARROLLO .....</b>	<b>20</b>
GENERACIÓN DE CONCEPTO .....	20
SELECCIÓN DE SOFTWARE .....	21
SELECCIÓN DE HARDWARE.....	21
<i>Teléfono inteligente.....</i>	<i>23</i>
<i>Visores de VR para teléfono inteligente.....</i>	<i>24</i>
ELABORACIÓN DEL AMBIENTE VIRTUAL.....	25
<i>Construcción del terreno y distribución de los elementos pertenecientes.....</i>	<i>25</i>
<i>Control del usuario.....</i>	<i>33</i>
<i>Interacción del usuario y el terreno.....</i>	<i>36</i>
<i>Interfases de usuario .....</i>	<i>45</i>
ADAPTACIÓN A REALIDAD VIRTUAL EN LA PLATAFORMA GOOGLEVR.....	50
<b>IV. PRUEBAS PRELIMINARES .....</b>	<b>55</b>
<b>V. RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
RESULTADOS.....	58
ÁREAS DE OPORTUNIDAD .....	58
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>61</b>
TABLAS .....	61
<b>ÍNDICES.....</b>	<b>63</b>
FIGURAS.....	63
TABLAS .....	65
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>66</b>

## INTRODUCCIÓN

---

En la presente tesis, se integran conocimientos de ingeniería y medicina para proponer la generación de un entorno tridimensional (3D) de visualización en realidad virtual con mira a servir como una herramienta en el tratamiento del deterioro cognitivo de personas de edad avanzada a través de la estimulación mental y ejercicios mentales.

En el primer capítulo se plantea el problema a resolver, los objetivos y las necesidades que deben cumplirse y satisfacer, así como los alcances a obtener con el ambiente virtual.

Posteriormente se presenta un segundo capítulo, el cual contiene el estado del arte de los ambientes en realidad virtual, así como su enfoque al área médica.

En el tercer capítulo se da a conocer el conjunto de conceptos necesarios para el desarrollo apropiado del ambiente de realidad virtual, incluyendo también el software que se utilizó para la realización de la presente herramienta. Seguido de esto, es explicado a detalle el diseño y desarrollo del proyecto, iniciando por la conceptualización del mismo, continuando con la selección de las herramientas que se utilizaron, hasta llegar a la elaboración del ambiente virtual y el desarrollo mediante la programación correspondiente de cada elemento que construye al mismo. Se explica a detalle el funcionamiento de cada uno de los elementos, así como la necesidad del elemento dentro del ambiente 3D.

En el cuarto capítulo, se muestran pruebas preliminares que se realizaron a población indistinta, con el objetivo de determinar facilidad de manejo e intuitividad de uso del ambiente virtual en estos sujetos.

Dentro del quinto capítulo se muestra el resultado obtenido, así como la descripción de las áreas de oportunidad para la mejora del ambiente virtual, dándole al lector una visión del trabajo a futuro en el proyecto.

Finalmente en el sexto capítulo, se presentan las conclusiones que se obtuvieron con la elaboración del proyecto.

Para una comprensión mayor, se muestra al final, apartados en donde encontrará material que le permitirá al lector de apoyo para el entendimiento del proyecto.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

Preocupados por la salud, la Facultad de Ingeniería en conjunto con el área de Ingeniería Biomédica, a cargo de la Ing. Claudia Patricia Quiroz Flores del Instituto Nacional de Geriátrica, deciden desarrollar una herramienta en realidad virtual, que permita potencialmente servir como terapia a un usuario. El proyecto se origina a través del área de Investigación del Instituto Nacional de Geriátrica, con el acercamiento directo de la Dra. Isabel Arrieta Cruz quien solicita un sistema para la realización de actividades para ejercitar distintos aspectos como habilidades de memoria, ubicación espacial y velocidad de procesamiento en la toma de decisiones para lograr un objetivo previamente determinado.

Investigaciones realizadas por profesionales médicos, mencionan que a medida que una persona envejece, se presentan cambios en el desempeño cognitivo, por ellos, los adultos mayores presentan con frecuencia alteraciones en las áreas de la atención, la memoria, el lenguaje y las habilidades visuales y espaciales. Estos son algunos trastornos conductuales que cuando evolucionan a gran escala afecta a la persona, llegando a desarrollar enfermedades como la Demencia o el Alzheimer <sup>[1]</sup>, se estima que este daño cognitivo le ocurre al 25% de las personas mayores de 85 años. <sup>[2]</sup>

Por otra parte, un estudio realizado por el Instituto de Investigación de Nueva Inglaterra, incluyó a 2802 participantes asignados al azar, a una intervención de 10 sesiones de actividades relacionadas al uso de habilidades cognitivas, específicamente de la memoria, razonamiento inductivo y velocidad de procesamiento. Los resultados de la anterior investigación arrojaron que el 89% de los participantes completó el tratamiento obteniendo una mejora en la capacidad cognitiva correspondiente, consiguiendo la siguiente relación: 26% para los participantes en habilidades de memoria, el 74% para razonamiento entrenado y 87% para velocidad de procesamiento. <sup>[3]</sup>

Investigadores de la Universidad de California probaron los efectos directos de juegos de video en las personas que estaban a una exposición durante un tiempo determinado, se utilizaron juegos de video en segunda dimensión (2D) y juegos en Realidad Virtual (3D); los resultados demostraron que el rendimiento de memoria mejoró en un 12% mediante un periodo de 60 minutos de juego divididos proporcionalmente durante dos semanas. Ya que los juegos son más complejos visualmente hablando, permite ser más atento a los detalles, ayudando a recordar mejor. <sup>[4]</sup>

Como se puede observar, lo expuesto por las investigaciones asocia de manera constante el involucrar al adulto mayor a situaciones en las que se le permita ejercitar las distintas funciones cognitivas, ya sea mediante actividades cotidianas o actividades virtuales.

Este proyecto se enfoca en generar, mediante software de desarrollo de ambientes virtuales, un entorno que permita proporcionar estímulos distintos los cuales promuevan en el usuario la disminución del deterioro cognitivo.

## **Justificación**

El contar con una herramienta virtual para el tratamiento de problemas cognitivos, es para el INGer un área de oportunidad que permitirá mejorar la calidad de vida de algunos de sus pacientes; por otra parte, para el Instituto tal herramienta sería innovadora en el área puesto que sería un tratamiento sin fármacos que funcionaría para el monitoreo del progreso del deterioro cognitivo.

En la Encuesta Intercensal 2015 realizada por el INEGI, se contaron 119 millones 530 mil 53 habitantes en México, con una media en la edad de 26 años, la esperanza de vida es de 74.9 años, finalmente, se estima que para el 2050 habrá 150 millones 837 mil 517 mexicanos la razón de dependencia a nivel nacional será de 10 personas o más por cada 100 en edades laborales<sup>[5]</sup>. Es por el creciente envejecimiento de la población en México, que se considera pertinente la creación de la herramienta propuesta por el presente trabajo para que los profesionales de la salud cuenten con un potencial nuevo tratamiento para disminuir el deterioro cognitivo en los actuales adultos mayores y en los que se mencionan en las proyecciones del INEGI.

Por lo anterior, la FI decidió trabajar en un proyecto en conjunto con el INGer, que incluyera un ambiente enriquecido (que cuente con la mayor cantidad posible de estímulos mentales) en realidad virtual. Por conveniencia de las personas para quienes se atiende el presente proyecto, las colaboradoras del INGer, se definió que el ambiente a desarrollar debe ser familiar para el usuario y, por su misma propuesta, se definió partir de un zoológico para el ambiente de realidad virtual.

## **Objetivo general**

Diseñar, configurar, programar e implementar un ambiente en realidad virtual en 3D como potencial herramienta para tratamiento de la disminución del deterioro cognitivo provocado naturalmente (no se atiende a patologías específicas como enfermedades neurodegenerativas).

## **Objetivos específicos**

El proyecto engloba el desarrollo de un ambiente que le permita al usuario sentirse inmerso en un lugar familiar, mas al pedirle una tarea se verá obligado a adaptarse a los que se le pida, identificar trayectorias para su desplazamiento virtual, así como tomar decisiones donde importa el tiempo en que sean tomadas; para lo anterior se presentan las marcas a cumplir durante el desarrollo del presente trabajo:

- Diseñar un espacio con caminos diferentes que permitan llegar a un mismo lugar, independientemente de la ruta que se tome con la finalidad de evitar ofrecer una única respuesta a la tarea solicitada al usuario.
- Agregar el entorno diferentes estímulos visuales y auditivos con detalles específicos al tema seleccionado, el zoológico.
- Implementar la representación del usuario en primera persona dentro del ambiente, de modo que le permita desplazarse por el entorno, hacer giros con la cabeza para poder mirar a su alrededor sin perder la noción del lugar en que se encuentra.
- Implementar una interfaz para que el usuario pueda desarrollar los objetivos que se le presenten en el entorno virtual, indicando qué es lo que debe realizar.

## II. ANTECEDENTES

---

### Realidad Virtual

En las últimas dos décadas, la tecnología ha cambiado la forma en la que la sociedad se relaciona en todos los aspectos, el área médica, como parte fundamental para el desarrollo de una población sana, no ha sido la excepción.

El término realidad virtual se estableció en 1986 por Jaron Lanier para describir las tecnologías que simulan ambientes en 3D, generados por computadora. Ambientes virtuales que permiten que el usuario se sienta dentro del mismo, abasteciendo de estímulos visuales, auditivos e incluso táctiles. A medida que los usuarios son capaces de interactuar con este ambiente y manipular objetos, el usuario experimenta sensaciones iguales a las que sentiría en el mundo real. McCloy y Stone definen la realidad virtual como: conjunto de tecnologías que permiten a la gente interactuar eficientemente con bases de datos computarizadas en 3D en tiempo real, usando sus sentidos naturales y habilidades. El enfoque de la definición que McCloy y Stone expresan, es únicamente a la visualización de datos, el omitir mencionar un tipo específico de tecnología, abre las posibilidades de asociar esta definición con algunas otras relacionadas con la interacción humano-computadora (*HCI* por sus siglas en inglés), como lo son la realidad aumentada (*AR*, *Augmented Reality*) y ambientes de realidad mixta. (Cita textual) [6]

Sin embargo, el origen de la idea de una realidad simulada se remonta a la época de la Grecia antigua. En la famosa alegoría de la cueva del filósofo Platón que se puede observar en la Figura 1, personas observan dentro de una cueva sombras proyectadas en una pared, siendo esta visión del mundo la única que ellos llegan a conocer, adoptan estas sombras como su perspectiva del mundo, su realidad. El término “*virtual*” viene del latín “*virtue*”, que significa la virtud, la cualidad que uno tiene. Virtual significa entonces, existir en efecto o en esencia, pero no en realidad. [8]

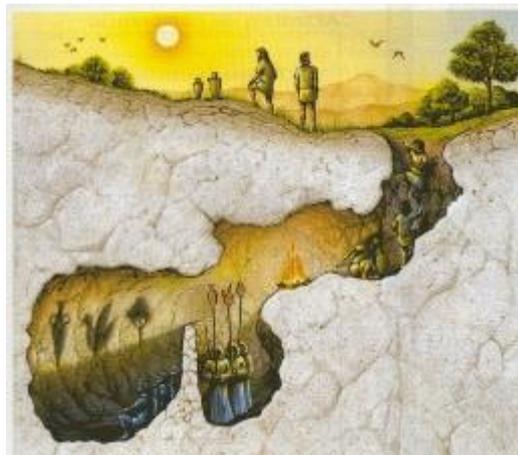


Figura 1. La Cueva de Platón. Fuente: [7]

El campo de la realidad virtual es amplio, abarcando áreas como la aviación, entrenamiento de astronautas, entretenimiento, comunicación, tele operación, manufactura, entrenamiento médico y quirúrgico, terapia física y psicológica, educación, arquitectura, artes, etcétera. [8]

En el campo de la ciencia y la ingeniería, resultados de procesos pueden ser comprobados, evaluados, compartidos y sometidos a discusión mediante la aplicación de la realidad virtual. Se usan ambientes de realidad virtual para simular el modelado de moléculas. Proyectos similares al anterior han sido desarrollados para el diseño de edificios, automóviles y partes mecánicas, así como se puede observar en la Figura 2, para inspección de tuberías. Permitiendo evaluar y probar los diseños usando herramientas y técnicas de visualización dando paso a la disminución de inversión debido a la detección de errores temprana. La aerodinámica de automóviles y aviones puede ser evaluada antes de su manufactura y la construcción de prototipos. [8]

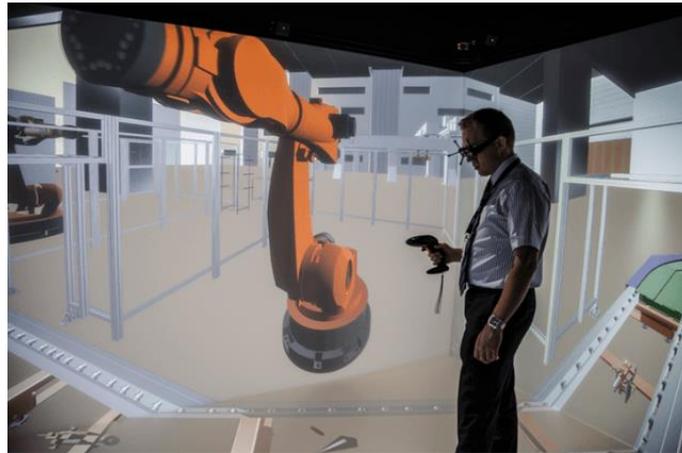


Figura 2. Diseño de brazo robótico. Fuente:[9]

Grandes empresas de la tecnología - Google, Samsung, Apple, Intel, entre otras – están desarrollando hardware y software enfocado a la realidad virtual para rivalizar en el futuro con la utilidad que tiene actualmente el teléfono móvil o incluso el Internet. Muchas de estas compañías sueñan con implementar la realidad virtual a la vida cotidiana, y cambiar la forma en como las personas compran, aprenden y se comunican. Datos informan que para el 2020, se estima que el mercado de la realidad virtual valdrá cerca de 150 miles de millones de dólares. (Cita textual) [10]

Se ha implementado diversas herramientas que permiten a los usuarios experimentar la realidad virtual. Dispositivos o accesorios como son visores, guantes, joysticks, bandas, caminadoras, sensores de movimiento, sensores de voz, entre otros. [10]

Se cree que en el futuro la realidad virtual será indispensable en la vida cotidiana, como lo son la computadora y el internet. De igual manera, una vez que el poder requerido en un sistema de cómputo para el desarrollo y visualización de ambientes virtuales sea más asequible, el uso y consumo de productos de realidad virtual se esparcirá aún más rápido. Sin embargo, se critica que el futuro uso prolongado y cotidiano de estas tecnologías, genere problemas sociales como el aislamiento, falta de comunicación, falta de sensibilidad emocional, etcétera. (Cita textual) [10]

### *Visores de realidad virtual*

En 1980 Nintendo y Sega desarrollaron simuladores de vuelo, sin embargo, el fenómeno del Internet absorbió la atención del público, y la tecnología de realidad virtual fue lentamente olvidada. Fue hasta el 2014 cuando Facebook pagó 2 billones de dólares para comprar a *Oculus*, lanzando al mercado tiempo después los primeros visores de esta compañía bajo el nombre de *Oculus Rift*, se muestran en la Figura 3.



*Figura 3. Visor, Oculus Rift. Fuente: [11]*

Muchas otras empresas utilizan ya la realidad virtual como herramienta indispensable en sus distintos procesos, como lo hace Ford en el área de diseño, que utiliza esta tecnología con sus ingenieros y diseñadores para probar elementos y nuevas tecnologías, ahorrando hasta 8 millones de dólares al año. Airbus la utiliza para crear aviones de muestra para mostrarlos a los clientes, y ha patentado un casco que algún día los pasajeros usaran para entretenerse. [10]

Carnival es una empresa de cruceros que ha dado la posibilidad a sus clientes de usar visores de Samsung para explorar los cruceros y los destinos vacacionales. La empresa hotelera Marriot ha creado un caso que permite a sus usuarios visitar hoteles en Hawái y Londres. [10]

Google desarrolló lentes económicos de plástico y cartón (Figura 4) que pueden transformar cualquier teléfono en una experiencia de realidad virtual, Microsoft está trabajando con empresas importantes como Autodesk, Japan Airlines, Nasa y Volvo, para desarrollar todo tipo de aplicaciones que nos permitan explorar y visualizar entornos que se encuentran del otro lado planeta. Samsung ha desarrollado los *Gear VR* (Figura 5) en conjunto con Oculus. Estos visores tienen la versatilidad de poder usar un celular Samsung como pantalla. [10]



*Figura 4. Visores Knox V2. Fuente: ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*



Figura 5. Gear VR, Desarrollados por Samsung y Oculus. Fuente: [13]

### *La realidad virtual y la medicina*

La realidad virtual se ha involucrado en la medicina, especialmente en las áreas de rehabilitación física y mental, así como la terapia psicológica, teniendo impacto sustancial. En el área quirúrgica, por ejemplo, se han desarrollado aplicaciones para entrenar técnicas quirúrgicas y planear cirugías.

A continuación, se presentarán algunos productos disponibles, en los que se involucra la realidad virtual y la medicina en conjunto, con objetivos específicos.

- Senior-User Soothing Immersive Experience (*SUSIE*)

En el 2015, estudiantes de ingeniería de la Universidad de Stanford crearon un sistema inmersivo en realidad virtual para personas mayores que les permite experimentar el ambiente exterior, como un paseo por la orilla del mar. Cabe mencionar que el sistema incluye cambios de temperatura, sonido y luz<sup>[14]</sup>. Lo anterior permite reconocer la necesidad de utilizar tecnología de realidad virtual en adultos mayores, estimulando los sentidos, específicamente el de la vista y del oído.



Figura 6. SUSIE Fuente: [14]

- DEEP

Aplicación generada por Oculus Rift que tiene como objetivo ayudar a los usuarios a ejecutar ejercicios específicos de respiración para motivar una meditación profunda. La aplicación funciona mediante una banda que se coloca por todo el pecho de tal forma que mide la frecuencia respiratoria del usuario que se clasifica en intervalos mostrando imágenes, que otorgan al usuario la capacidad de entrar en relajación. [15] El conocimiento de este tipo de ambiente permite observar que es posible obtener una inmersión mental considerable del paciente al ambiente virtual, mediante la estimulación a la corteza cerebral.



*Figura 7. DEEP Fuente: [15]*

- Surgical training

La Universidad de Stanford cuenta con un simulador de cirugías que incluye la endoscopía de seno nasal. Funciona a través de tomografías computarizadas de los pacientes creando modelos en tercera dimensión para practicar. El simulador ha estado en uso desde el 2002. Inclusive comentan los usuarios que la experiencia se vuelve muy enriquecedora, ya que se retroalimenta directamente al médico mediante los mismos instrumentos que se usan en cirugía. [16] En la Figura 8 se puede observar a un médico practicando la endoscopía, en el fondo se muestra la cabeza del maniquí con un endoscopio dentro del seno nasal. La tecnología tiene cada vez más presencia en el área médica, dando herramientas y soluciones que pueden simplificar y facilitar los diagnósticos y tratamientos.



Figura 8. Surgical training. Fuente: [16]

- SnowWorld

La Universidad de Washington desarrolló un juego en realidad virtual que consiste en lanzar bolas de nieve a los pingüinos y escuchar a Paul Simon, ayuda a aliviar el dolor en los pacientes que han sido víctimas de quemaduras, mientras los médicos realizan sus tareas<sup>[17]</sup>. La intervención del médico en el paciente quemado es un proceso doloroso y traumático el cual este software permite mediante estimulación visual generar distracción tal en la que el cerebro se permita sentir inmerso en un sitio distinto al de la sala de curaciones.

En general, la realidad virtual se encuentra asociada a la medicina dentro de sus diversas áreas. Un avance importante es la telecirugía, en la cual el cirujano se encuentra en una ubicación distinta a la del paciente, y por medio de una interfaz el médico actúa y la instrumentación de los movimientos de la mano del cirujano son transmitidos al quirófano.

### **Unity y el desarrollo de entornos virtuales.**

Unity es una plataforma utilizada para el diseño y elaboración de ambientes virtuales, desarrollado por Unity Technologies. En esta plataforma se desarrollan entornos virtuales para PC, consolas de videojuegos, dispositivos móviles (Android, iOS y Windows Phone) y sitios web.

La plataforma se destaca principalmente por la compatibilidad que tiene con otras plataformas de desarrollo, en un solo proyecto, los desarrolladores tienen control de exportar su trabajo de manera muy sencilla a cualquier plataforma soportada por el programa. Como ejemplo se encuentra el software Blender, que permite desarrollar dibujos computarizados exportables a Unity en los formatos *obj* y *fbx*.



Figura 9. Dragón en desarrollado en Blender. Fuente: [18]

Otra de las fuentes de obtención de recursos es *Asset Store*, tienda dentro de Unity que cuenta con objetos en los formatos compatibles para importarse a cualquier ambiente.

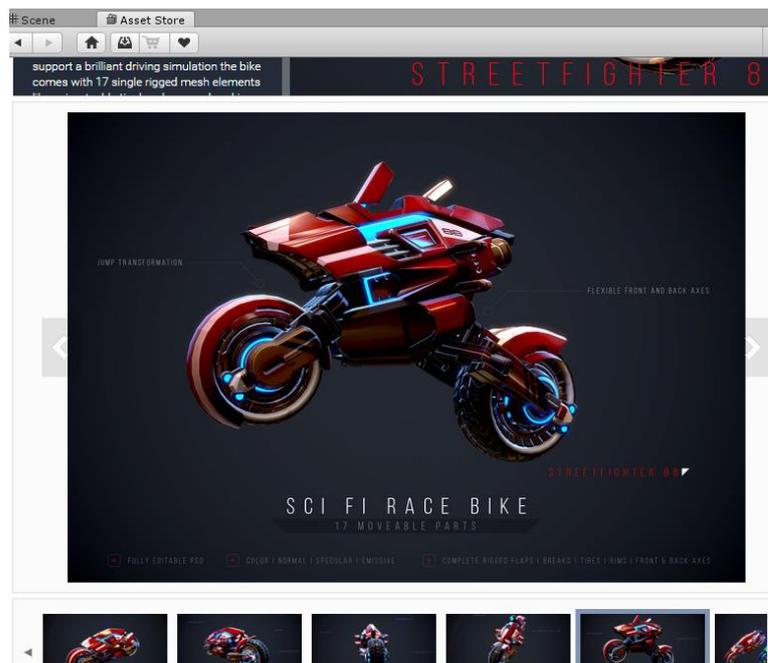


Figura 10. Motocicleta de Asset Store. Fuente: [18]

El motor de gráficos de Unity detecta la mejor variante de video e imagen para el hardware y software elegido y cambia las texturas para optimizar su funcionamiento.

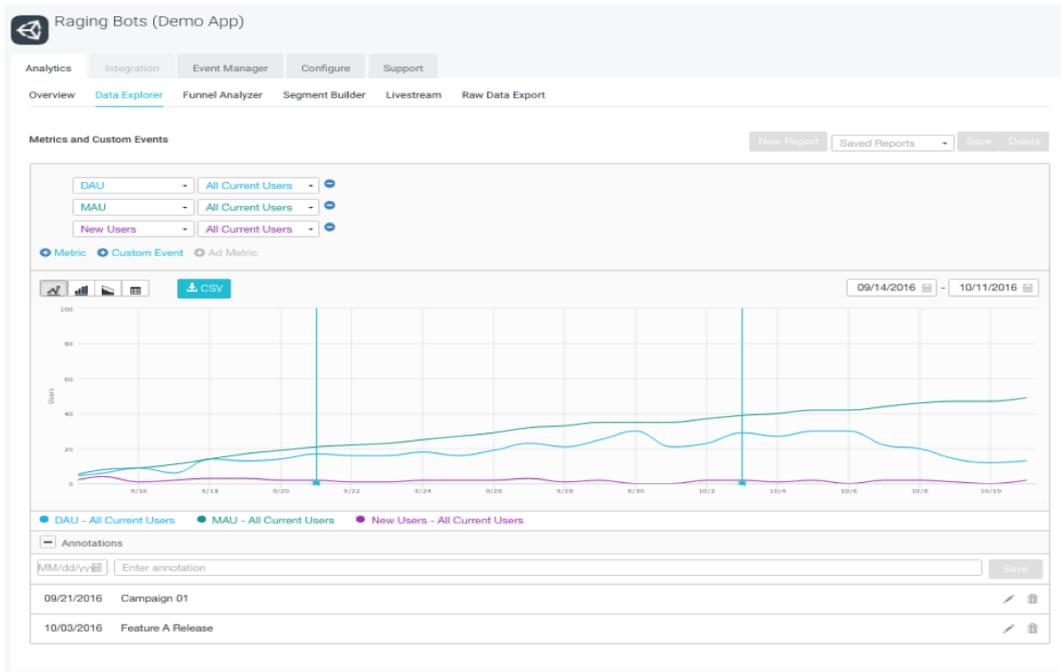


Figura 11. Analizador de desarrollo de ambiente virtual. Fuente: [19]

Se tienen muchas herramientas que ayudan al desarrollador a involucrarse más fácilmente, como Unity Collaborate y Unity Teams, que son conjunto de funciones y soluciones que simplifican la forma en que los creadores de Unity trabajan juntos, estas herramientas permiten a, que permite a equipos de trabajo guardar, compartir y sincronizar el proyecto de manera sencilla. También se pueden visualizar y analizar datos del uso del proyecto creado mediante distintos paneles de control, como el monitor de métricas, el explorador de datos, analizador de embudos y el creador de segmentos; los anteriores podrían ser de interés para el escalamiento futuro del proyecto pero no se utilizarán en el presente trabajo pues salen de los alcances establecidos entre los interesados en el mismo.

Después de la última gran actualización de Unity a Unity 5.0, Unity Technologies hizo notar la gran tendencia en el volumen de entornos virtuales producidos y publicados por desarrolladores sin experiencia en la plataforma de videojuegos Steam, como se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Ejemplo de datos del uso de un videojuego en tiempo real. Fuente:[19]

## Blender

Blender es un software gratuito que permite crear y editar modelos 3D, contiene diversas herramientas necesarias para crear modelos, animarlos y simularlos. Una plataforma versátil, que puede ser soportada en los sistemas operativos Linux, Windows, o Mac OS<sup>[20]</sup>.

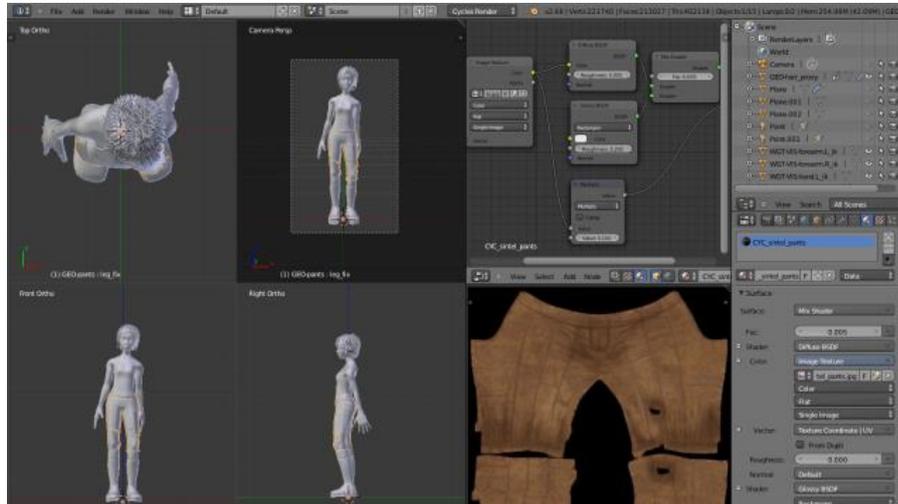


Figura 13. Modelo diseñado en Blender. Fuente: [20]

Una de las características más relevantes de este software es la amplia librería de texturas que pueden ser aplicadas al modelo diseñado, permitiendo dar una apariencia mucho más realista<sup>[20]</sup>.

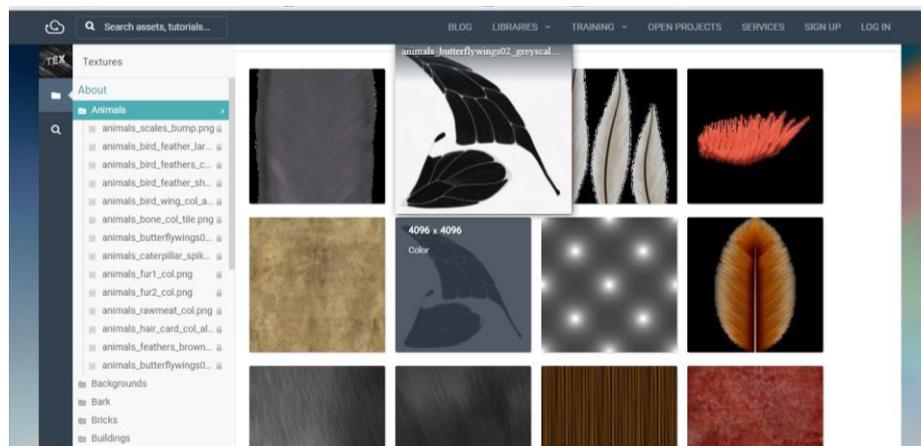


Figura 14. Texturas de Blender. Fuente: [21]

De igual forma, por ser un software libre, la interacción y aportación por los usuarios, ha permitido encontrar diseños en la red los cuales pueden ser editados en Blender para adaptarse a las necesidades del usuario.<sup>[20]</sup>

### III. DISEÑO Y DESARROLLO

---

En el presente capítulo se muestra la trayectoria seguida para el desarrollo de la herramienta en realidad virtual, desde la conceptualización de la idea hasta la explicación detallada de los elementos que se involucraron para la creación, así como las técnicas utilizadas para diseñar en el ambiente virtual.

#### Generación de concepto

La tecnología y el desarrollo de resolución de problemas deben de ir de la mano, sobre todo en la búsqueda de soluciones con aplicaciones médicas como lo es el diseño de una herramienta terapéutica. Bajo la premisa expuesta, los colaboradores del INGer y de la FI se reunieron para definir las soluciones tecnológicas y las necesidades que se deberían cumplir por el proyecto con base en los objetivos ya planteados. Una lluvia de ideas con la información de lo que se requería que el usuario realizara y que fuera posible plasmarse mediante un software. Para el ambiente virtual, se consideraron ambientes cotidianos como lo son supermercados, calles de la ciudad de México, parques, zoológicos, sitios que fueran del conocimiento general para permitir el acercamiento con el usuario. Algunos de los anteriores fueron descartados debido a que se necesita de un ambiente virtual variable en cada ejecución y que no sea un ambiente que implique un deber u obligación directa para el usuario, como lo son supermercados o escuelas (acorde a lo expresado por las colaboradoras del INGer). Se planteó también la suma importancia de la necesidad de estímulos visuales de referencia, para ser utilizados como marcadores que pudieran ser fácilmente reconocidos, como lo son los árboles o utilería propia de un sitio. La estructura del sitio deberá ser diseñada mediante diversas rutas, trayectorias o caminos diseñados que no se modificarán posteriormente ya que es necesario que el usuario memorice un lugar, pero, el objetivo o meta a cumplir deberá cambiar aleatoriamente en cada ejecución. El objetivo deberá ser claro para evitar confusiones con el usuario. Finalmente, se habló sobre la portabilidad que debería tener la herramienta para hacer que esta llegara a donde esté el usuario y no al revés, con lo anterior en mente y por el estudio del estado de la técnica en tecnologías de realidad virtual, se descartó usar los visores conectados a una computadora y trabajar con visores basados en teléfonos inteligentes para evitar cableado externo y disminuir la cantidad de componentes que se requieren para poner en funcionamiento la herramienta; expresado en componentes, usar un sistema de realidad virtual con computadora requeriría de los visores, el equipo de procesamiento y los conectores entre éstos así como sus sistemas de alimentación de energía, al utilizar los visores por teléfono inteligente sólo se requieren dos dispositivos y que no ocupan cableado entre ellos para poder operar, también se elimina el cableado de alimentación siempre y cuando la batería del teléfono inteligente tenga carga suficiente.

Finalmente, a través de los comentarios expresados anteriormente por el equipo de trabajo, se propone el concepto que se muestra a continuación:

*“Zoológico virtual que será empleado mediante un celular inteligente y un visor de realidad virtual, estructurado con diversos caminos que permitirán la movilidad del personaje por todo el espacio desarrollado, teniendo la actividad de llegar a un lugar en específico al iniciarse una partida. El zoológico será desarrollado para su evaluación con las personas interesadas del INGer y definir su uso como posible herramienta en el tratamiento de la disminución del deterioro cognitivo.”*

### **Selección de software**

Para realizar un zoológico en realidad virtual, se solicita una plataforma que permita desarrollar ambientes virtuales y existen diferentes plataformas que involucran distintas capacidades para resolver las necesidades del desarrollador, de las más importantes, Unreal Engine y Unity3D.

Es importante puntualizar que el zoológico deberá contar con estímulos visuales amplios los cuales permitan al usuario sentirse inmerso en este lugar, por lo tanto se recomienda que el software para desarrollar el entorno sea amigable con el desarrollador y de fácil aprendizaje para promover un correcto tiempo de obtención de la herramienta y así encontrar sus áreas de oportunidad para una mejora posterior, y con base en lo anterior, con soporte técnico y documentación adecuada para su continuidad y mejoramiento a largo plazo.

En Unity se pueden crear todo tipo de ambientes en 2D o 3D, de manera fácil y óptima, es una plataforma que ya ha sido descrita en los antecedentes de esta tesis, sin embargo, hay que recalcar que es un programa versátil y compatible con un sinnúmero de plataformas, como lo son iOS, Android, 3DS, Wii, Xbox One, PSVita, PS4, entre otros.

El enfoque primordial es el de realidad virtual, el cual es completamente compatible con Unity, y ofrece soporte nativo para plataformas como Oculus Rift, Google Cardboard, SteamVR, GearVR, entre otros.

Por lo expuesto anteriormente, y con base en el expertise de los autores del presente trabajo, Unity es el software seleccionado para el desarrollo del proyecto en cuestión. Utilizar una plataforma diferente afectaría severamente al tiempo de desarrollo que sale de los alcances propuestos para el presente trabajo.

### **Selección de hardware**

Para lograr que el usuario del zoológico pueda sentirse dentro de la plataforma y lograr el objetivo dentro de la posible terapia en la que será usado en el INGer, es importante seleccionar correctamente el equipo en el que se va a ejecutar el ambiente virtual, así como el visor compatible con este equipo, permitiendo brindarle al usuario la mejor experiencia.

Se tomaron en cuenta ciertas características indispensables del equipo para el proyecto, las cuales se sustentan en los objetivos a cumplir, que se han basado en las necesidades y metas propuestas por la Dra. Arrieta y la Ing. Quiroz de las cuales se habló anteriormente al definir el concepto. Las características son las siguientes

- **Tamaño del celular:** Es importante seleccionar un celular que pueda acoplarse correctamente con el visor de realidad virtual que se seleccionará.
- **Compatibilidad:** El equipo deberá ser compatible tanto como con Unity, como con el visor.
- **Sensores:** El equipo deberá contar con giroscopio, permitiendo que el visor de realidad virtual se sincronice con el movimiento de la cabeza del usuario.
- **Accesibilidad:** Seleccionar un equipo accesible al usuario debe ser importante.

## *Teléfono inteligente*

Como se mencionó en la sección anterior, Unity es un ambiente amigable que permite el desarrollo de videojuegos en distintas plataformas, por lo que la compatibilidad es un punto que se soluciona rápidamente.

Conforme lo ya expuesto anteriormente, se conoce la necesidad de tener un dispositivo móvil para ejecutar el ambiente de realidad virtual, se propone usar un dispositivo con sistema operativo Android, principalmente por la conveniencia de exportación de una aplicación a ese sistema ya que otros requieren permisos especiales con los que no se cuenta (como licencias de desarrollador).

Las características esenciales e indispensables que se buscan en el dispositivo móvil para poder ejecutar aplicaciones de realidad virtual son: giroscopio, batería, central unidad de procesos y la unidad de procesamiento gráfico (*CPU* y *GPU* por sus siglas en inglés).

Para que el usuario pueda desplazarse correctamente en el zoológico virtual, es necesario que el dispositivo tenga un giroscopio que detecte el movimiento de la cabeza, y así transmitir este movimiento al entorno, ya que al encontrarse el celular frente al rostro del usuario, la orientación de la cabeza se asume será la misma que tendrá el celular, entonces el movimiento es detectado por el giroscopio del celular, recibiendo así los giros a la izquierda y a la derecha, que serán transmitidos a Unity, imitándose este movimiento en el ambiente virtual.

La batería debe ser de capacidad tal, que sea permita ejecutar la herramienta durante una sesión de terapia al menos para evitar tener que conectar el dispositivo a la alimentación durante el proceso.

De igual manera se requiere que el celular tenga un rendimiento adecuado y eficiente en cuanto a procesamiento y gráficos. El procesador (*CPU*) Octa-core que se propone deberá contar con ocho núcleos, cuatro operando a 2.3 GHz y cuatro a 1.6 GHz. En la tabla siguiente, se tiene una tabla comparativa mostrando dispositivos en el mercado que podría cumplir con las características deseadas.<sup>¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.</sup>

*Tabla 1. Comparación de procesadores. Fuente: 3DMark, Geekbench, PCMark y Octane.*

<b>Procesador</b>	<b>EXYNOS 8890</b>	<b>SNAPDRAGON 820</b>	<b>KIRIN 955</b>	<b>TEGRA X1</b>
Test Device	Samsung Galaxy S7 Edge	One Plus 3	Huawei P9	Pixel C Tablet
ANDROIDPIT - INDEX	100%	94.66%	87.80%	85.29%

En la tabla anterior se puede observar que el dispositivo “Samsung Galaxy S7” cumple al 100% con los elementos deseados conforme las fuentes consultadas y por eso se procederá a utilizar tal sistema para la herramienta; además, el tener una unidad de

procesamiento gráfico dedicada (GPU) es de gran ayuda, siendo que el ambiente virtual desarrollado está cargado de texturas, imágenes y diseños que deben adecuarse lo más cercano a un zoológico real y esa GPU dedicada permite destinar todos sus recursos únicamente a la generación del ambiente virtual sin afectar el procesamiento no-gráfico general del dispositivo ni de la aplicación.

Samsung, es una empresa que en la última década ha apostado a la implementación de Realidad Virtual en su catálogo de productos. Inicialmente el dispositivo de visualización de realidad virtual de Samsung, el Gear VR, fue planeado para su implementación junto con el Samsung Galaxy S4 en el año 2014, sin embargo, la historia empieza en el año 2005, cuando Samsung obtuvo la patente de un dispositivo que sostenía al celular dentro de éste. En el 2012, cuando Oculus Rift fue lanzado al mercado, Samsung rápidamente reclutó al equipo de Oculus, creando así un área específica para el desarrollo de esta tecnología.<sup>[23]</sup>

Ya que la realidad virtual requiere de tecnología de punta, sensores de precisión y un gran poder de procesamiento, muchos productos eran principalmente para su uso e implementación con computadoras. Por lo tanto, es una innovación de Samsung el desarrollar un dispositivo de realidad virtual inalámbrico y basado en dispositivos móviles.<sup>¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.</sup>

Finalmente, se puede concluir que el dispositivo Samsung Galaxy S7 Edge\* es adecuado para la óptima visualización del programa, sin embargo, habrá que destacar que no es el único dispositivo que puede ejecutar el programa, debido a que por lo general la mayoría de los celulares de última generación tienen especificaciones muy parecidas al seleccionado, así como un giroscopio que pueda sensar el movimiento de la cabeza<sup>[24]</sup>

### *Visores de VR para teléfono inteligente*

Como se ha mencionado en los antecedentes, se tiene una enorme variedad de visores que varían en cuanto a precio, tamaño, peso, costo, etcétera. Por lo que se debe especificar primero lo que se necesita para la correcta interacción del programa con el visor.

Los visores que son únicamente para visualización, en este caso no son de utilidad, ya que el usuario debe poder tener acceso e interactuar con el programa, es necesario entonces un visor que tenga una forma de interactuar con el dispositivo móvil, como puede ser con un botón.

Entre los visores estudiados en el estado de la técnica, se encontraron los visores Knox 2,



Figura 15. Código QR de Google Cardboard., Google.com, 2017 Fuente: [21]

hechos de cartón que al ser un material ligero evitar agregar peso innecesario que el usuario tendrá que cargar al estar sometido a la terapia lo que podría provocar un alejamiento a la herramienta por causarle incomodidad. Los Knox2 soportan dispositivos con pantallas de hasta 6 pulgadas y si anteriormente se estableció usar un teléfono Samsung Galaxy S7, que tiene una pantalla de 5.1 pulgadas, se opta por implementar el Knox 2 como visor para la herramienta a desarrollar.

“Cardboard” es una aplicación de adquisición gratuita en la tienda de aplicaciones de cualquier dispositivo móvil. A través

de esta, se vincula un visor al teléfono inteligente por medio de un código QR (Figura 15) que debe ser escaneado. El visor Knox V2 cuenta con este código QR impreso en el cartón (Figura 15), lo que le permite establecer una vinculación directa con el teléfono inteligente y así poder guardar configuraciones de uso posteriormente.

El botón con el que cuenta el visor seleccionado (Figura 16) es igualmente de cartón y su funcionamiento es sencillo. El botón tiene pegado al interior un imán de neodimio, una vez presionado el botón, el imán se desplaza verticalmente. El celular es capaz de detectar estas variaciones en el campo magnético debido a que los Smartphone cuentan con un magnetómetro, permitiendo detectar el cambio interpretándolo como un “clic”. Este clic puede ser posteriormente agregado al programa y asignarle una o varias funciones, para que el usuario pueda entonces interactuar directamente con el ambiente virtual.



Figura 16. Botón en el visor Knox V2, Fuente: *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*

## **Elaboración del ambiente virtual**

A continuación, se detallará el método que se siguió para la elaboración del ambiente virtual, también se menciona las herramientas y elementos implementados. Los conceptos utilizados acerca del software para el desarrollo.

### *Construcción del terreno y distribución de los elementos pertenecientes*

Como ya se mencionó en la primera sección de este capítulo, el ambiente virtual será un zoológico, con detalles característicos de ese lugar. Para lograr que el zoológico se pareciera lo mayor posible a la realidad, se realizó un análisis de la distribución de animales de los zoológicos más importantes del mundo y se encontró que éstos carecen de trayectorias únicas para llegar a un mismo lugar, por lo que se decidió realizar una distribución similar para el zoológico virtual con la intención de estimular la toma de decisiones del usuario, con base en lo comentado con las colaboradoras del INGer, para forzar principalmente la memorización de las distintas trayectorias que el zoológico contiene.

A continuación, se muestra la distribución final del zoológico inspirado por lo analizado en los distintos ambientes consultados y que evite una única manera de llegar a un mismo punto.



Figura 17. Zoológico Virtual, Unity 2017.

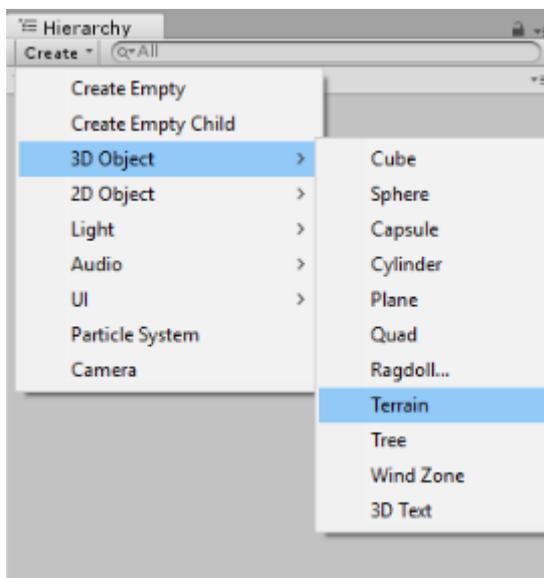


Figura 18. Creación de Terrain, Unity 2017.

Dentro de Unity, la unidad longitudinal virtual es equivalente a un metro real, por lo tanto, se generó un terreno de 1000 unidades por 1000 unidades. Dando como resultado un zoológico virtual con una superficie de 100 hectáreas ubicándose en el promedio de extensión de área del top 5 de los mejores zoológicos de México. Esto aporta realismo al ambiente virtual puesto que la perspectiva de usuario al viajar por el zoológico no se ve limitada.

Para la creación de la plataforma donde se colocaron todos los elementos que conforman al zoológico, primero debe de crearse un espacio al cual se le llamará *Terrain*, para generarlo, una vez dentro del software Unity e iniciado un proyecto nuevo, es necesario ubicar

la ventana *Jerarquía*, en la cual se acomodarán todos los objetos que se agregarán al zoológico eventualmente para una apariencia optima así como para el correcto funcionamiento del proyecto. Primero se debe crear un objeto *Terrain*, que

posteriormente se edita a placer del desarrollador. Para crear al objeto se despliega el menú *Crear* y se accede a *Objeto 3D – Terrain* (Figura 18).

Se selecciona el tamaño para después proceder entonces a generar relieves, cambiar texturas en el terreno y agregar árboles al mismo. Lo anterior se logra mediante la manipulación de las herramientas del terreno, visualizadas en el *Inspector*. El relieve del *Terrain* se modifica, se selecciona la primera opción en el al desplegar el menú *Inspector* y basta con seleccionar el tamaño de la brocha y dar clic en el *Terrain*. Por otro lado, si se desea agregar elementos como árboles, piedras o plantas, se selecciona la quinta opción, se selecciona el árbol y se repite el proceso.

El *Inspector* es la ventana que ayuda a visualizar las características del objeto seleccionado. En él se pueden agregar y editar componentes del objeto, dotándole de propiedades que permitirán a la interacción correcta del objeto seleccionado con los demás.

Para darle textura al terreno se selecciona la cuarta opción, el tamaño de la brocha y la textura deseada teniendo opción en el puntero de pintar las zonas deseadas dentro del *Terrain*. Una vez pintadas las texturas, se colocan los árboles seleccionado la quinta opción en las herramientas. Se repite el mismo procedimiento que se siguió para pintar las texturas, se selecciona el árbol deseado y se arrastra sobre el mapa pudiendo observarse vegetación agregada en la zona deseada.

Una vez diferenciado el terreno entre las zonas de animales y los caminos, se procede a colocar los elementos de interacción con el usuario así como los que delimitarán las zonas a las que por lógica no se podrá ingresar con la finalidad de hacer el entorno lo más cercano a cómo sería la interacción real en el zoológico (áreas restringidas). Para el ingreso de estos elementos, fue requerido el uso del software Blender que, como se menciona en capítulos anteriores, permite trabajar y diseñar diversos objetos dándole la apariencia que se necesite. Todos los objetos que se agregaron al zoológico, fueron adquiridos de una página de objetos gratuita que se encuentra en el presente [Enlace 2](#). Por el formato en el que se obtuvieron los animales, se pudieron abrir en Blender, sin embargo a pesar de que cumplían con las características necesarias, se decidió se debían editar ya que presentaban la característica de no ser un objeto solo, sino un conjunto de objetos que caracterizaban al animal, por lo que fue necesario modelar los objetos conforme tales características.



Figura 19. Edición de oso. Blender, 2017.



Figura 20. Edición de Rinoceronte. Blender, 2017.

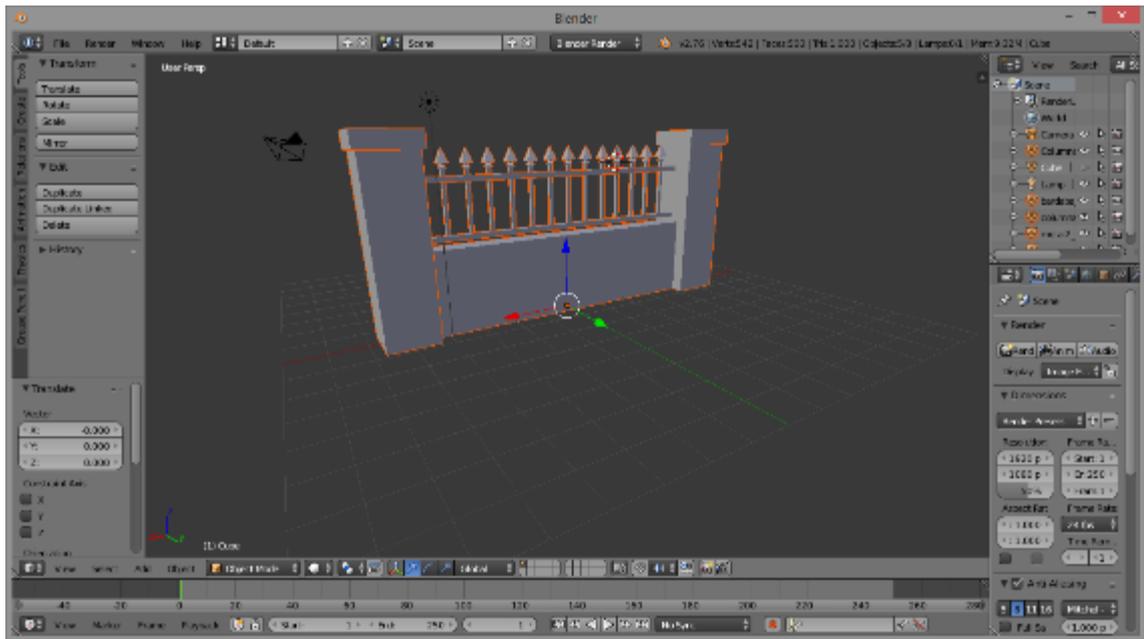


Figura 21. Edición de pared divisor de animales. Blender, 2017.

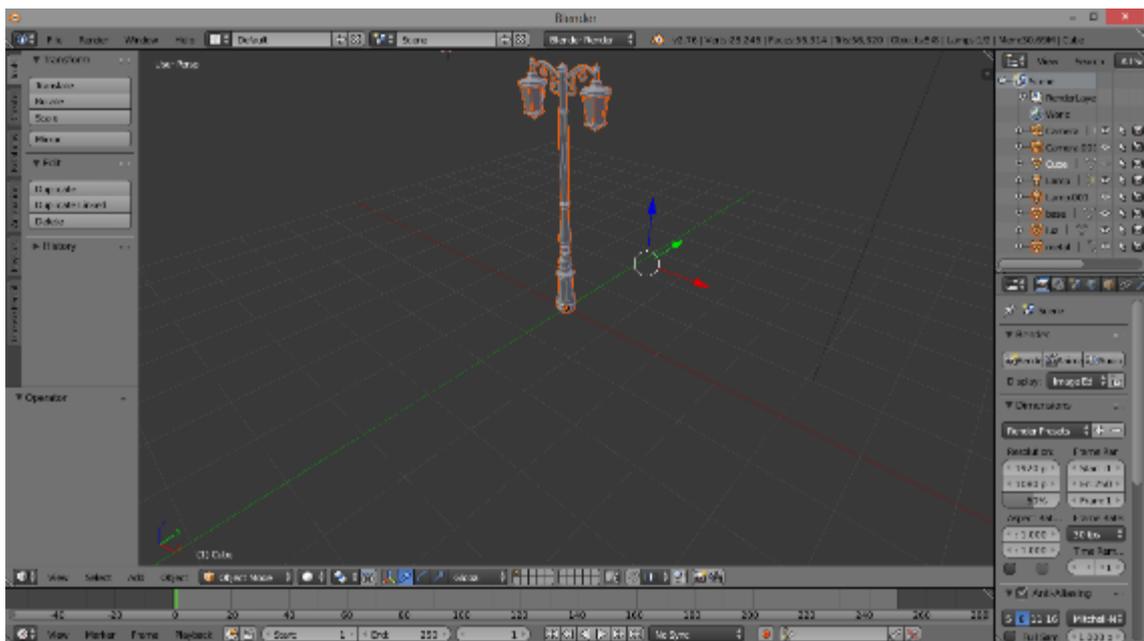


Figura 22. Edición de faro. Blender, 2017.

Los animales se encuentran al margen de las diferentes rutas, las cuales están construidas para que el usuario no realice giros muy pronunciados en distancias considerables, cabe recordar que la necesidad de que el usuario se manipule dentro del ambiente virtual sin cambios de dirección abruptos viene de que el usuario final serán adultos mayores. El entorno contiene animales conocidos en la cultura general los cuales se pueden ver también en zoológicos en todo el mundo: elefantes, cocodrilos, lobos, camellos, rinocerontes, osos, cebras, caballos, armadillos y finalmente tortugas.

Para poder agregar elementos al terreno en Unity se crean objetos vacíos, “Child” del objeto *Terrain*, y se les nombra a conveniencia. En Unity, los objetos hijos heredan del objeto padre únicamente el componente *Transform*, el cual contiene propiedades como lo son la ubicación, orientación y tamaño. Cualquier cambio de estas propiedades que se le haga al hijo, serán relativas al objeto padre. Dentro de ellos se arrastran por último los faros, bardas, esculturas y demás para posteriormente posicionarlos en el mapa, arrastrándolos manera que sirvan de ambientación y hacer que la apariencia del zoológico le resulte más familiar al usuario. Por otra parte, algunos elementos sirven como barreras físicas para restringir el paso a ciertas áreas (Figura 23 y Figura 24).

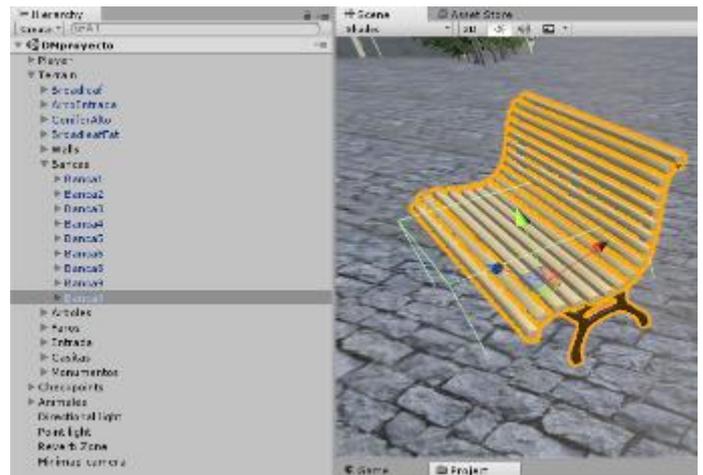
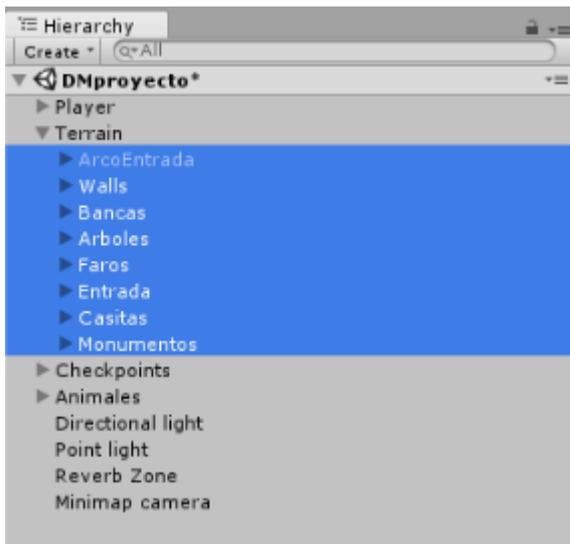


Figura 24. Banca posicionada. Unity, 2017.

Figura 23. Objetos “Child” del terreno. Unity, 2017.

Al colocar los animales, se genera un objeto llamado Animales el cual contendrá las especies seleccionadas. Al igual que los demás elementos en el terreno, se arrastran hasta que la distribución de los mismos sea visualmente ordenada, quedando como se muestra en la Figura 25.



Figura 25. Objetos nombrados “Animales”. Unity, 2017.

Una de las funciones principales del zoológico es la capacidad para cambiar aleatoriamente a los animales de posición, La aleatoriedad es requerida conforme los alcances del proyecto para que los usuarios exploren y memoricen el mayor número posible de trayectorias, ya que al tener siempre un objetivo distinto, se verán forzados a recorrer varias zonas del entorno virtual.

Agregar una adecuada iluminación al *Terrain* así como efectos de sonido, son elementos pertenecientes a cualquier ambiente, es por esto que fue necesario implementar estos detalles al zoológico. En cuanto a la iluminación, se agregarán dos tipos de iluminación, la de la entrada del zoológico y una más que permitirá iluminar todo el zoológico.

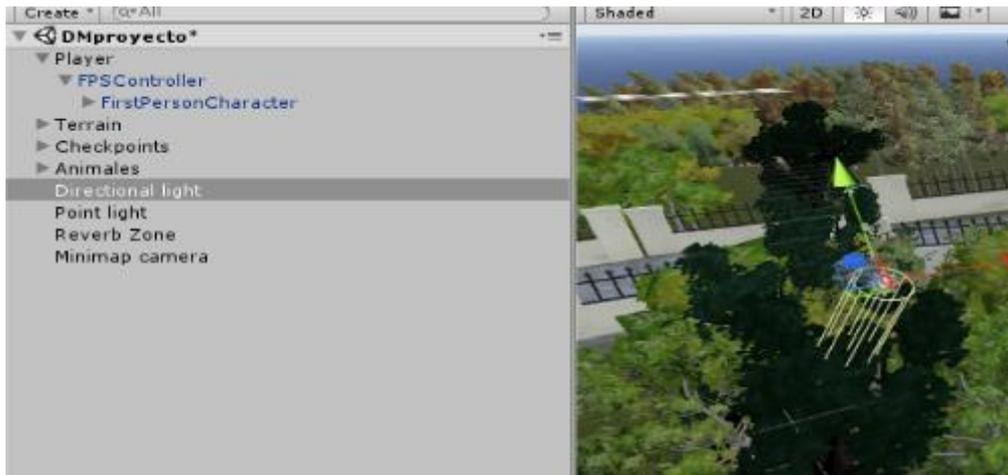


Figura 26. Directional Light, Unity 2017.

La luz, se agrega dentro de Unity, generando un objeto *Directional Light* (Figura 26), indicándose las propiedades en la ventana Inspector, este tipo de iluminación permitirá iluminar el terreno completo del zoológico. (Figura 27).

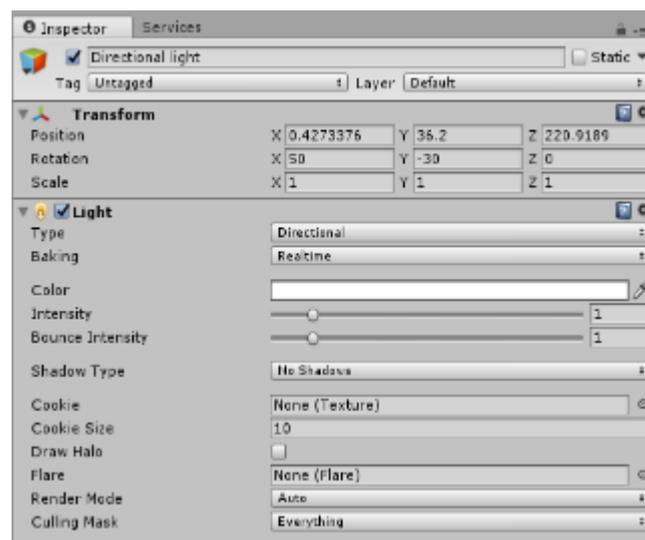


Figura 27. Directional Light, Inspector. Unity, 2017.

Para concluir con la iluminación, se agrega un objeto a la entrada directamente con una luz de tipo puntual, que como su nombre lo menciona ilumina sólo un punto en específico, en este caso la entrada, Figura 28.

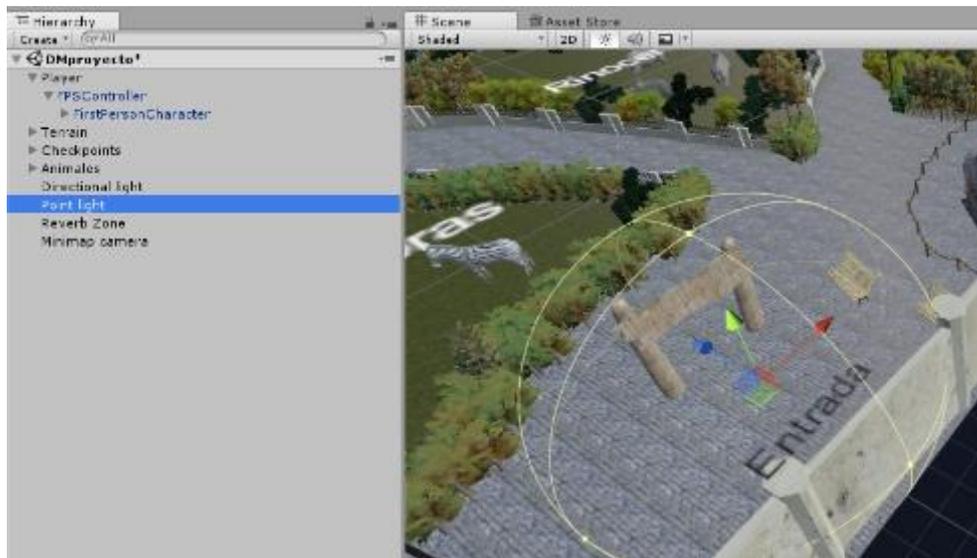


Figura 28. Iluminación de entrada. Unity, 2017.

En cuanto la ambientación a través del sonido, Unity tiene un objeto llamado *Reverb Zone*, éste se agrega en cualquier lugar dentro del terreno debido a que tiene la función de que se escucha en todo el sitio. Para que el sonido comience, se selecciona la opción *Play on Awake*, (Figura 29) Se carga dentro del objeto el sonido que se va a utilizar, Figura 30. Para el caso de este proyecto, el sonido se descargó de una página gratuita.

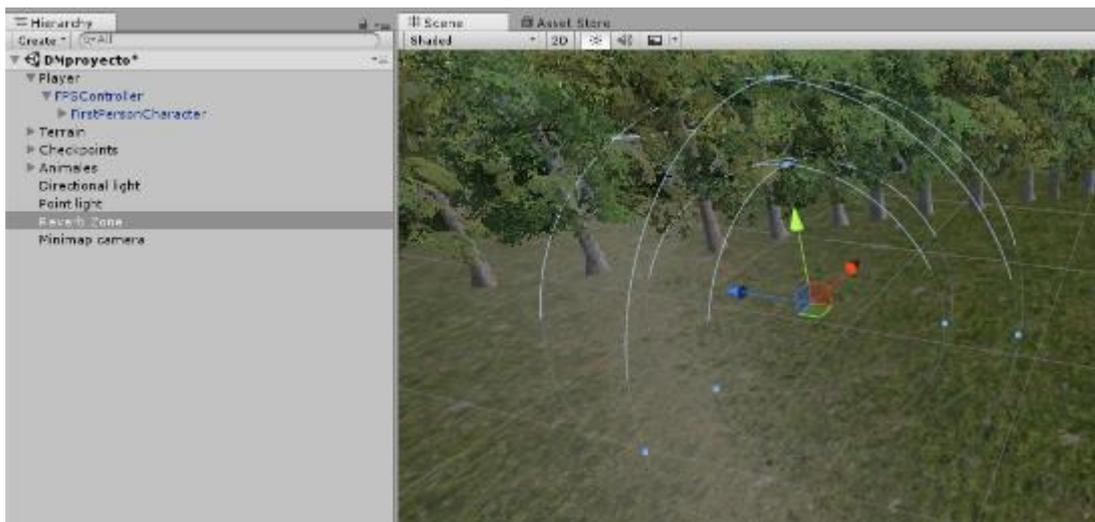


Figura 29. Reverb Zone. Unity, 2017.

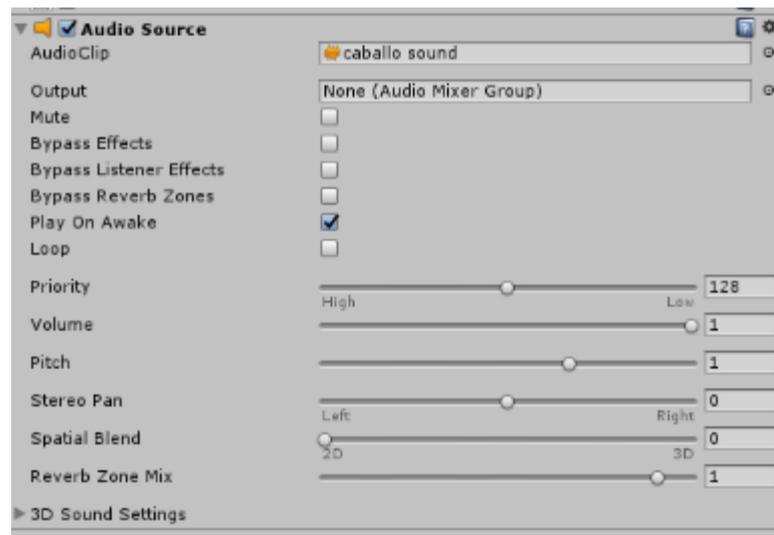


Figura 30. Configuración del audio, Reverb Zone. Unity, 2017.

Otra función importante en el Inspector, es la posibilidad de agregar a todo elemento de Unity un *Script*, es un código que se puede crear y editar en un Visual Studio generando una interacción del elemento con el ambiente virtual, estableciendo rutinas y condiciones que se cumplirán a lo largo de la corrida.

De esta forma se concluye la ambientación del sitio, dando paso al control y programación de la representación del usuario dentro del ambiente.

### *Control del usuario*

Una vez que el terreno ha sido adecuado con las características visuales generales, se debe dar al usuario la habilidad de poder desplazarse en el *Terrain*. Esta capacidad la adquiere a través de un elemento en Unity que se asocia con una cámara virtual que permite se pueda observar el entorno en tiempo real cuando se encuentra dando una caminata por la zona. El usuario deberá interactuar con un indicador que mencione que se ha logrado llegar con el animal objetivo que se le ha designado al comienzo de la partida.

Unity cuenta con un controlador de primera persona que tiene adjunto a éste un código para auxiliar la manipulación del mismo. Para agregarlo dentro de Unity, se coloca el objeto en la posición donde dará inicio el usuario. Para el caso del zoológico, la partida iniciará en la entrada del mismo, por esta la razón de colocar el *Point Light*, que se mencionaba en la sección anterior, en esta zona.

Se crea un objeto nombrado *Player* para generar una jerarquía en el ambiente, Figura 31.

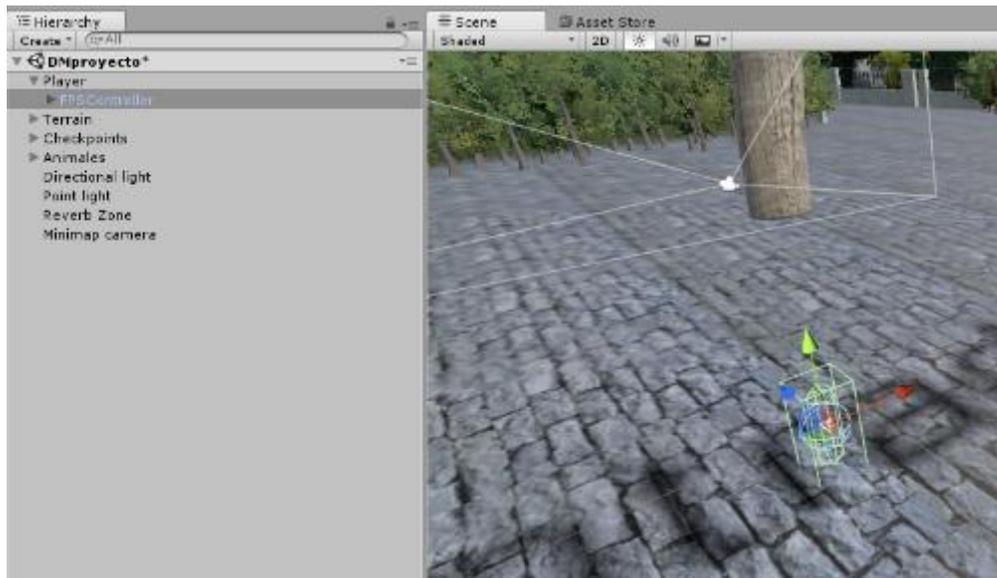


Figura 31. Controlador de la primera persona. Unity, 2017.

Profundizando más sobre el control de la primera persona, ese control asocia el teclado y el movimiento del ratón de la computadora al programa, permitiendo al usuario desplazarse a voluntad, es decir, con el teclado podría controlar su desplazamiento y al mover el ratón podría variar su ángulo de visión, Figura 32. Sin embargo, este código debe de ajustarse a los parámetros que el *Terrain* exige, por lo que más adelante se explicará a detalle este punto.

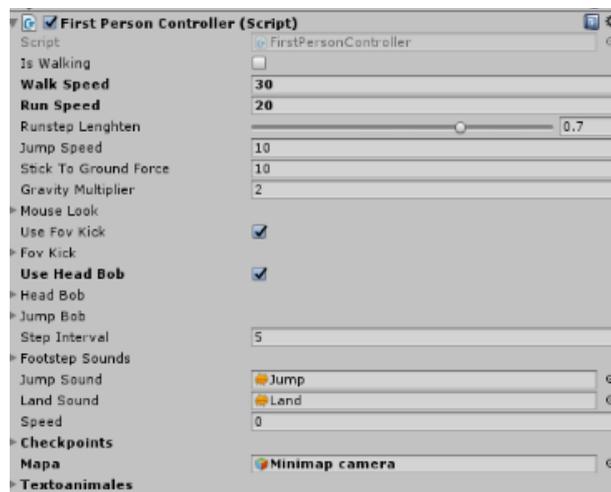


Figura 32. Configuración del Controlador de Primera persona. Unity, 2017.

El objeto de primera persona, está compuesto por un *Child* el cual tiene por nombre *FPSCharacter*, Figura 33, la principal función es que el usuario pueda visualizar el entorno mediante la asociación de la cámara principal del programa.

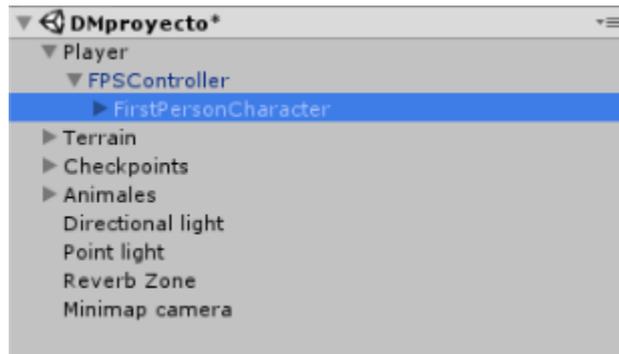


Figura 33. First Person Character. Unity, 2017.

A la cámara se le agrega un objeto llamado *Skybox*, este objeto permite darle límites en el cielo, dando también imagen de coloración azul y nubes blancas, Figura 34. La ambientación es de suma importancia en el ambiente virtual, ya que se busca que el paciente se sienta inmerso en el zoológico. Entre más real se sienta el zoológico, más profunda será esta inmersión.

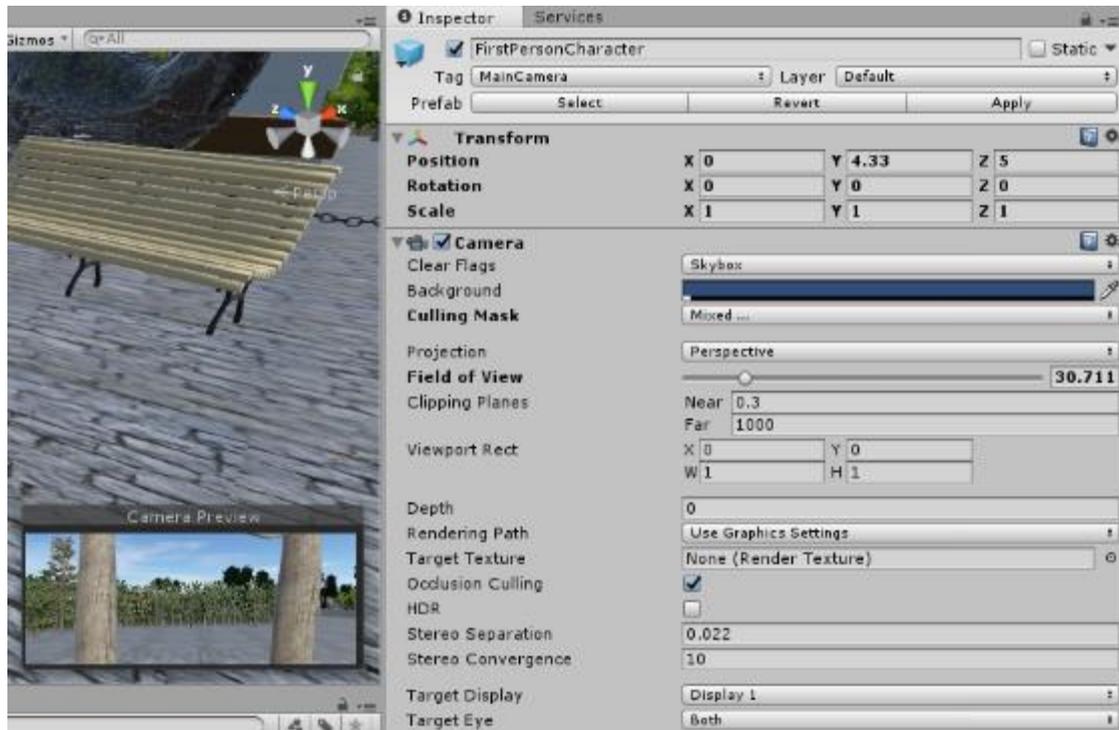


Figura 34. Vista de Inspector de FirstPersonCharacter. Unity, 2017.

Finalmente, se agrega un *Audio Source*, Figura 35, al controlador de primera persona, el cual funcionará para llevar esa música de fondo característica de los recorridos en los zoológicos.

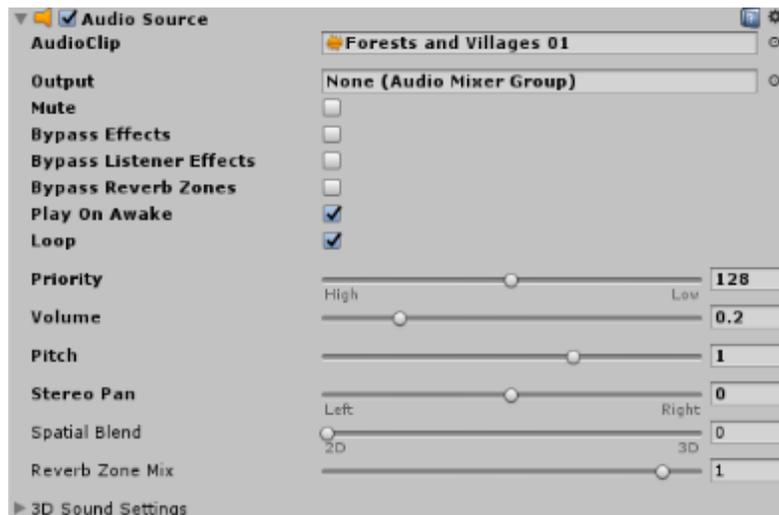


Figura 35. Audio Source. Unity, 2017.

Se debe ajustar el volumen y agregar el audio correspondiente. Seleccionar la opción *Loop* para que la música tenga un ciclo de repetición durante todo el recorrido así como *Play on Awake*. El programa buscará todos los elementos que deben cargarse y ejecutarse al inicio de cada corrida, de tal forma que al seleccionar la última opción se asegura que el audio pertenezca a esos elementos.

### *Interacción del usuario y el terreno*

Primordialmente, se debe asegurar que la interacción física entre todos los elementos en el zoológico sea la correcta. Para ello, a todos los objetos (incluyendo al controlador de primera persona) se les debe añadir la característica *Box Collider* (Figura 36) para que exista colisión física entre ellos, y evitar que el usuario pueda, por ejemplo, atravesar árboles o cercas. Esto le dará mayor realismo a la interacción del usuario.

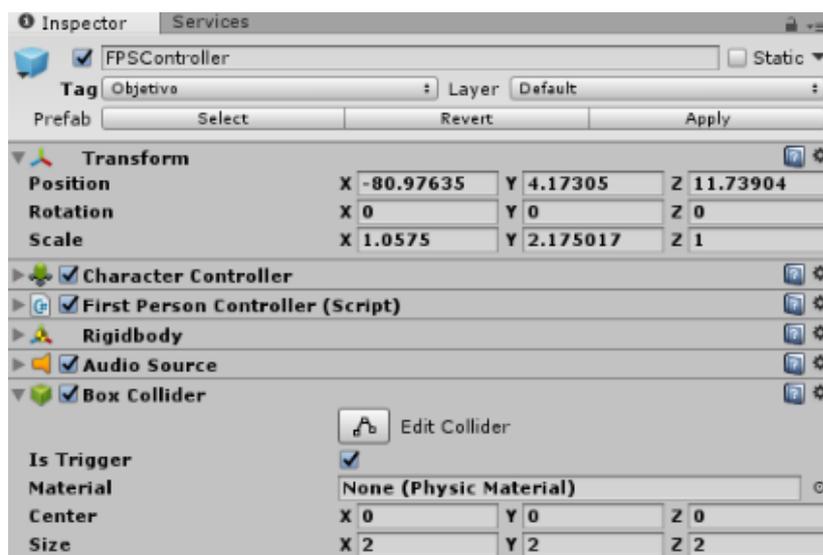


Figura 36. Box Collider en controlador de primera persona. Unity 2017

El *Box Collider*, un comando de Unity, tiene la posibilidad de adaptarse geoméricamente a cualquier figura a la que se le integre, permitiendo editársele a conveniencia.

Una de las funciones principales esperada del zoológico, es permitir que el usuario incremente su capacidad de memoria y de toma de decisiones, por lo que se decidió que dentro del zoológico se pudiera tener una distribución de animales distinta en cada ocasión que la partida comenzara.

Los animales se distribuyen aleatoriamente en el mapa. Para lograr lo anterior se deben seleccionar diez puntos en los que podrá ser reubicado cada hábitat. Se genera entonces un Script, que será asignado al Objeto Terrain.

En este Script, que se ha llamado *Randomize*, se han delcarado variables públicas a las que se accesará desde Unity, asignando coordenadas para la reubicación de hábitats ya mencionada. Para la reubicación aleatoria ha sido necesario también asignar variables públicas en las que se arrastran los objetos a distribuir, en este caso, los animales.

Los animales se distribuyen aleatoriamente en el mapa. Para lograr lo anterior se debe seleccionar diez puntos en los que podrá ser reubicado cada hábitat. Se genera entonces un código, que será asignado al objeto *Terrain*.

El scrip antes mencionado, se ha nombrado *Randomize*, se programó asociando variables tipo públicas con Unity, a las cuales se les asignaron coordenadas para la que pudiese hacer la función de reubicación de hábitats de los animales. Sincronizando estas variables con los animales, en la siguiente imagen se muestra la distribución de animales en sincronía con un espacio en específico.

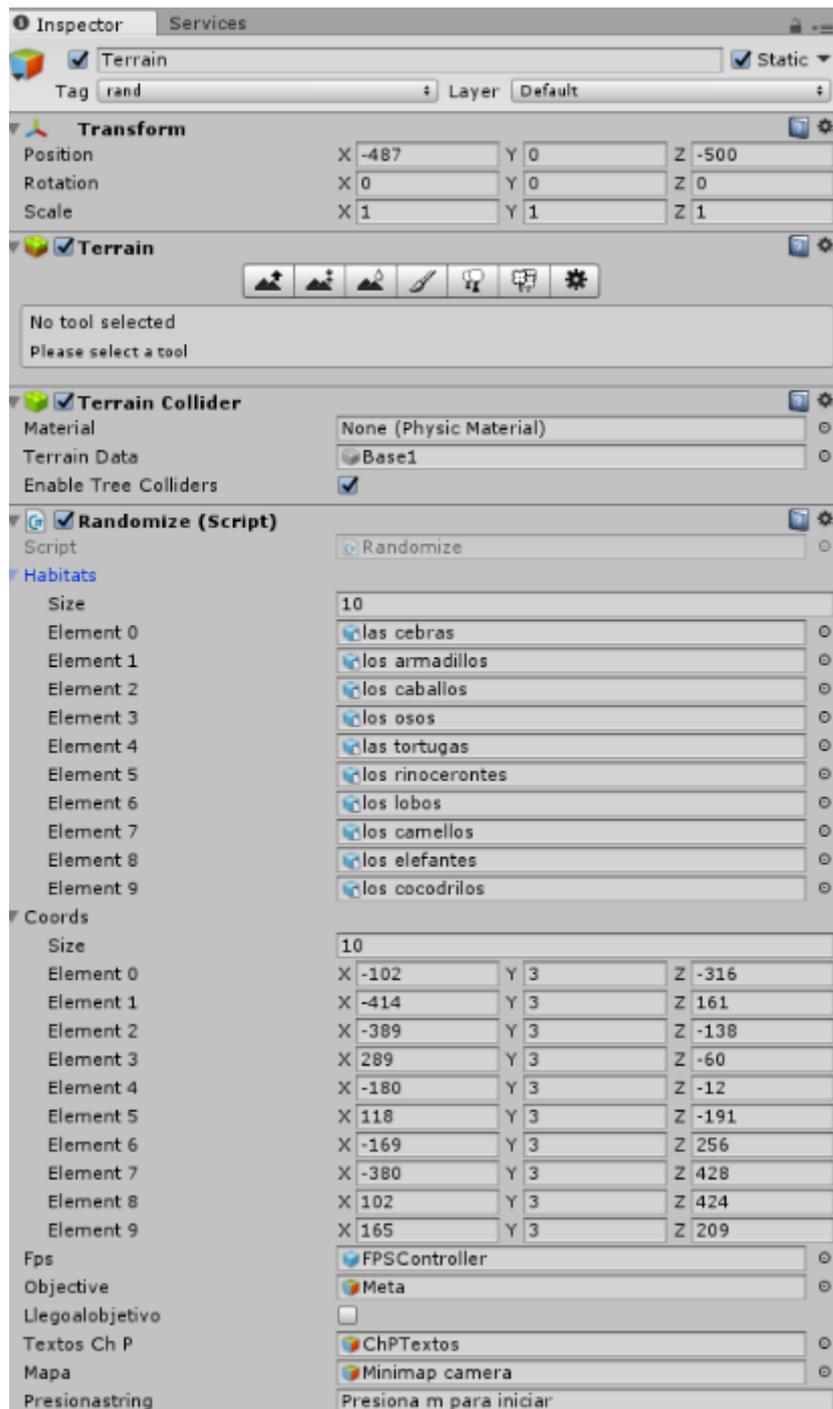


Figura 37. Randomize, Inspector. Unity, 2017.

Para determinar que el usuario ha logrado el objetivo de la partida, se agrega un objeto que indique el estado del cumplimiento, se denominó *Meta* y consiste únicamente una geometría primitiva en forma de cubo Figura 38.

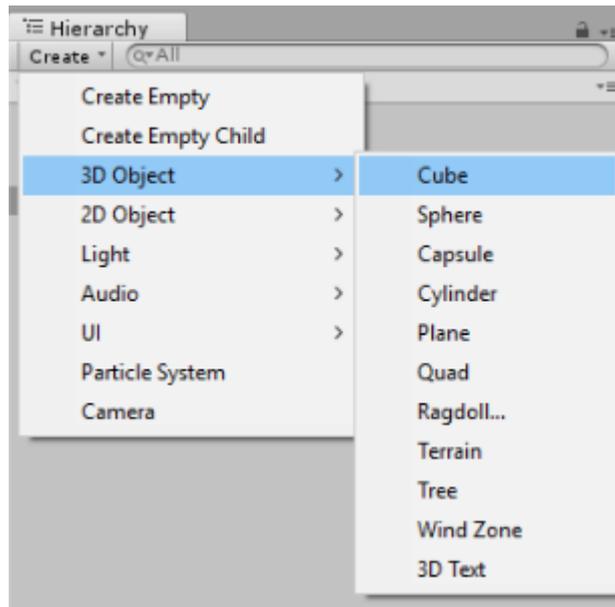


Figura 38. Creación de un Cubo. Unity, 2017.

Debido a que el tamaño original del objeto “meta” es considerablemente pequeño en comparación al de terreno completo, se escala 40 veces su tamaño original. Por otra parte, el seleccionar un color llamativo es importante para que el usuario lo pueda identificar fácilmente. Otro de los detalles que deberá incluir, es la activación de la característica *Box Collider* (Figura 39) así como del código respectivo al cual se le nombrará *Rotator*, en la siguiente imagen se describe las características de este objeto.

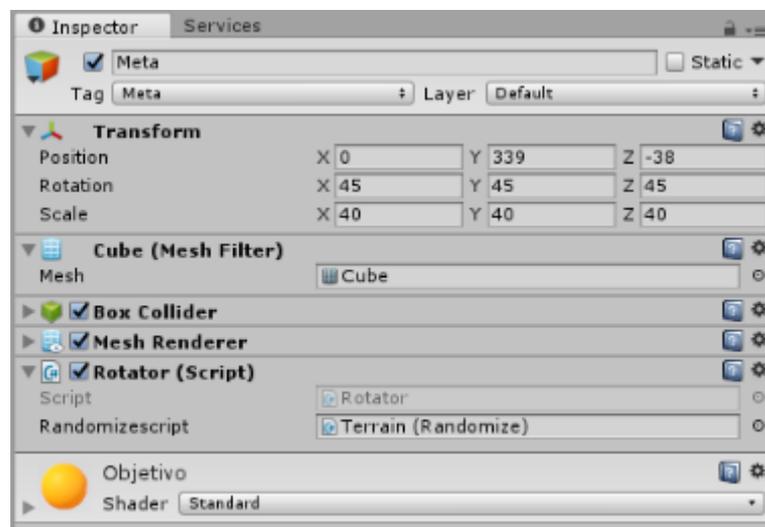


Figura 39. Meta, vista de Inspector. Unity, 2017.

El código *Rotator*, tiene la función de reescalar el objeto Meta a un tamaño considerable tal que el usuario pueda verlo únicamente si se encuentra cerca de él, aunado a esto se le agregó la animación de rotación constante, mostrándole al usuario la meta final del objetivo de la partida. Inicialmente, esta *Meta* se visualiza dentro del mapa que se presenta

como primera pantalla para el usuario (Figura 40) y una vez iniciada la partida, se traslada al hábitat del animal objetivo (Figura 41).

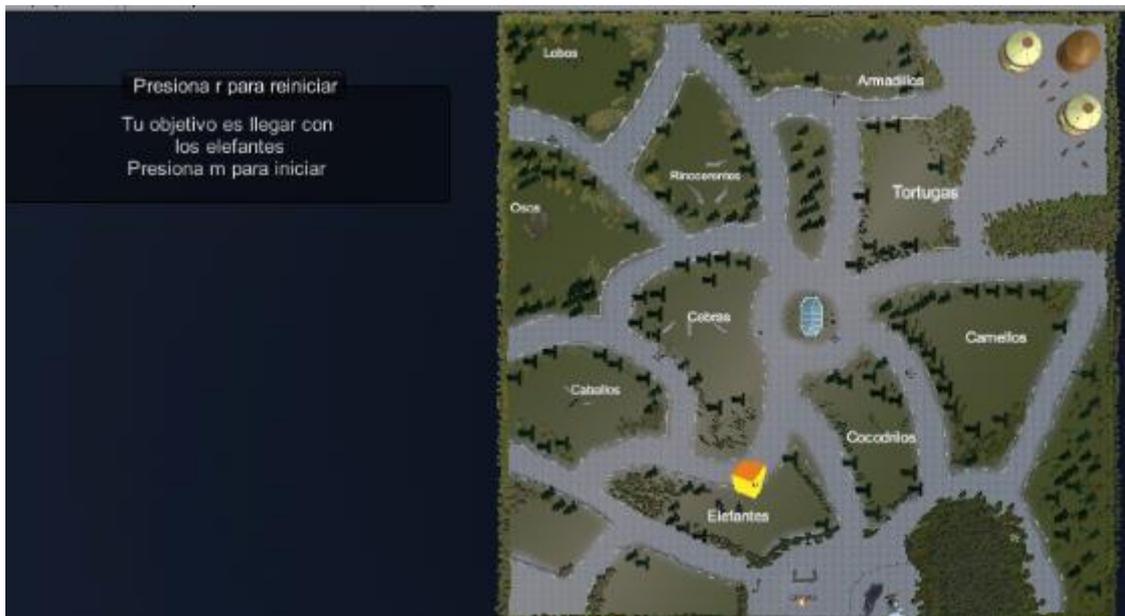


Figura 40. Vista de Meta en mapa. Unity, 2017.



Figura 41. Vista de Meta en hábitat. Unity, 2017.

Una vez que el código *Randomize* distribuye los animales por el terreno, el objeto *Meta* se desplaza junto con el animal objetivo. Para sincronizar estas acciones, se agrega la variable pública tipo *GameObject*, también se coloca el objeto *Meta* sobre la variable *Objective* dentro del código *Randomize* (Figura 42), asegurando el funcionamiento asociado.



Figura 42. Asociación de Meta con Randomize. Unity, 2017.

Por otro lado, el objeto *Meta* tiene la función de detectar que el usuario ha llegado realmente al animal que se le asignó en búsqueda al comienzo. Para lograr lo anterior, se requiere interacción entre el código del usuario (*FPScontroller*) y el código *Meta*.

Como se mencionó anteriormente, se modificará el código del *FPSController*, de tal forma que permita que se asocie con el código *Randomize*, se integra la función *OnTriggerEnter* (Figura 43) y algunas etiquetas a ambos objetos.



Figura 43. FPSController y Randomize. Unity, 2017.

Las etiquetas permiten identificar objetos en Unity dentro de los códigos asociados a los distintos elementos. Se administran en la pestaña *Tags* ubicada en el *Inspector*. Se accede a ella, seleccionando *Add Tags* y se gestionan en el menú emergente llamado *Tags & Layers* (Figura 44).

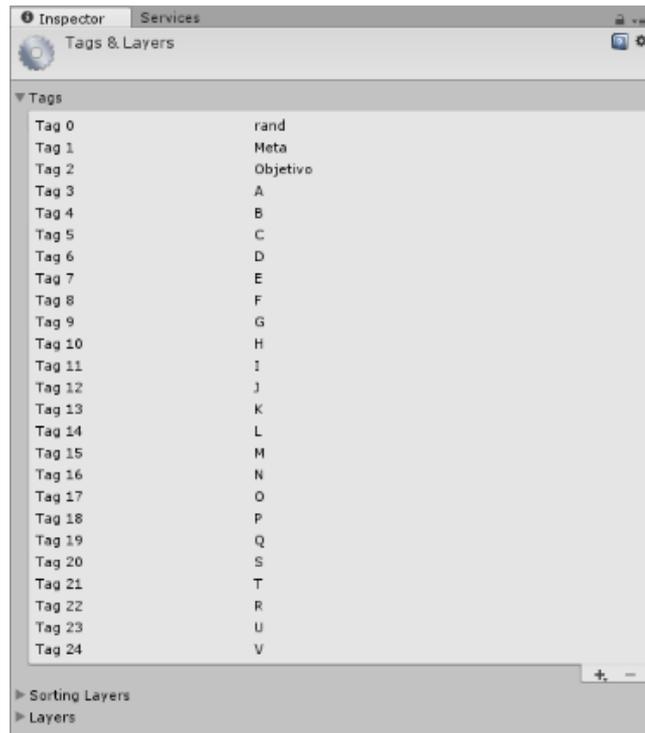


Figura 44. Ventana de etiquetas. Unity, 2017.

Otro de los alcances del presente proyecto, consiste en que se haga un seguimiento del usuario, permitiendo saber qué ruta fue la que éste eligió para para llegar al objetivo, independientemente de la ruta que se seleccione para llegar.

Para registrar el movimiento del usuario a través del mapa, se han agregado a lo largo del mapa, puntos de confirmación o *Checkpoints*, barreras que se encuentran distribuidas por todo el terreno para poder ubicar al usuario en el sitio, de tal forma que al moverse se almacena las zonas por las cuales se va moviendo. ( Figura 45). Éstos se controlan en el código del *FPSCotroller*.



Figura 45. Distribución de Checkpoints en el mapa. Unity, 2017.

Se programaron los *Checkpoints* de tal forma que se pueda pasar más de una ocasión por ellos, sin embargo se deberá accionar un *Checkpoint* distinto previo a pasar por el último que se accionó. Ejemplo:



Figura 46. Resultados de ejemplo 1. Unity, 2017.

En la imagen anterior (Figura 46), se muestra que se tomó la trayectoria G H. El movimiento que se realizó fue cruzar en dos ocasiones por el mismo *Checkpoint* y en los resultados mostrados no menciona que fuese así, esto con la intención de indicar que el usuario se mantuvo dentro de la zona G hasta que se desplazó a la zona H.

La interacción se realizó mediante la programación del *FPSController* y los puntos de control en la que se detecta que el objeto colisione con los *CheckPoints* comparando y guardando el valor de la etiqueta asignada a éste último objeto.

Por otra parte, se tiene una segunda forma de mostrar la trayectoria que el usuario tomó. Para generar esta trayectoria, se le debe agregar un sub objeto al *FirstPersonCharacter* que se nombrará *Trail*.

El objeto *Trail*, deberá tener la característica llamada *Trail Renderer* (Figura 47), ésta herramienta permitirá que se dibuje una estela en el mapa cuando el usuario se desplace por el zoológico. Un ajuste importante a realizar para que pueda generarse esta trayectoria, corresponde al tiempo en el que solicita el dibujo, se selecciona en tiempo infinito ya que se requiere durante la ejecución del programa. Seleccionamos un color y un material, así como el tamaño y detalles pertenecientes para la visualización de la misma.



Figura 47. Trail, visualización. Unity, 2017.

El usuario no pueda ver la estela que va generando, se ajustó una capa que permita ocultar de la vista de usuario la estela generada y que únicamente el terapeuta que usará la herramienta pueda ver tal información.

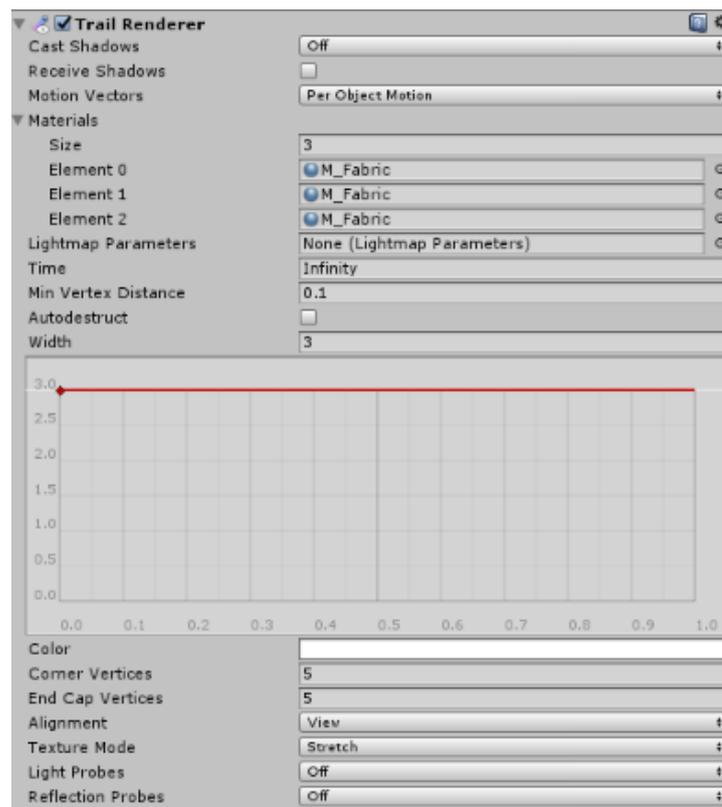


Figura 48. Trail Renderer. Unity, 2017.

Dentro del menú *Tags & Layers* se asigna el objeto *Trail*. Por otra parte, la cámara principal que se encuentra ubicada dentro del objeto *FirsPersonCharacter* se desactiva la capa *Trail* en el menú *Culling Mask* (Figura 48). Con lo anterior, se asegura que la cámara

principal o vista de usuario, pueda ver lo que se encuentre dentro de ésta capa, como lo es la estela (Figura 49).

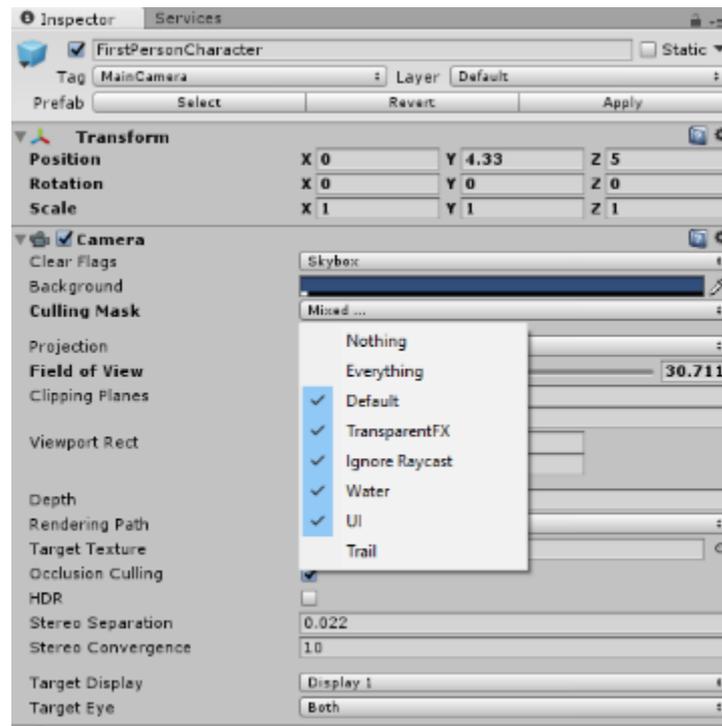


Figura 49. Cámara en FirstPerson Character. Unity, 2017.

Las trayectorias tienen el objetivo de que la persona interesada en cuantificar los tiempos de ejecución del usuario pueda visualizar la ruta que tomó. Ya sea mediante la ubicación en un listado de las zonas por las que paso o mediante la estela del camino que se tomó.

### *Interfaces de usuario*

Una de las consideraciones más importantes para que el usuario logre el objetivo propuesto por la herramienta, depende totalmente de la comunicación del usuario y el programa. Se programa una interfaz de usuario (*UI, User Interface*). Dentro de tal interfaz, se contiene mensajes e indicaciones para mostrarse en pantalla, controlados mediante códigos a través del *FPSController* y en *Randomize*.

Inicialmente, mediante la interfaz de usuario se le indicará al usuario el objetivo que deberá lograr en la partida, se menciona también, con qué botones puede interactuar con el zoológico, Figura 50.

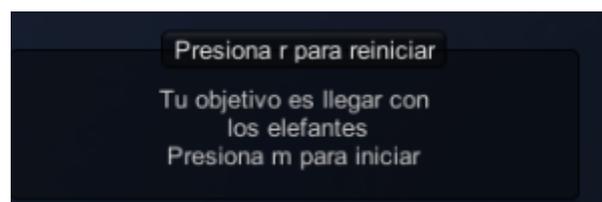


Figura 50. Instrucciones al usuario. Unity, 2017.

Para esta primera pantalla, haciendo pruebas en el equipo de cómputo en que se desarrolla el programa, el botón *m* se utiliza en primera y única ocasión a diferencia del botón *r* que se puede utilizar en cualquier momento de la partida. Es importante mencionar que el animal objetivo cambia cuando se inicia una nueva partida.

Cuando se ejecuta el zoológico, el usuario puede ver el mapa del zoológico completo, mediante una vista de planta, Figura 51.

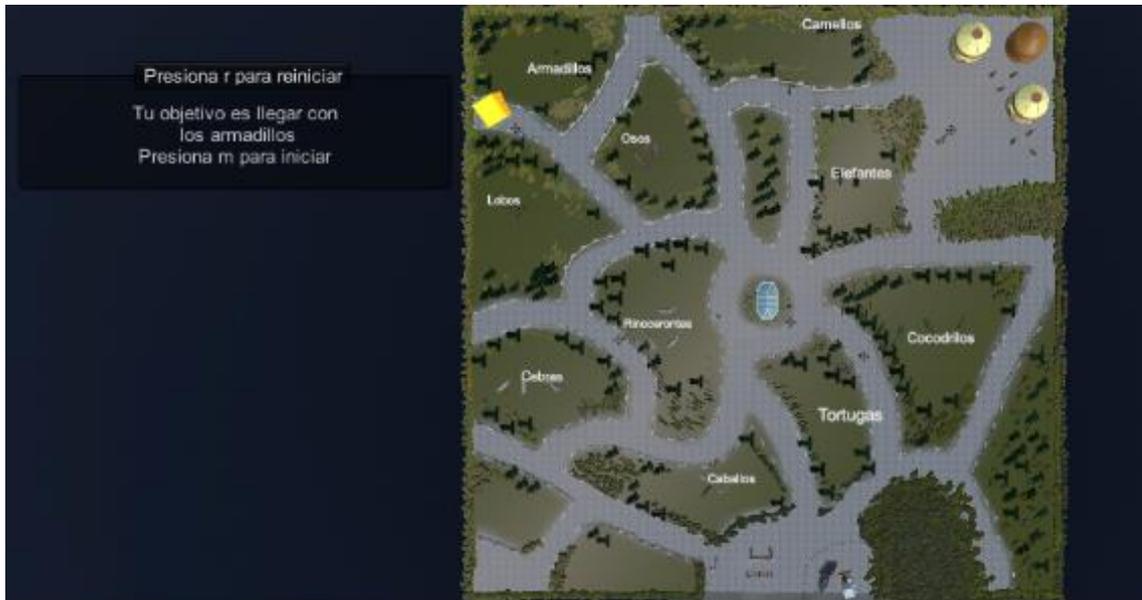


Figura 51. Vista de Mini Mapa de usuario. Unity, 2017.

A continuación, la pantalla que se muestra es la vista de usuario, Figura 52, en la cual se puede ver toda la extensión del zoológico como lo son los pasillos, árboles, mobiliario, entre otros. También en la parte superior izquierda se encuentra un mensaje de recordatorio para lograr el objetivo de la partida.



Figura 52. Vista de usuario Unity, 2017.

Una vez que se ha llegado al objetivo, se sustituye el texto anterior por el siguiente (Figura 53):

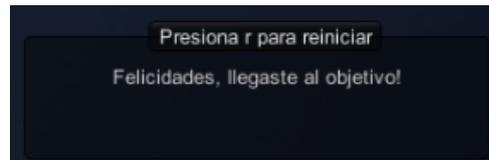


Figura 53. Mensaje final. Unity, 2017.

En el otro costado de la pantalla, al llegar a la Meta, se genera un texto donde se menciona el tiempo y los puntos de control en forma ordenada por los que el usuario cruzó. Finalmente, el usuario puede visualizar la imagen que contiene al mapa con la estela de la trayectoria, los puntos de control y los tiempos que se realizaron dentro de la partida, Figura 54.



Figura 54. Vista final. Unity, 2017.

Para la creación del mapa en tiempo real que permite todas las acciones anteriores, se colocó una cámara secundaria que permitiera visualizar al zoológico desde arriba, Figura 55.

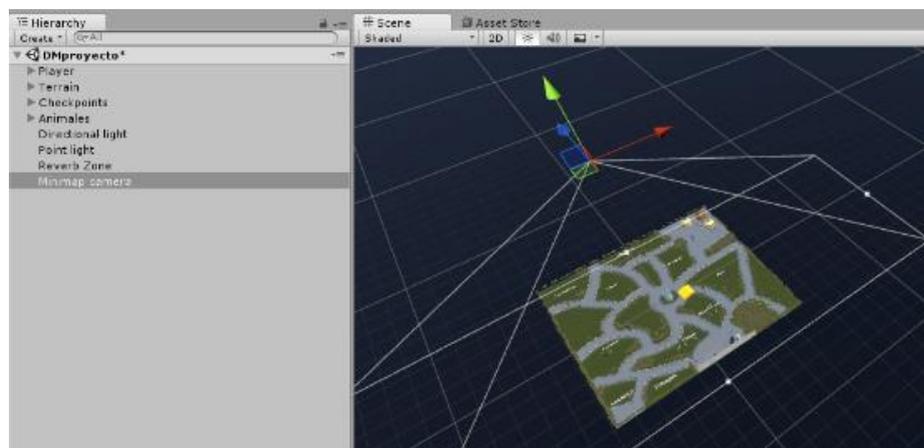


Figura 55. Cámara de mapa. Unity, 2017.

La transición de la visualización del mapa a la cámara principal dentro del control de la primera persona, se ajustó el parámetro de profundidad, *Depth*. La cámara con el valor numérico más alto en este parámetro tendrá prioridad sobre las demás. Se asignó a la cámara del mapa una profundidad de 1 (Figura 56) y la del *FPCharacter* el valor cero.

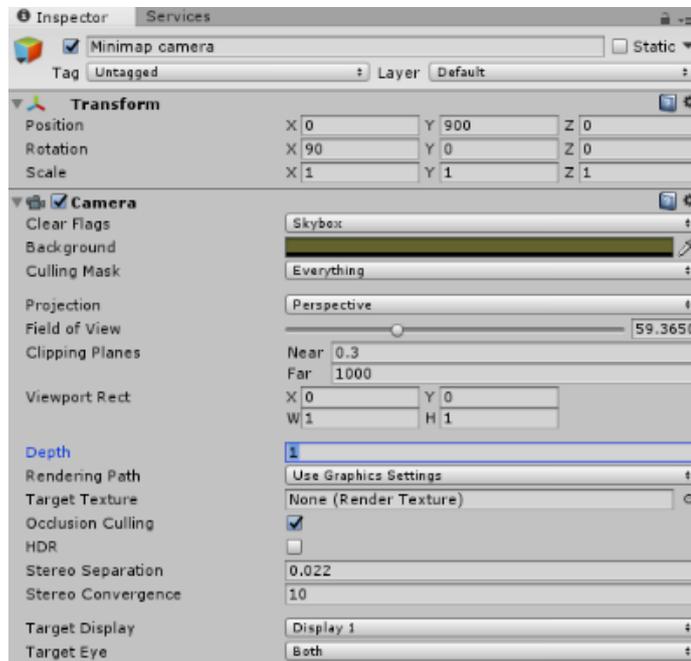


Figura 56. Cámara de mapa, Inspector. Unity, 2017.

Otra de las ediciones necesarias al código del controlador de la primera persona fue el que desapareciera la cámara del mapa para visualizar la siguiente cámara. Se declaró una variable pública de tipo *GameObject* la cual se deshabilita y habilita según sea necesario, Figura 57.

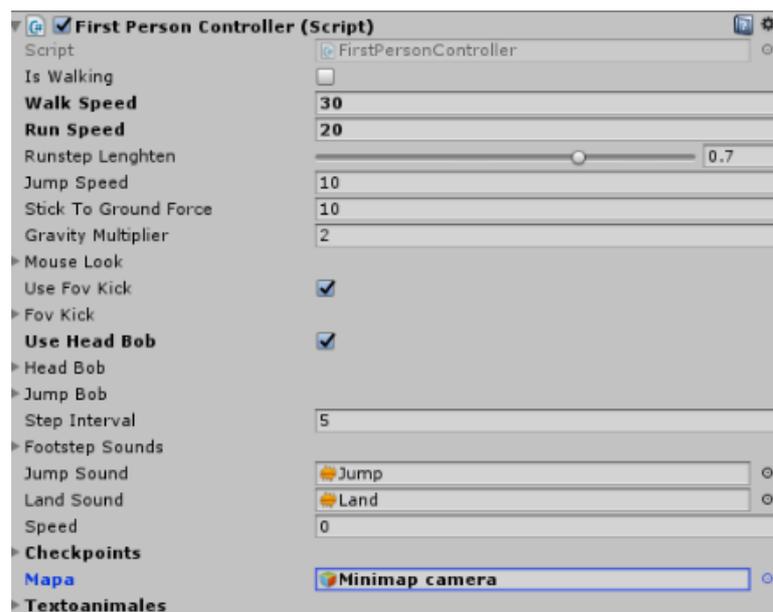


Figura 57. Asociación de Minimap Camara con FPSController. Unity, 2017.

Otra de las cosas que se muestran en la pantalla principal, son los nombres de los animales vistos desde planta para que el usuario pueda ubicar el objetivo que debe cumplir. Estos se deberán apartar de la vista una vez iniciada la partida y volver a visualizarse cuando se concluya la partida., agregando también, los nombres de los puntos de control en el mapa. Esta función, se realizó en el código del *FPSController* agregando variables para habilitar y deshabilitar estos elementos, Figura 58 y Figura 59.

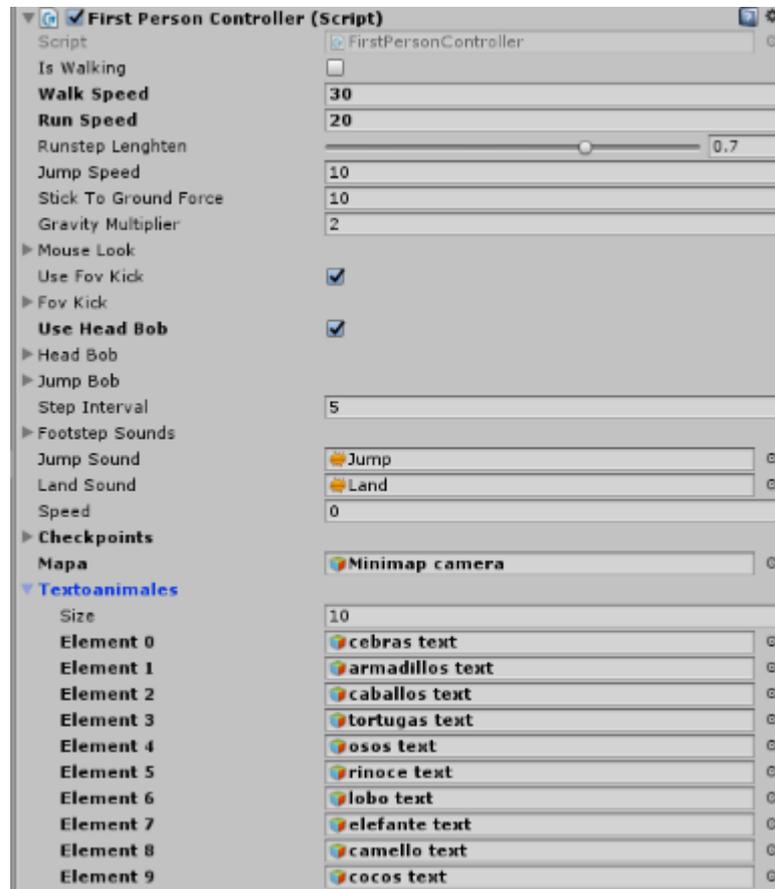


Figura 58. Texto de los nombres de animales. Unity, 2017.



Figura 59. Asociación de Textos de puntos de control con Randomize. Unity, 2017.

Estas configuraciones que han sido presentadas son las bases para su funcionamiento en computadora. Sin embargo, como parte de los alcances de este proyecto, se planteó que se pudiera utilizar mediante un visor de realidad virtual a través de un celular inteligente. En la siguiente sección se abundará en el tema.

## Adaptación a realidad virtual en la plataforma GoogleVR

Hasta este punto el zoológico se encuentra desarrollado en tercera dimensión, sin embargo deberá exportarse para poder visualizarse en realidad virtual. Como se mencionó en la sección *Selección de hardware*, el zoológico se exportará a un celular inteligente. Para realizar esto, se realizaron ajustes necesarios.

En la Figura 60, se muestra la selección del sistema operativo con Android en el menú de *Platform*, dando paso ahora a la compatibilidad del proyecto con éste sistema operativo.

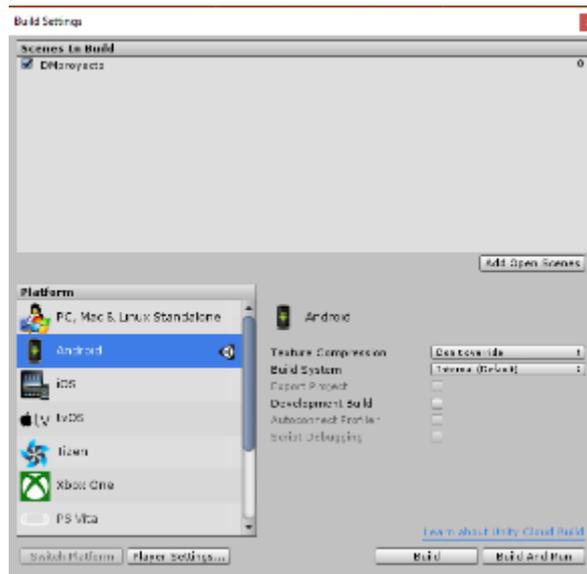


Figura 60. Ventana Emergente Build Settings. Unity, 2017.

Una vez asegurado que es compatible la plataforma con el sistema operativo en el que se va a reproducir, se debe obtener compatibilidad para trabajar en un ambiente en realidad virtual, encontrando en la ventana del *Inspector* la posibilidad de seleccionar las preferencias de visualización.

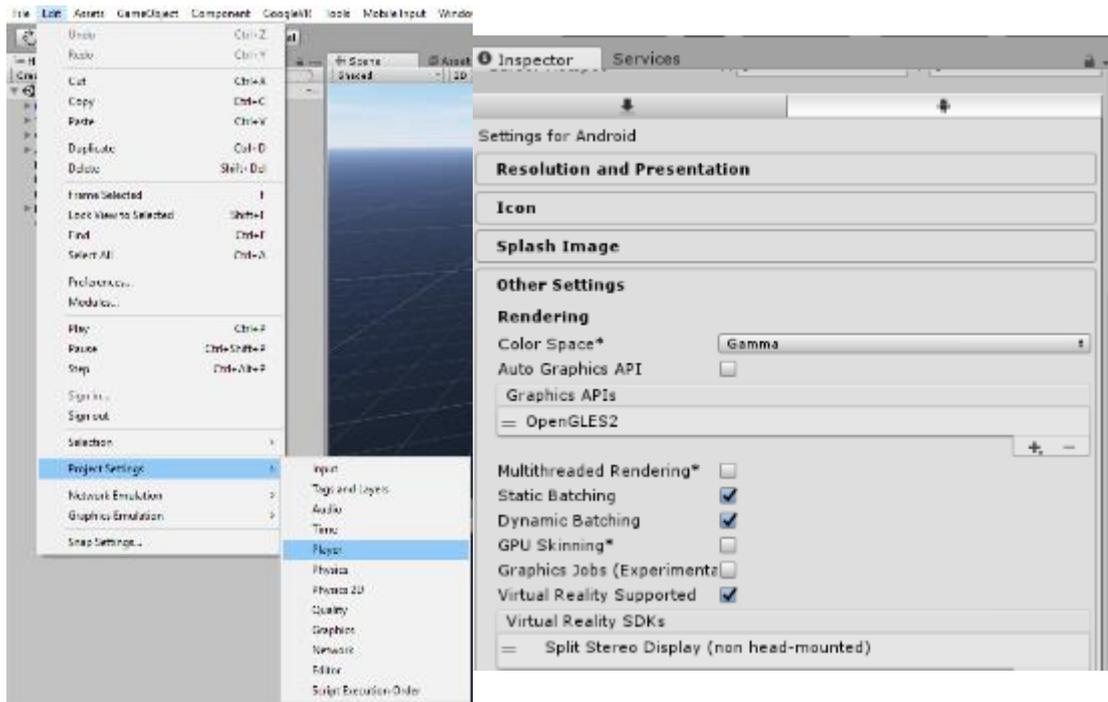


Figura 61. Edición de Player Settings. Unity, 2017.

A continuación se agrega código que permitirá el uso del visor de realidad virtual seleccionado en las secciones anteriores, es gratuito y tiene la característica de que al iniciarse la partida, se genera automáticamente tiene por nombre *GoogleVR* a este se le selecciona un objeto *GvrViewerMain*, Figura 62, el cual relacionará el movimiento de la cabeza del usuario con el usuario representado en el ambiente virtual.

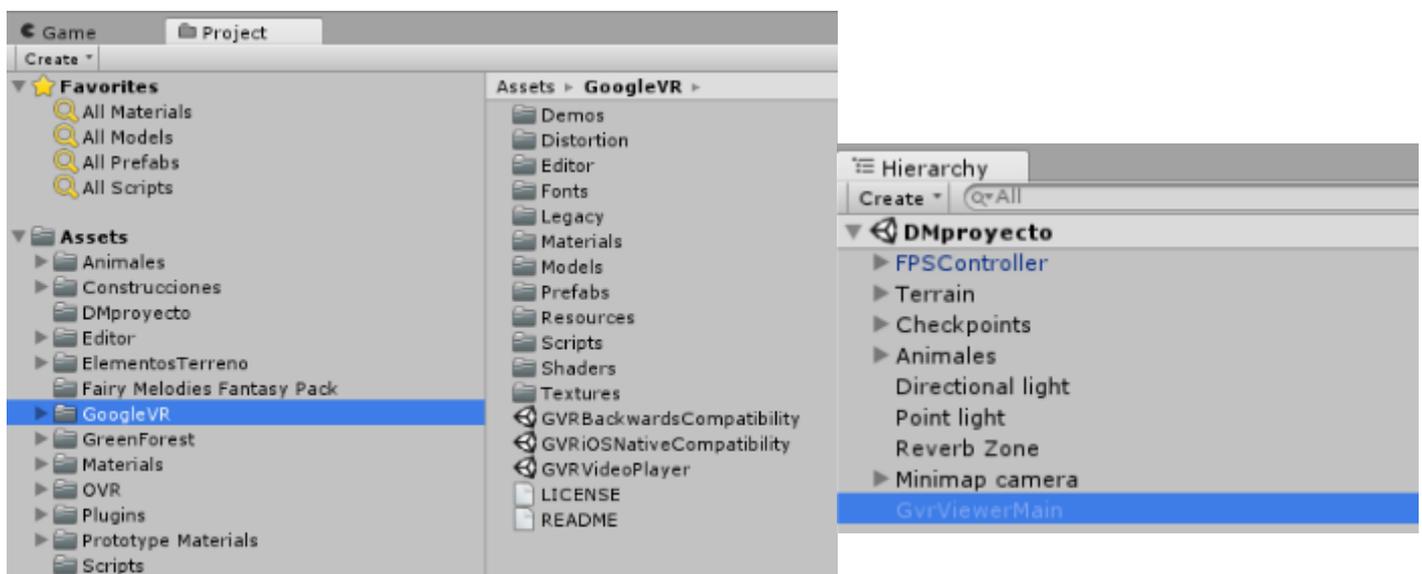


Figura 62. Incorporación de Plugin GoogleVR y GvrViewerMain. Unity, 2017.

Otros cambios necesarios en el código del *FPSController* para la implementación en el visor corresponden al desplazamiento, ya que al no tener interacción mediante teclado ni ratón de computadora en el celular, deberá de utilizarse el único botón con el que cuenta el visor seleccionado. En la siguiente tabla, se muestra la relación de acciones que se

encontraban previamente relacionadas en PC que han cambiado su configuración a Android.

Tabla 2. Cambio de funciones de PC a Android.

<i>Función</i>	<i>Comando PC</i>	<i>Comando Android</i>
<i>Inicio</i>	Presionar <i>m</i>	Presionar botón magnético
<i>Reinicio</i>	Presionar <i>r</i>	Girar dispositivo a posición vertical boca arriba
<i>Desplazamiento</i>	Movimiento del ratón y flechas o botones WASD	Giroscopio y <i>Toggle</i> de botón magnético para avanzar/detenerse
<i>Mostrar resultados</i>	Llegando al objetivo, se visualizan automáticamente	Llegando al objetivo, se visualiza automáticamente la trayectoria en el mapa, girando dispositivo a posición vertical boca abajo se visualizan los tiempos

Por lo tanto, el botón deberá acatar las siguientes instrucciones:

- Visualización del mapa y clic que dará inicio a la partida, habilitando el desplazamiento.
- Una vez iniciada la partida, el mantener el botón presionado permitirá al usuario desplazarse en la dirección que se esté mirando, al soltarse, se detiene.

La pantalla del celular, a pesar de ser una de las más grandes en el mercado, es un espacio reducido, por lo que se consideró reorganizar la distribución de la *UI*. Para poder hacer esto, es pertinente mencionar que al utilizarse *GvrViewerMain* no es compatible con la codificación previa de los textos por lo que se cambiaron por objetos *Canvas* que proyectarán las instrucciones para el usuario y los demás datos que ya se tenía contemplado proyectar, Figura 63.

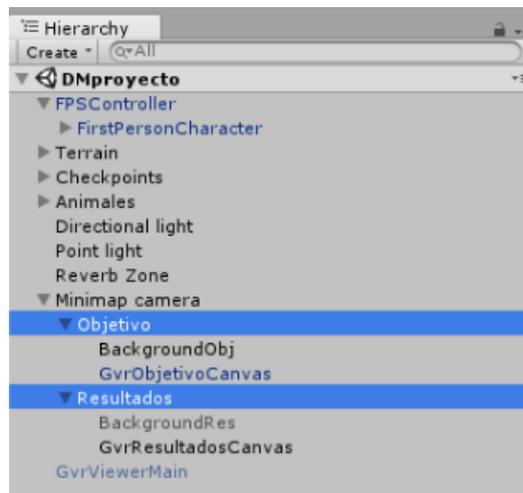


Figura 63. Objetos de mapa en Canvas. Unity, 2017.

Ambos elementos serán sub objetos del mapa, cada uno con su propio código que permitirá controlar los textos impresos. El *Canvas* deberá tener acceso al código del *FPSController* (Figura 64) para poder imprimir los tiempos.

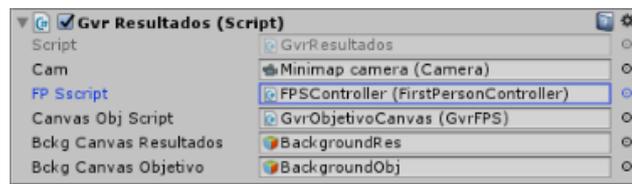


Figura 64. Asociación de *FPSController* con *GvrResultados*. Unity, 2017.

Ahora los resultados se visualizan de forma distinta, debido al tamaño menor que presenta la pantalla del celular, Figura 65.



Figura 65. Resultados en Mini mapa. Vista de Visor de Realidad virtual. Zoológico Virtual, 2017.

Y girando la cabeza se visualizan los resultados finales, Figura 66.

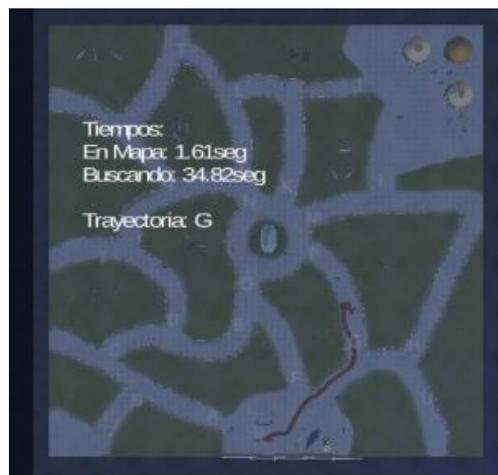


Figura 66. Resultados completos, visor de realidad virtual. Zoológico Virtual, 2017.

Al realizar estas mejoras al proyecto, se encuentra listo para ser probado. Cabe mencionar que para que el terapeuta pueda valorar los resultados obtenidos deberá ver esa pantalla final de datos después de que el usuario ha terminado la prueba y tomar los valores correspondientes con algún método tradicional como tinta y papel.

## IV. PRUEBAS PRELIMINARES

---

Se presentarán pruebas preliminares que ayudarán a la justificación del cumplimiento del objetivo, estas pruebas han sido aplicadas con el consentimiento correspondiente del usuario.

Las pruebas preliminares presentadas no tuvieron el fin de diagnosticar o tratar algún deterioro cognitivo en el usuario, únicamente fueron para comprobar funcionamiento y obtener todo tipo de observaciones, para posteriormente identificar errores y problemas para realizar mejoras y cambios a futuro. En particular, se puso especial atención en lo intuitivo, amigable y fácil de usar que podría llegar a ser el software, es decir, que tan rápido se adapta el usuario a la manipulación de éste. Además, se observó la facilidad con la que el usuario entendiera el objetivo a cumplir, así como la posibilidad de que se experimentaran mareos causados por la velocidad de procesamiento de las imágenes.

Todas las pruebas preliminares siguieron el siguiente protocolo:

1. Identificación del funcionamiento del visor y el botón.
2. Explicar el inicio del programa, visualización del mapa e identificación de la meta.
3. Dar instrucciones. Cuándo apretar el botón y para qué sirve. Cómo desplazarse en el ambiente.
4. Observar y analizar comportamiento del usuario.
5. Almacenar los resultados.
6. Concluir.

Pruebas:

A.

Nombre: Manuel Ernesto Mariaca Domínguez

Edad: 74

Resultados: No terminó. Duración aproximada de 5 minutos.

Observaciones: Rápido entendimiento de cómo interactuar con el zoológico, sin embargo presenta confusión de cuál es el objeto Meta. El usuario se extravió dentro del zoológico. No presenta algún tipo de mareo o reacción física ocasionada por el mismo.

B.

Nombre: Yorinda Hernández Díaz

Edad: 56

Resultados: No terminó. Duración aproximada de 5 minutos

Observaciones: Rápido entendimiento de cómo funciona y cómo se debe desplazar en el zoológico. Se extravió dentro del zoológico. Y presentó un ligero mareo.

C.

Nombre: Jaqueline Valenzuela Hernández

Edad: 15 años

Resultados: En Mapa: 23.5 segundos, Buscando 116.54 segundos. Trayectoria: H M K L T

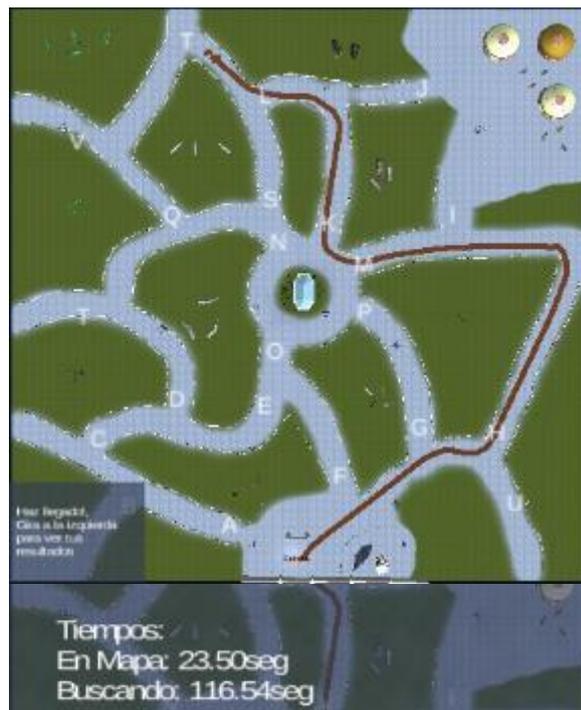


Figura 67. Resultados usuario C. Zoológico Virtual, 2017.

Observaciones: Rápido entendimiento de cómo funciona y cómo se debe desplazar en el zoológico. Por la trayectoria se nota un ligero extravío, sin embargo se llegó al objetivo. No hubo desplazamiento errático. No dio vueltas en círculos. Nunca regresó por caminos ya recorridos. No presentó alguna reacción física.

D.

Nombre: Ángela Díaz Torres

Edad: 81

Resultados: No terminó. Duración aproximada de 2 minutos.

Observaciones: Lento entendimiento de cómo funciona y cómo se debe desplazar en el zoológico, se debió explicar varias veces. Extravío dentro del zoológico. Presentó un mareo fuerte al usar el visor.

E.

Nombre: Hiram Hernández Díaz

Edad: 49

Resultados: No terminó. Duración aproximada de 6 minutos.

Observaciones: Rápido entendimiento de cómo funciona y cómo se debe desplazar en el zoológico. Sin embargo, se extravió dentro del mismo, regresando se llegó de nuevo al origen. No presentó alguna reacción física al usar el zoológico.

## V. RESULTADOS

---

En el presente capítulo se evaluará si el ambiente virtual construido, cumple satisfactoriamente con el objetivo previamente planteado a partir de la discusión con la Dra. Arrieta e Ing. Quiroz para obtener la aprobación del ambiente virtual como potencial herramienta para terapia.

### Resultados

Se logró implementar el desarrollo de entornos virtuales en la plataforma Unity para la construcción de un ambiente que se asemeja a un zoológico, en el cual el usuario puede interactuar al desplazarse dentro de él y buscar un objetivo determinado aleatoriamente por el programa.

Como se comprueba en la sección anterior, con las pruebas preliminares se demostró que el zoológico virtual es suficientemente complicado e impone un reto al usuario, forzando la memorización de trayectorias y toma de decisiones para lograr llegar al objetivo con mejor tiempo cada ocasión.

Sin embargo, no se ha realizado un tratamiento riguroso a ningún usuario, ya que el ambiente aún tiene limitaciones que deberán configurarse para su correcta y eficaz implementación. Dichas configuraciones, que han sido decididas después de la observación y análisis realizado en las pruebas preliminares, serán detalladas más adelante.

### Áreas de oportunidad

En el capítulo anterior se realizaron observaciones de las pruebas preliminares. Ahora se detallarán las conclusiones generadas de la observación y las posibles áreas de oportunidad para el zoológico.

- Las pruebas se requieren hacer en una silla giratoria, se observó que si el paciente está parado es más propenso el mareo además que la concentración es mayor en el usuario si no tiene necesidad de realizar movimientos. También girar es necesario para el desplazamiento dentro del zoológico.
- La velocidad de procesamiento del celular y la proyección de la imagen tiene cierto retraso, generando en muchas zonas del zoológico una visualización lenta del programa, lo que puede ser causa también del mareo. Es necesario optimizar texturas y modelos 3D para que puedan ser cargados más rápido por el programa.
- Todos los caminos son iguales, cercas con árboles. Es necesario agregar más objetos de referencia y usar más colores para que el usuario tenga una mejor

noción de dónde se encuentra ubicado dentro del zoológico. El uso de distintos tipos de suelo puede ser de ayuda también.

- Los animales se pueden visualizar únicamente cuando el usuario se encuentra en una pequeña zona específica del hábitat (en donde la Meta aparece si éste llega a ser el hábitat objetivo). Debe cambiar lo anterior, pues los usuarios en el Mini mapa tienden a referenciarse más por los hábitats en vez de las esquinas y planear una ruta basada en una secuencia de giros en cada esquina. Al no poder identificar el hábitat, no pueden referenciarse y no saben dónde dar vuelta.
- Se debe agregar un comando para interrumpir el programa en caso de extravío, pues no se pueden registrar los tiempos ni la trayectoria seguida si no se llega a la Meta.
- Es necesario poder visualizar lo que el usuario está viendo. Se debe establecer una comunicación computadora-celular para que el médico o aplicador de la prueba pueda guiar o dar instrucciones al paciente.
- Es preferible dar el visor al paciente y que éste navegue primero por el mapa, sin buscar a la Meta, para que se adapte a la interacción en el ambiente virtual, posteriormente se reinicia el programa y se le indica a dónde debe llegar.
- Al igual que el punto anterior, para adaptar al usuario y estimular la memorización del mapa, se puede limitar al programa para que no genere ubicaciones aleatorias de los hábitats, y que la Meta sea la misma durante las primeras 2 corridas del programa. Posteriormente el programa genera la aleatoriedad que se tiene en el programa, asignando otra Meta que también será aleatoria.

## VI. CONCLUSIONES

---

Se logró identificar que es necesario implementar un procedimiento que permita instruir al usuario al ámbito de interacción con la realidad virtual, ya que el acostumbrarse al software desde el primer paso entorpece y obstaculiza el realizar la prueba debido a la inexperiencia de los usuarios con entornos virtuales. Dentro de este proceso, se deberá identificar una curva de aprendizaje para los usuarios finales que tengan asimilación más directa.

La transición del software del sistema operativo Windows al sistema operativo en Android tiene estrictas consideraciones en la velocidad de procesamiento gráfico, por lo que implementar este cambio permitió que la calidad visual del ambiente para el usuario disminuyera. Se debe mejorar la calidad de los modelos 3D así como las texturas de los mismos sin forzar las características del hardware utilizado para que puedan ser procesados rápidamente por el dispositivo móvil. Es importante esta consideración ya que esto repercute directamente con la percepción del usuario con respecto del ambiente, evitando mareo en él.

La selección de hardware y software es de suma importancia, debido a la necesidad de compatibilidad entre ambos, no dejando de lado y siempre tomando como aspecto necesario la consideración de la ergonomía y accesibilidad. Se identificó que para que el usuario pueda desplazarse en el entorno virtual sin necesidad de sujetar el visor y mantener presionado un botón, es necesaria la adquisición de una caminadora especial para la realidad virtual.

El trabajo futuro que se ha planteado con las modificaciones y correcciones ya expuestas, servirá también para reforzar y adquirir conocimientos de programación, así como la implementación de una correcta y comunicación usuario – máquina.

## APÉNDICE

### Tablas

Tabla 3. Datos técnicos de Samsung Galaxy S7

Red	Tecnología	GSM / HSPA / LTE
Cuerpo	Dimensiones	142.4 x 69.6 x 7.9 mm
	Peso	152 gramos
	Construcción	Corning Gorilla Glass 4 back panel
	SIM	Single SIM (Nano-SIM) - G930F Dual SIM (Nano-SIM, dual stand-by) - G930FD
Pantalla	Tipo	Super AMOLED pantalla táctil capacitiva, 16M colores
	Tamaño	5.1" (aprox. 72.1% relación pantalla - cuerpo)
	Resolución	1440 x 2560 pixels (~577 ppi pixel density)
	Multitouch	Sí
Plataforma	SO	Android 6.0 (Marshmallow), actualizable a 7.0 (Nougat)
	Chipset	Exynos 8890 Octa
	CPU	Octa-core (4x2.3 GHz Mongoose & 4x1.6 GHz Cortex-A53)
	GPU	Mali-T880 MP12
Memoria	Externa	- microSD, hasta 256 GB Modelos G930F, G930W8) - microSD, hasta 256 GB (Segundo espacio) - Modelo (G930FD)
	Interna	32/64 GB, 4 GB RAM
Cámara	Primaria	12 MP, f/1.7, 26mm, Autofocus, OIS, LED flash
	Características	1/2.5" tamaño de sensor, 1.4 µm tamaño de pixel, geo-tagging, video 4K simultáneo con grabación de imagen de 9MP, touch focus, detección face/smile, Auto HDR, panorama
	Video	2160p@30fps, 1080p@60fps, 720p@240fps, HDR, dual-video rec.
	Secundaria	5 MP, 1/4.1" tamaño del sensor, 1.34 µm tamaño de pixel, f/1.7, 22mm, llamada de video, Auto HDR
Sonido	Alertas	Vibración ; MP3, WAV tonos
	Altavoz	Sí
	Entrada 3.5mm	Sí

Comunicación		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 24-bit/192kHz</li> <li>- Cancelación de sonido con micrófono designado</li> </ul>	
	WLAN	Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac, dual-band, Wi-Fi Direct, hotspot	
	Bluetooth	4.2, A2DP, LE, aptX	
	GPS	Sí, con A-GPS, GLONASS, BDS	
	NFC	Sí	
	Radio	No	
	USB	microUSB 2.0, USB Host	
	Características	Sensores	Huella táctil (front-mounted), acelerómetro, giroscopio, proximidad, brújula, barómetro, pulso cardíaco, SpO2
		Mensajería	SMS(vista en cadena), MMS, Email, Push Mail, IM
		Explorador	HTML5
Java		No	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Batería de rápida carga (Quick Charge 2.0)</li> <li>- Qi/PMA carga inalámbrica</li> <li>- Soporte ANT+</li> <li>- S-Voice, dictado por voz</li> <li>- OneDrive (115 GB almacenamiento en la nube)</li> <li>- MP4/DivX/XviD/WMV/H.264 player</li> <li>- MP3/WAV/WMA/eAAC+/FLAC player</li> <li>- Editor de foto/video</li> <li>- Editor de documentos</li> </ul>	
Batería		Batería no removible Li-Ion 3000 mAh	
	Hablando	Hasta 22 h (3G)	
	Tocando música	Hasta 62 h	

# ÍNDICES

---

## Figuras

Figura 1. La Cueva de Platón. Fuente: [7] .....	11
Figura 2. Diseño de brazo robótico. Fuente:[9] .....	12
Figura 3. Visor, Oculus Rift. Fuente: [11] .....	13
Figura 4. Visores Knox V2.Fuente: [12] .....	13
Figura 5. Gear VR, Desarrollados por Samsung y Oculus. Fuente: [13] .....	14
Figura 6. SUSIE Fuente: [14] .....	14
Figura 7. DEEP Fuente: [15] .....	15
Figura 8. Surgical training. Fuente: [16].....	16
Figura 9. Dragón en desarrollado en Blender. Fuente: [18] .....	17
Figura 10. Motocicleta de Asset Store. Fuente: [18] .....	17
Figura 11. Analizador de desarrollo de ambiente virtual. Fuente: [19] .....	18
Figura 12. Ejemplo de datos del uso de un videojuego en tiempo real. Fuente:[19].....	18
Figura 13. Modelo diseñado en Blender. Fuente: [20] .....	19
Figura 14. Texturas de Blender. Fuente: [21] .....	19
Figura 15. Código QR de Google Carboard., Google.com, 2017 Fuente: [25] .....	24
Figura 16. Botón en el visor Knox V2, Fuente: [12] .....	25
Figura 17. Zoológico Virtual, Unity 2017. ....	26
Figura 18. Creación de Terrain, Unity 2017. ....	26
Figura 19. Edición de oso. Blender, 2017.....	28
Figura 20. Edición de Rinoceronte. Blender, 2017.....	28
Figura 21. Edición de pared divisor de animales. Blender, 2017. ....	29
Figura 22. Edición de faro. Blender, 2017.....	29
Figura 23. Objetos “Child” del terreno. Unity, 2017.....	30
Figura 24. Banca posicionada. Unity, 2017.....	30
Figura 25. Objetos nombrados “Animales”. Unity, 2017.....	30
Figura 26. Directional Light, Unity 2017. ....	31
Figura 27. Directional Light, Inspector. Unity, 2017. ....	31

Figura 28. Iluminación de entrada. Unity, 2017. ....	32
Figura 29. Reverb Zone. Unity, 2017. ....	32
Figura 30. Configuración del audio, Reverb Zone. Unity, 2017. ....	33
Figura 31. Controlador de la primera persona. Unity, 2017. ....	34
Figura 32. Configuración del Controlador de Primera persona. Unity, 2017. ....	34
Figura 33. First Person Character. Unity, 2017. ....	35
Figura 34. Vista de Inspector de FirstPersonCharacter. Unity, 2017. ....	35
Figura 35. Audio Source. Unity, 2017. ....	36
Figura 36. Box Collider en controlador de primera persona. Unity 2017 ....	36
Figura 37. Randomize, Inspector. Unity, 2017. ....	38
Figura 38. Creación de un Cubo. Unity, 2017. ....	39
Figura 39. Meta, vista de Inspector. Unity, 2017. ....	39
Figura 40. Vista de Meta en mapa. Unity, 2017. ....	40
Figura 41. Vista de Meta en hábitat. Unity, 2017. ....	40
Figura 42. Asociación de Meta con Randomize. Unity, 2017. ....	41
Figura 43. FPSController y Randomize. Unity, 2017. ....	41
Figura 44. Ventana de etiquetas. Unity, 2017. ....	42
Figura 45. Distribución de Checkpoints en el mapa. Unity, 2017. ....	42
Figura 46. Resultados de ejemplo 1. Unity, 2017. ....	43
Figura 47. Trail, visualización. Unity, 2017. ....	44
Figura 48. Trail Renderer. Unity, 2017. ....	44
Figura 49. Cámara en FirstPerson Character. Unity, 2017. ....	45
Figura 50. Instrucciones al usuario. Unity, 2017. ....	45
Figura 51. Vista de Mini Mapa de usuario. Unity, 2017. ....	46
Figura 52. Vista de usuario Unity, 2017. ....	46
Figura 53. Mensaje final. Unity, 2017. ....	47
Figura 54. Vista final. Unity, 2017. ....	47
Figura 55. Cámara de mapa. Unity, 2017. ....	47
Figura 56. Cámara de mapa, Inspector. Unity, 2017. ....	48
Figura 57. Asociación de Minimap Camara con FPSController. Unity, 2017. ....	48

Figura 58. Texto de los nombres de animales. Unity, 2017. ....	49
Figura 59. Asociación de Textos de puntos de control con Randomize. Unity, 2017....	49
Figura 60. Ventana Emergente Build Settings. Unity, 2017. ....	50
Figura 61. Edición de Player Settings. Unity, 2017.....	51
Figura 62. Incorporación de Plugin GoogleVR y GvrViewerMain. Unity, 2017. ....	51
Figura 63. Objetos de mapa en Canvas. Unity, 2017. ....	52
Figura 64. Asociación de FPSController con GvrResultados. Unity, 2017. ....	53
Figura 65. Resultados en Mini mapa. Vista de Visor de Realidad virtual. Zoológico Virtual, 2017. ....	53
Figura 66. Resultados completos, visor de realidad virtual. Zoológico Virtual, 2017. ..	53
Figura 67. Resultados usuario C. Zoológico Virtual, 2017. ....	56

### **Tablas**

Tabla 1. Comparación de procesadores. Fuente: 3DMark, Geekbench, PCMark y Octane. ....	23
Tabla 3. Cambio de funciones de PC a Android.....	52
Tabla 4. Datos técnicos de Samsung Galaxy S7.....	61

## REFERENCIAS

---

- [1]. J. Robalino, "Los trastornos cognitivos en adultos mayores", *Instituto de Neurociencias*, 2012. [Online]. Available: <https://www.institutoneurociencias.med.ec/categorias-guia/item/848-los-trastornos-cognitivos-en-adultos-mayores>. [Accessed: 11- May- 2016].
- [2]. G. G. Potter and D. C. Steffens, "Depression and Cognitive Impairment in Older Adults", *Psychiatric Times*, 2016. [Online]. Available: <http://www.psychiatrictimes.com/articles/depression-and-cognitive-impairment-older-adults>. [Accessed: 11- May- 2016].
- [3]. K. Ball, D. Berch and K. Helmers, "Effects of Cognitive Training Interventions with Older Adults", *The Journal of the American Medical Association*, 2012. [Online]. Available: <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=195506#RESULTS>. [Accessed: 11- May- 2016].
- [4]. R. Preidt, "Los videojuegos en 3D podrían fomentar la potencia cerebral, encuentra un estudio", *HealthDay*, 2015. [Online]. Available: <https://consumer.healthday.com/cognitive-health-information-26/brain-health-news-80/los-videojuegos-en-3d-podr-iacute-an-fomentar-la-potencia-cerebral-encuentra-un-estudio-706023.html>. [Accessed: 11- May- 2016].
- [5]. "INEGI", *Población, Hogares y Vivienda*, 2011. [Online]. Disponible: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484>. [Revisado el: 11- 5 - 2016].
- [6]. Sheryl Brahmam y Lakhmi C. Jain, Capítulo 1, "Advanced computational intelligence paradigms in healthcare 6: virtual reality in psychotherapy, rehabilitation, and assessment", Berlin, 2011.
- [7]. Qué aprendemos hoy. (2017). Caverna de platón. [online] Available at: 1. <http://queaprendemoshoy.com/el-mito-de-la-caverna-los-dos-mundos-de-platon/> [Accessed 6 Jun. 2017].
- [8]. Meinhold, Roman, M.A., Ph.D. "Virtual Reality., Salem Press Encyclopedia of Science", January, 2016
- [9]. Eco inteligencia - cambia a un estilo de vida sostenible! (2017). Los 9 pilares de la Industria 4.0 (1) - eco inteligencia - cambia a un estilo de vida sostenible! [online] Available at: <https://www.ecointeligencia.com/2016/06/9-pilares-industria-40-1/> [Accessed 6 Jun. 2017].
- [10]. O'Brien and Jeffrey M, "The race to make virtual reality an actual (business) reality", Vol. 173 Issue 6, p126-133., 5/1/2016.
- [11]. Derivative.ca. (2017). Oculus Rift - TouchDesigner 088 Wiki. [online] Available at:

- [https://www.derivative.ca/wiki088/index.php?title=Oculus\\_Rift](https://www.derivative.ca/wiki088/index.php?title=Oculus_Rift) [Accessed 6 Jun. 2017].
- [12]. Useful Stuff. (2017). Knox V2 Archives - Useful Stuff. [online] Available at: <http://usefulstuff.io/tag/knox-v2/> [Accessed 6 Jun. 2017].
- [13]. Samsung. (2017). Gear VR Galaxy. [online] Available at: <http://www.samsung.com/mx/wearables/gear-vr-innovator-edition-f-galaxy-s6/> [Accessed 6 Jun. 2017].
- [14]. Michael Jacobs, Kelly Lowen, Adam McCreevey, et al. "Panasonic, SUSIE: Senior-User Soothing Immersive Experience", Mechanical Engineering Design Group, Stanford 2014.
- [15]. D. Patterson and S. Sharar, "HITLab Projects: VR Pain Control", *Hitl.washington.edu*, 2008. [Online]. Disponible: <https://www.hitl.washington.edu/projects/vrpain>. [Revisado el: 11- 5 - 2016].
- [16]. S. Parikh, "Endoscopic Sinus Surgery Simulation | Salisbury Robotics Lab", *Web.stanford.edu*, 2009. [Online]. Available: [http://web.stanford.edu/group/salisbury\\_robotx/cgi-bin/salisbury\\_lab/?page\\_id=383](http://web.stanford.edu/group/salisbury_robotx/cgi-bin/salisbury_lab/?page_id=383). [Revisado el: 11- 5 - 2016].
- [17]. D. Patterson and S. Sharar, "HITLab Projects: VR Pain Control", *Hitl.washington.edu*, 2008. [Online]. Disponible: <https://www.hitl.washington.edu/projects/vrpain>. [Revisado el: 11- 5 - 2016].
- [18]. Unity. (2017). Unity - Game Engine. [online] Available at: <https://unity3d.com/> [Accessed 6 Jun. 2017].
- [19]. UNITY - SERVICES – ANALYTICS, Unity. (2017). Unity - Services - Analytics. [online] Available at: <https://unity3d.com/es/services/analytics> [Accessed 19 Jun. 2017]
- [20]. Foundation, B. (2017). About — blender.org. [online] blender.org. Available at: <https://www.blender.org/about/> [Accessed 6 Jun. 2017].
- [21]. Institute, B. (2017). Textures - Blender Cloud. [online] Blender Cloud. Available at: <https://cloud.blender.org/p/textures/> [Accessed 6 Jun. 2017].
- [22]. AndroidPIT. (2017). The fastest smartphone processor: a comparison - AndroidPIT. [online] Available at: <https://www.androidpit.com/fastest-smartphone-processors> [Accessed 7 Apr. 2017].
- [23]. THE HISTORY OF SAMSUNG'S GEAR VR VIRTUAL REALITY HEADSET. (2017) [online] Available at: <https://www.cnet.com/news/the-history-of-samsungs-gear-vr-virtual-reality-headset/> [Accessed 28 Sept. 2017].
- [24]. SAMSUNG GALAXY S7 Y S7 EDGE - SAMSUNG ELECTRONICS MÉXICO, Samsung mx. (2017). Samsung Galaxy S7 y S7 edge - Samsung

Electronics México. [online] Available at:  
<http://www.samsung.com/mx/smartphones/galaxy-s7/overview/> [Accessed  
19 Jun. 2017].

[25]. GET CARDBOARD – GOOGLE VR, Vr.google.com. (2017). Get  
Cardboard – Google VR. [online] Available at:  
<https://vr.google.com/cardboard/get-cardboard/> [Accessed 19 Jun. 2017].