



Escuela  
Politécnica  
Superior

# Experiencias de usuario en Entornos Virtuales: Oculus Rift & Leap Motion



Grado en Ingeniería Multimedia

## Trabajo Fin de Grado

Autor:

Adrián González Herrera

Tutor/es:

José García Rodríguez, Sergio Orts Escolano,  
Albert García García

Junio 2017



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



*Una máquina puede hacer el trabajo de cincuenta hombres corrientes.  
Pero no existe ninguna máquina que pueda hacer el trabajo de un hombre extraordinario.*

***Elbert Hubbard***



## Justificación y Objetivos

La principal motivación para adentrarme en este proyecto es mi propia superación. Poder recopilar todas esas pequeñas cosas que se van aprendiendo durante estos cuatro años de carrera e ir juntándolas para crear un trabajo de fin de grado que demuestre que todas esas horas frente al ordenador, leyendo, investigando y programando han servido para algo útil.

Para mí, un ingeniero multimedia es una persona capaz de dar el soporte tecnológico a la creatividad. Realizar proyectos que impliquen a los sentidos, no quedarse sólo en el ámbito técnico sino, ir más allá, poder hacer cercana la tecnología al usuario. Para ello es muy importante la motivación y el trabajo duro, ya que el estilo de profesión siempre te va a exigir el conocimiento de nuevas tecnologías que vayan apareciendo en el futuro y no dejar nunca de aprender.

Algo que tenía claro antes de comenzar mi TFG, era que quería realizar un proyecto que me ayudase a conocer un campo que aún no había aprendido en la carrera y que siempre me había llamado la atención. Por tanto, he intentado desarrollar un proyecto con dos tecnologías que actualmente se encuentran en una fase temprana de uso en nuestra sociedad, pero que en pocos años formarán parte de nuestro día a día, tanto en el ámbito educativo, profesional, como de ocio. Ampliando cada vez más mis conocimientos hacia el área de la realidad virtual y creando proyectos que me acerquen cada vez más a convertirme en un profesional de este sector en auge.

La realidad virtual se extiende con rapidez a nuevos campos, en un principio estaba centrada en el entretenimiento y los videojuegos, pero áreas como la

medicina, la arqueología, el entrenamiento militar y las simulaciones se encuentran a la cabeza de los nuevos avances dentro de esta tecnología.

La enseñanza es un campo en el cual puede tener un gran éxito tanto a nivel educativo como a nivel de aceptación por parte del alumnado ya que se pueden recrear escenas en las cuales el alumno puede ser protagonista de la propia historia y adentrarse en mundos que despierten su imaginación e intriga.

El objetivo principal de mi trabajo de fin de grado es desarrollar un estudio sobre el nivel en el que se encuentra actualmente esta tecnología y poder aprender tanto de la opinión y experiencia de profesionales del sector de las TIC, como de usuarios que nunca han tenido la posibilidad de probar este campo. Además, se ha estudiado el uso de nuestras propias manos como principal interfaz entre el mundo virtual y el usuario. Gracias al uso de un sensor capaz de seguir la posición de las manos de forma virtual (Leap Motion), hemos evaluado específicamente la experiencia de usuario en entornos virtuales utilizando las manos del usuario como principal medio de interacción.

Con este estudio, se pretende extraer conclusiones sobre el estado de desarrollo en el que nos encontramos dentro de la realidad virtual y cuál es el nivel de aceptación e interés por parte de los usuarios, ya que al fin y al cabo son la principal motivación por parte de las empresas y los desarrolladores de todos los proyectos. Si una nueva tecnología no tiene una buena aceptación dentro de nuestra sociedad, no se invertirá en su desarrollo.

## Agradecimientos

Es inevitable mirar atrás y darme cuenta de que todo lo que he avanzado, todas esas horas dedicadas con el fin de ser cada día un poquito mejor en cualquier ámbito de mi vida. Y durante este camino no he viajado solo, por eso me gustaría agradecer a todas esas personas que han ido apareciendo y han decidido compartir parte de su camino conmigo.

Es difícil encontrar palabras para agradecer a mis tutores José, Sergio y Albert todas las facilidades, tiempo dedicado y apoyo que me habéis dado. Gracias de verdad por vuestra manera de ser, por vuestros conocimientos, por vuestra habilidad y, sobre todo, por vuestra actitud. En especial, me gustaría agradecer a Sergio por haber creído en este proyecto, por haberse involucrado de tal forma que parecía que fuese suyo, contagiándome de toda esa pasión y energía que tiene.

Agradecer a mis niños del Grupo Scout Aitana por sacarme una sonrisa todos los sábados y en especial a Marinita por toda esa compenetración que tenemos. Agradecer también al equipo de Remo de la Universidad de Alicante por haberme motivado a mejorar cada día, en especial a Álex y a Cristian por ser esos dos hermanos mayores que están siempre disponibles para cualquier cosa.

Agradecer a todas las personas que han participado y hecho posible este proyecto, John, Carlos, Iván, Jesús, Steve, Felicity, Francisco Javier, Joan Carles, Pablo, Miguel Ángel, Jorge, Henry, Sergiu y Fran. A mis amigos Mario, Jesús y Aitor, por darme esas charlas motivadoras y consejos de sabio.

A Laura, por ser como es, por quererme como lo hace, por sacarme una sonrisa cada vez que la veo, por aguantarme, por seguir mis tonterías y, sobre todo, por nuestra bonita casualidad.

Agradecer a mi familia por hacer posible todo. A mi abuela Amalia por estar siempre pendiente de mí, a mi hermano Arturo por recriminarme que estoy poco tiempo con él y ser una de las personas que más orgulloso estoy de tener en mi vida. Y como no, a mis padres Mar y Pascual, por haberme guiado hasta este momento, por darme todas las facilidades del mundo y por apoyarme y confiar en mí siempre.



A mi familia,  
sin su apoyo nada de esto sería posible.



# Índice de Contenido

1.	Introducción.....	1-16
1.1.	Acrónimos .....	1-17
1.2.	Definiciones.....	1-18
1.3.	Relación con asignaturas .....	1-18
2.	Estado del arte .....	2-22
2.1.	Trabajos relacionados .....	2-24
3.	Objetivos .....	3-34
4.	Metodología .....	4-36
4.1.	Controladores Gestuales .....	4-36
4.1.1.	Wii Remote .....	4-37
4.1.2.	Kinect .....	4-37
4.1.3.	Leap Motion .....	4-38
4.2.	Realidad Virtual.....	4-41
4.2.1.	Dispositivos sin pantalla .....	4-41
4.2.2.	Dispositivos con pantalla .....	4-43
4.3.	Motores desarrollo aplicaciones/videojuegos .....	4-47
4.4.	Gestión del proyecto .....	4-50
5.	Experiencia Virtual.....	5-52
5.1.	Escena 1: Tipos de manos.....	5-52
5.2.	Escena 2: Menú interactivo y objetos 3D.....	5-54
5.3.	Escena 3: Interacción con modelos 3D.....	5-55
5.4.	Escena 4: Minijuego baloncesto.....	5-58
5.5.	Escena 5: Minijuego rompecabezas .....	5-60
6.	Cuestionario .....	6-62
6.1.	Impresiones generales: .....	6-62
6.2.	Sensaciones físicas:.....	6-63
6.3.	Usabilidad e Interacciones: .....	6-63
6.4.	Tipos de manos:.....	6-64
6.5.	Gafas Virtuales:.....	6-65
6.6.	Forma de interactuar:.....	6-65

6.7.	Vista al futuro: .....	6-66
7.	Resultados del estudio de usuario .....	7-68
7.1.	Gafas de RV .....	7-69
7.2.	Sensaciones físicas .....	7-70
7.3.	Inmersión.....	7-71
7.4.	Escenas .....	7-72
7.4.1.	Escena 2:.....	7-73
7.4.2.	Escena 3:.....	7-73
7.4.3.	Escena 4:.....	7-74
7.4.4.	Escena 5:.....	7-76
7.5.	Modelos de manos .....	7-77
7.6.	Interacciones.....	7-78
7.7.	Plataformas.....	7-79
7.8.	Posición física.....	7-80
7.9.	Opiniones .....	7-81
8.	Conclusión final.....	8-84
9.	Bibliografía y referencias.....	9-86

## Índice de Figuras

Figura 2.1 - Interfaz diegética .....	24
Figura 2.2 - Interfaz no diegética .....	25
Figura 2.3 - Controlador RV .....	27
Figura 2.4 - Escena realista en 3D .....	29
Figura 2.5 - Vuelo humano RV .....	31
Figura 4.1 - Wii Remote .....	35
Figura 4.2 - Kinect .....	35
Figura 4.3 - Leap Motion .....	36
Figura 4.4 - Google Cardboard .....	39
Figura 4.5 - Samsung Gear VR .....	40
Figura 4.6 - Oculus Rift DK2 .....	41
Figura 4.7 - HTC Vive .....	42
Figura 4.8 - Playstation VR .....	43
Figura 4.9 - Logo de Unity .....	44
Figura 4.10 - Logo de Unreal Engine .....	45
Figura 5.1 - Manos capsule .....	48
Figura 5.2 - Manos low-poly .....	49
Figura 5.3 - Manos high-poly .....	49
Figura 5.4 - Manos procedurales 1 .....	49
Figura 5.5 - Manos procedurales 2 .....	49
Figura 5.6 - Menú interactivo escena 2 .....	50
Figura 5.7 - Objetos escena 2 .....	51
Figura 5.8 - Escena 3 .....	51
Figura 5.9 - Traslación escena 3 .....	52
Figura 5.10 - Escalado escena 3 .....	52
Figura 5.11 - Rotación escena 3 .....	53
Figura 5.12 - Interior del corazón escena 3 .....	53
Figura 5.13 - Escena 4 .....	54
Figura 5.14 - Lanzamiento escena 4 .....	55
Figura 5.15 - Escena 5 .....	55

Figura 5.16 - Interacción escena 5 .....	56
Figura 5.17 - Escena 5 completada .....	56
Figura 7.1 - Mayor sin experiencia .....	65
Figura 7.2 - Mayor con experiencia .....	65
Figura 7.3 - Joven sin experiencia.....	65
Figura 7.4 - Joven con experiencia.....	65
Figura 7.5 - Gráfico compra de gafas RV.....	65
Figura 7.6 - Gráfica sensaciones físicas .....	66
Figura 7.7 - Gráfica nivel de inmersión.....	67
Figura 7.8 - Gráfica interacción.....	67
Figura 7.9 - Gráfica usabilidad escena 2.....	68
Figura 7.10 - Gráfica usabilidad escena 3.....	69
Figura 7.11 - Gráfica usabilidad escena 4.....	70
Figura 7.12 - Gráfica usabilidad escena 5.....	71
Figura 7.13 - Joven con experiencia.....	72
Figura 7.14 - Mayor sin experiencia .....	72
Figura 7.15 - Mayor con experiencia .....	72
Figura 7.16 - Joven sin experiencia.....	72
Figura 7.17 - Gráfica modelos de manos .....	72
Figura 7.18 - Gráfica manos realistas .....	72
Figura 7.19 - Gráfica plataformas preferidas.....	74
Figura 7.20 - Gráfica importancia del movimiento .....	74
Figura 7.21 - Gráfica preferencia de utilización.....	75
Figura 7.22 - Gráfica futuro académico.....	76







# 1. Introducción

Hace unos 3 millones de años, los homínidos usaron por primera vez piedras de sílex para cortar. Desde entonces parece estar en la naturaleza del ser humano transformar su entorno para facilitarse la vida.

Vivimos en un momento de la historia en el que, sin darse cuenta, la sociedad está cambiando de forma radical su manera de vivir. Se puede confirmar que estamos viviendo una revolución tecnológica y todos nosotros somos protagonistas de ella. Estamos acostumbrándonos a tantos cambios y tan rápidos que casi no nos deja asimilarlos.

Hace unos años era impensable poder manejar toda tu vida a través de un aparato que te cupiese en el bolsillo del pantalón. Y es que el smartphone se ha convertido en nuestro ordenador personal, allá dónde vamos, guardando todos los pedacitos de nuestra vida y mediante el cual manejamos nuestras amistades, trabajo, agenda, ocio, información a través de internet, etc.

Actualmente existen estudios en los que se afirma que en 20 años empleos como: cajeros, operadores telefónicos, camareros, transportistas o guardas de seguridad tienen una alta probabilidad de ser reemplazados por la Inteligencia Artificial. Pero todo esto es muy complicado anticiparlo, ya que El MIT dijo que la conducción de camiones difícilmente sería robotizada. Hoy, Google y Tesla ya lo están haciendo.

Centrándome en el sector del ocio, la revolución digital ha tenido una de las mayores acogidas por parte de la población a nivel histórico ya que cada vez es

más fácil disfrutar de incontables experiencias sin la necesidad de salir de casa. En estos últimos años la Realidad Virtual está teniendo un auge exponencial, ya que nos permite tener una experiencia inmersiva por parte del usuario, dejando a un lado la pantalla 2D de nuestro ordenador o televisión y nos sumerge a un escenario en el que nos convertimos en el principal protagonista.

En mi Trabajo de Fin de Grado, he querido unir dos tecnologías punteras que permiten una mayor inmersión al usuario ya que con las gafas de realidad virtual Oculus Rift y el sensor Leap Motion podemos interactuar en la aplicación sin necesidad de utilizar un controlador o mando externo, ya que nuestras manos nos permiten interactuar de forma natural dentro del escenario, como si realmente estuviésemos en ese entorno virtual. Mediante el desarrollo de diferentes escenas y llevando a cabo un estudio con usuarios centrado en la experiencia del usuario, he querido estudiar las diferentes opiniones y observaciones para así poder comprender, a qué nivel se encuentran estas nuevas tecnologías y qué nivel o grado de aceptación tienen por parte de nuestra sociedad actualmente.

## **1.1. Acrónimos**

**MIT:** Massachusetts Institute of Technology.

**API:** Application Programming Interface.

**HMD:** Head-Mounted Displays.

**HCI:** Human-Computer Interaction.

**LCD:** Liquid Cristal Display.

**OLED:** Organic Light-Emitting Diode

**UI:** Interfaz de usuario.

**UX:** Experiencias de usuario.

## **1.2. Definiciones**

**API:** Conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos (o métodos, en la programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

**Rigging:** Proceso por el que construimos un esqueleto con sus cadenas de huesos para que funcionen según nuestras necesidades, con o sin características interactivas, que sirven para definir deformaciones sobre un objeto geométrico.

**Gadget:** Dispositivo electrónico con una función específica, generalmente de proporciones no muy grandes, práctico y novedoso.

**Interfaz diegética:** Una interfaz diegética es aquella que está representada virtualmente en el espacio físico del entorno, y que a su vez también existe realmente en ese universo ficticio.

**Elementos procedurales:** Un objeto procedural es un elemento 3D del cual tan solo se informa al simulador de su perfil, procediendo el motor de la simulación a generar el volumen del objeto por extrusión de dicho perfil.

## **1.3. Relación con asignaturas**

El grado de Ingeniería Multimedia permite conocer una gran cantidad de salidas profesionales ya que abarca muchos ámbitos de las nuevas tecnologías que están hoy en día en nuestra sociedad, dejando al estudiante orientar su salida

profesional según las inquietudes que uno tenga. Dentro de la carrera se ha intentado englobar en dos itinerarios muy diferenciados: la rama de Creación y Entretenimiento Digital y la rama de Gestión de Contenidos.

En el itinerario de **Creación y Entretenimiento Digital** se centra principalmente en todas las áreas necesarias para poder desarrollar un videojuego en equipo, trabajando no solo en la parte de programación y animación 3D de los personajes, sino también en los efectos especiales que se necesitarán durante la postproducción de los diferentes cortos que se realizan en los proyectos de animación, además se emplean nuevas tecnologías como la realidad virtual o la captura de movimiento mediante cámaras para el posterior rigging de los personajes.

En el itinerario de **Gestión de Contenidos** se desarrolla la creación, gestión y difusión de contenido multimedia, es decir, se centra en el ámbito web, en la programación para dispositivos móviles y en el estudio y desarrollo de Interfaces de Usuario. Es una rama más orientada al estudio y mejora de los hábitos de las necesidades de los usuarios.

En este trabajo de fin de grado, he querido combinar ambos itinerarios y desarrollar un proyecto con tecnologías en actual desarrollo e introducción como es la realidad virtual, y complementarlo con herramientas que permiten una mayor inmersión, como es el Leap Motion. Realizando una encuesta a los usuarios que han estado probando las escenas que he creado con estas dos tecnologías, aprendiendo y sacando conclusiones de este estudio de usuario.

Mi trabajo de fin de grado se relaciona con diferentes asignaturas que hemos estado estudiando en la carrera y con nuevos conocimientos que he ido

adquiriendo a lo largo de estos años, investigando más según las diferentes inquietudes que he tenido durante el grado. A continuación, se comenta la relación con cada asignatura de la carrera con la que tiene relación mi trabajo y cuál es el aspecto que abarca.

- **Proyectos Multimedia:** Organización y gestión del proyecto, documentación, análisis de costes y de riesgos.
- **Usabilidad y Accesibilidad:** Aborda el análisis y creación de interfaces de usuario con características de usabilidad, que sean fácilmente utilizadas, comprensibles y de rápido aprendizaje, permitiendo su uso por el máximo número de usuarios.
- **Estadística:** Permite enfrentarse a aspectos relacionados con el posicionamiento y mediciones, así como la toma de decisiones y el control de calidad del producto desarrollado.
- **Sistemas Multimedia:** El objetivo principal de la asignatura es aprender a plantear proyectos, comprender su complejidad, organizar los recursos necesarios para emprenderlos y detectar los conocimientos necesarios que aún no se poseen.
- **Modelado y Animación por Computador:** Dota de conocimientos en ámbito de 3D a través de herramientas informáticas que permiten modelar y simular la realidad.
- **Imagen y Vídeo por Computador:** Tanto a nivel de desarrollo como de investigación, se emplean sistemas que se basan en sensores de cámaras de vídeo, a partir de los cuales es posible adquirir imágenes de objetos y extraer características de ellos.

- **Fundamentos de los Videojuegos:** Proporciona las bases para el análisis, diseño e implementación de videojuegos. Se basa en una asignatura basada en el aprendizaje basado en proyectos.
- **Videojuegos II:** Se centra en el estudio de los motores de físicas y motores gráficos para videojuegos en 3D. Se estudian las características que incorporan los diferentes motores para videojuegos, y las técnicas y algoritmos utilizados en ellos.
- **Realidad Virtual:** Se introducen los principios básicos de la realidad virtual y sus aplicaciones, cómo puede ser implementada y explotada.

## 2. Estado del arte

Actualmente la revolución tecnológica multimedia está a la orden del día, esto favorece que se esté invirtiendo en una multitud de nuevos proyectos que buscan mejorar las experiencias de usuario en cualquier ámbito de nuestra vida cotidiana.

Por ejemplo, en los últimos años se ha producido un gran crecimiento e inversión en el desarrollo de dispositivos de realidad virtual (RV), aumentada (RA) y mixta (RM). La realidad virtual, pese a que es una tecnología con más de 20 años de recorrido, ha experimentado un gran auge en los últimos 3 años. Este auge se ha producido gracias a la democratización de ciertas tecnologías: pantallas de alta resolución, procesadores gráficos de bajo consumo, dispositivos avanzados de seguimiento de la pose del usuario (tracking), entre otras.

Debido a esta explosión de nuevos dispositivos de RV surge la necesidad de crear nuevos contenidos que puedan ser consumidos por estas plataformas. Este nuevo contenido se tiene que ajustar a las nuevas tecnologías, por ejemplo, es necesario contenido 3D de gran calidad que pueda ser visualizado en estos dispositivos. Por este motivo, en los últimos años también se ha producido un gran auge en el desarrollo de nuevos métodos y técnicas para crear contenido audiovisual inmersivo que sea atractivo para estas plataformas.

De igual manera, ha cambiado el paradigma a la hora de crear aplicaciones para estos dispositivos. Todo el conocimiento sobre Interacción Hombre-máquina que hasta ahora se ha investigado y desarrollado se encuentra muy orientado al desarrollo de interfaces de usuario que son principalmente utilizadas en pantallas tradicionales (2D). Con la reciente explosión de la Realidad Virtual es necesario

estudiar y revisar todos estos conceptos para que puedan ser aplicados correctamente al desarrollo de aplicaciones sobre estas plataformas. Además, en los últimos años, gracias a la aparición de sensores capaces de proveer una interacción hombre-máquina natural, ejemplo de ello son el sensor Kinect o el sensor Leap Motion, se ha valorado la posibilidad de fusionar estas interfaces de interacción naturales dentro de aplicaciones de RV, dando como resultado al usuario una experiencia todavía más inmersiva.

El Leap Motion es un claro ejemplo de dispositivo que en un principio fue creado para la interacción natural con ordenadores personales y en concreto con aplicaciones tradicionales y ha acabado adaptándose al mundo de la realidad virtual, aportando su uso una gran mejora de usabilidad, ya que en entornos 2D era más preciso y cómodo el uso del ratón y el teclado para el control del ordenador, pero en un entorno virtual, el cual te puede permitir desplazarte sobre él, es más cómodo el uso de nuestras propias manos como interfaz para poder navegar por las distintas pantallas de las aplicaciones, manteniendo nuestras manos totalmente libres.

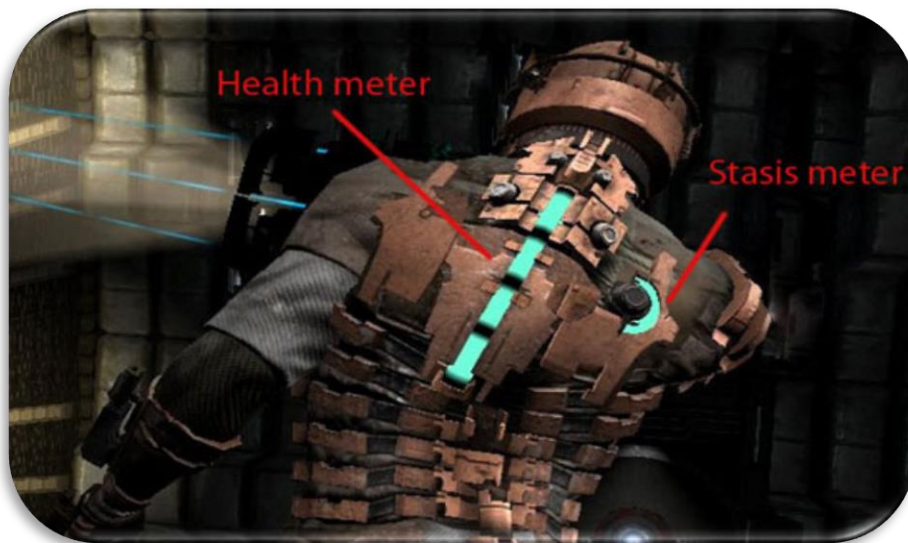
Con las nuevas herramientas de desarrollo que se facilitan tanto a los profesionales como a los aficionados de las nuevas tecnologías, es cada vez más accesible y más sencillo poder desarrollar prototipos de las diferentes ideas que cualquier persona puede tener en mente. Permitiendo invertir menos tiempo y dinero en los proyectos a desarrollar.



## 2.1. Trabajos relacionados

A continuación, realizaré una revisión sobre trabajos ya existentes que considero importantes a la hora de fusionar estas dos tecnologías en el ámbito de las UI y las UX, se nombrarán investigaciones y trabajos que están a la vanguardia.

Una interfaz no deja de ser una interacción y/o comunicación del usuario con el entorno recreado por parte de los desarrolladores. Las interfaces diegéticas surgen tras el desarrollo y perfeccionamiento de una capacidad comunicativa que ha sido explotada fundamentalmente como base del género de ciencia ficción dentro de la cinematografía.



*Figura 2.1 Interfaz diegética*

Por ejemplo, (E. Lorentzon & M. Fagerholt 2009) decidieron llamar en su tesis a este tipo de interfaces que ayudan a la mejor inmersión por parte del consumidor “interfaces diegéticas”.

- **Diegéticas:** En términos de UI, son aquellas que existen en un mundo de juego, en lugar de ser superpuestas en el juego, son más utilizadas en juegos de ciencia ficción (Figura 2.1). Un ejemplo sería un jugador que quiera saber la hora, tiene que mirarla en el reloj del personaje.
- **No Diegéticas:** Las interfaces no diegéticas, se asocian a la UI de un juego típico, es una superposición al mundo 3D. Suelen ser representadas en dos dimensiones y suelen estar a la vista en todo momento (Figura 2.2).

Se ha desarrollado en el ámbito de las interfaces diegéticas (Salomoni, et al., 2017) un estudio de usuario en un entorno de realidad virtual con tres tipos de interfaces. Para ello han desarrollado diferentes escenas en las que los usuarios evalúan la comodidad de uso según el tipo de interfaz utilizado. Las interfaces que se comparan son las interfaces diegéticas y casi diegéticas/no diegéticas.



*Figura 2.2 Interfaz no diegética*

El estudio se ha subdividido en dos núcleos, cada uno con un número de preguntas que ha permitido valorar diferentes aspectos dentro de la experiencia.

- **Presencia:** Medir en términos de en qué medida los usuarios se sintieron realmente en un lugar diferente.

En este apartado, los usuarios percibieron la interfaz diegética más inmersiva que la no diegética. Pudiendo afirmar que la interfaz no diegética penalizaba la interacción natural con el entorno virtual.

- **Eficacia de los controles:** Con qué interfaz ha sido más fácil el uso de los dispositivos físicos.

La falta de inmersión producida por los controles tuvo un impacto en toda la evaluación ya que penalizaban la naturalidad de las interacciones. Tanto en la interfaz diegética como no diegética, los usuarios destacaban la dificultad y la falta de precisión por parte de los dispositivos de control.

- **Cinetosis:** Transtorno debido al movimiento. En experiencias de realidad virtual, son frecuentes síntomas como vómitos, náuseas y falta de equilibrio tras su uso.

Algo que sorprende en este estudio, es que los usuarios no sintieron ningún síntoma de mareo durante la prueba, cosa que suele ser un problema al usar HMDs.

### **La fatiga en la RV**

Uno de las novedades en el sector de la RV desde que salieron al mercado las HTC Vive, es la posibilidad de poder desplazarte dentro de un entorno (5x5m, en el caso de las HTC Vive) y que este desplazamiento se realice también en el juego o aplicación (seguimiento/captura de los movimientos del usuario). Esto cambia totalmente la forma tradicional de jugar en los juegos de PC, ya que se pasa de estar sentado en un sillón a poder estar de pie y en movimiento.

Para las empresas de videojuegos supone un gran reto el crear “obras maestras” en RV. Ya que para ello tendrán que desarrollar un videojuego atractivo y que a su vez los jugadores puedan disfrutar horas y horas sin cansarse de él.

Para ello es muy importante realizar diversos estudios sobre la fatiga que sufren los usuarios al jugar a videojuegos con desplazamiento y cuánto afecta, tanto de forma positiva como negativa, esta nueva forma de inmersión.

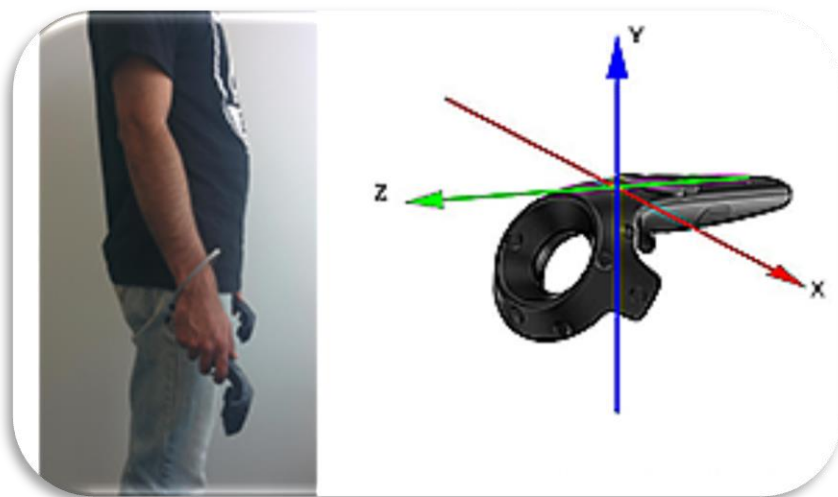
Por eso, (Sarupuri, et al., 2017) proponen la técnica de *Trigger Walking* para desplazarse en realidad virtual. Actualmente, muchas aplicaciones utilizan la teletransportación o un movimiento físico natural. Esto provoca desorientación en el caso de la teletransportación y mareos y/o fatiga en el caso del movimiento natural.

Al crear aplicaciones en realidad virtual, es importante en la mayoría de los casos dejar que el jugador investigue el entorno. Algunas de las técnicas que se utilizan para que el jugador navegue a través del escenario son:

- **Tunneling:** Es una técnica usada por aplicaciones en primera persona parecida a caminar, durante el movimiento la cámara se recorta y se visualiza un fondo estable con gran contraste y con una visión periférica por parte del usuario.
- **Teletransportación:** Es una técnica usada por aplicaciones en primera persona que permite al usuario moverse instantáneamente a una zona concreta. Reduce la posibilidad de mareos y fatiga, aunque provoca una desorientación por parte del usuario.

- **Cámara de seguimiento:** Es una técnica usada por aplicaciones en tercera persona, en las cuales el usuario controla el personaje. Ofrece un movimiento predecible ya que la rotación de la cámara solo ocurre bajo la dirección del usuario y los movimientos poco importantes por parte del jugador no se transfieren a la cámara. Es una cámara totalmente diferente a la cámara tradicional de tercera persona, al ser esta muy poco recomendable en experiencias en RV.

El Trigger Walking utiliza el concepto del movimiento natural al andar, pero sin la necesidad de que el usuario realice el desplazamiento. Para ello, en este estudio se han utilizado controladores para poder realizar esta técnica, ya que el desplazamiento se realizará con la dirección de uno de los controladores según los ejes de coordenadas respecto a los sensores. Para poder caminar, tendrá que encontrarse en una posición de reposo como en la (figura 2.3) y apretar el gatillo del controlador, en este momento se dará un paso virtual hacia la dirección que apunte el controlador.



*Figura 2.3 Controlador RV*

Esta técnica provoca menos fatiga y tiene una menor probabilidad de provocar mareo en los usuarios. Aunque es además necesario estudiar cual es la velocidad óptima a la que tiene que desplazarse, si se mantiene pulsado el gatillo del controlador.

### **Laboratorios Virtuales**

Las mejoras tecnológicas que estamos observando desde los últimos años hacen que sistemas como el educativo estén interesados en incluir la realidad virtual como herramienta en las aulas. Y de esta forma aumentar la motivación y el interés de los estudiantes por las diferentes asignaturas.

En el estudio (Sanders, et al., 2017) se demuestra que, con el descenso del precio de la tecnología, el aumento de la resolución en las pantallas y la mayor fidelidad de la realidad virtual aparecerán funciones, como el diseño de laboratorios virtuales. Es necesario entonces, hacer una investigación sobre el tipo de interfaz óptima según el campo en el que se va a implementar. Por ejemplo, en el ámbito educativo, se necesitará también realizar interfaces adecuadas según la edad de los alumnos, ya que el tipo de interacciones con la aplicación será muy diferente según el curso.

Por otro lado, un campo en el que se está trabajando actualmente es la introducción de escenarios “reales” con tecnología virtual, es decir, escenas con tal realismo que te permitan teletransportarte a el lugar o época que representa. En el artículo (Jiménez, et al., 2017) se buscan soluciones a los problemas que supone introducir virtualmente escenas realistas en realidad virtual.



*Figura 2.4 Escena realista 3D*

Uno de los grandes problemas a la hora de implementar escenas muy realistas (Figura 2.4) es que tienen una gran cantidad de detalles, esto significa que van a ser escenas con millones de polígonos y con un gran peso en memoria. Actualmente, aunque haya avanzado mucho la velocidad de procesado y los componentes hardware en nuestros ordenadores, un ordenador convencional no podrá cargar tanta cantidad de polígonos, y menos aún hacerlo de forma virtual. Por ello, es necesario aplicar a las escenas originales algoritmos para reducir el número de polígonos, teniendo que buscar un equilibrio entre calidad y cantidad de polígonos que nuestro ordenador va a ser capaz de renderizar de forma fluida, añadiendo la dificultad de renderizarlo en dos pantallas para poder ser mostrado en unas gafas de realidad virtual.

Por otro lado, las buenas prácticas a la hora de diseñar aplicaciones de realidad virtual es uno de los temas que más en cuenta tenemos que tener. Crear experiencias inmersivas e interactivas nos plantea diferentes retos, ya sean técnicos, fisiológicos o ergonómicos. El realizar una buena interfaz puede suponer

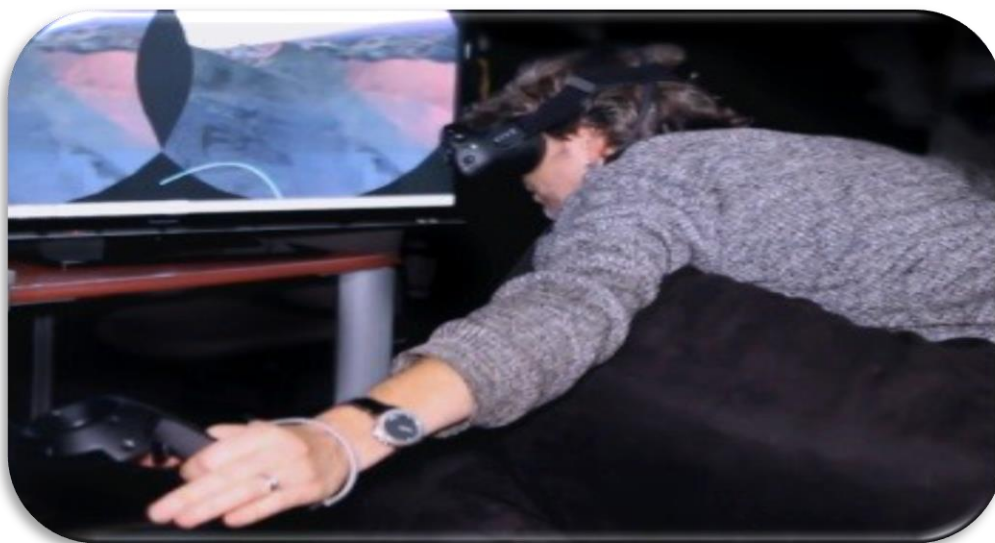


que nuestra aplicación se diferencie del resto de aplicaciones al ser más usable y accesible, por el contrario, si la interfaz entre el usuario y aplicación no es agradable, aun teniendo un buen producto, podrá significar que los usuarios no la utilicen al ser demasiado complicada o que no les atraiga.

### **Interacción natural**

Cada vez más, se busca crear experiencias virtuales que nos sumerjan completamente en los diferentes mundos creados. Para ello es necesario investigar el tipo de interacciones naturales que los usuarios tendrían en la vida real.

En el estudio (D. Quesnel & B. E. Riecke 2017) se investigó el potencial de la realidad virtual a la hora de crear un sentimiento de asombro en los usuarios. Para ello recreó un vuelo humano (Figura 2.5) y se calculó el nivel de asombro a través de un marco basado en la recopilación de datos fisiológicos junto con un reporte por parte de las personas que realizaron el experimento y una serie de observaciones fenomenológicas.



*Figura 2.5 Vuelo humano RV*



Tras la realización del experimento se consiguió evaluar que se consiguió un gran nivel de impresión por parte de los usuarios, evaluando como muy positiva la sensación de “miedo” a la hora de volar. También, se pudo observar que a la mayoría de los participantes les costó interactuar con los controladores en la experiencia. Mientras que cuando navegaban por los menús virtuales, los preferían en vez de usar la cabeza o la posición del cuerpo para navegar.

Por otro lado, uno de los campos donde la realidad virtual puede ser una gran herramienta de ayuda, es en la rehabilitación de personas. Para ello se están realizando diferentes estudios para comprender cual es la mejor forma de interacción entre los pacientes y los escenarios.

Es por ello que en el artículo (V. Vallejo, et al., 2016) buscan comprender las necesidades de los distintos pacientes para diseñar programas que tenga una mayor eficacia. Para ello compararon las interfaces naturales con las interfaces estándares de computación.

La comparación entre distintos dispositivos nos deja ver qué tipo de controlador es el más indicado según el tipo de tarea que se va a realizar. Por ejemplo, el joystick fue el favorito a la hora de realizar tareas de navegación, mientras que el Leap Motion se prefirió para la organización de objetos en una mesa. Lo que se comprende en todo momento es que el usuario prefiere realizar movimientos más naturales ya que si tiene que realizar un gesto específico como si fuese un avatar la interacción en el mundo virtual pierde mucha inmersión, como es el caso de la Kinect que es necesario realizar un tipo de postura predefinida para que reconozca lo que deseas que haga, caso totalmente diferente al Leap Motion que te permite interactuar de una forma natural con el entorno.

Pero lo más importante a la hora de crear un programa de rehabilitación es saber el grado de usabilidad de los dispositivos hardware que se van a utilizar, las capacidades del paciente y el nivel de motivación para “jugar” según el público al que irá dedicado.

Después de revisar los trabajos más importantes desarrollados actualmente en esta línea de investigación. Creemos que es necesario un análisis detallado de las técnicas actuales, así como la propuesta de nuevas formas de interacción y controles para interfaces de usuario en RV. Además, el número de evaluaciones por parte de usuarios es todavía bajo. Por ello, en este trabajo vamos a llevar a cabo un estudio de usuario donde se evaluarán varias experiencias en RV sobre distintos grupos sociales, de forma que podamos analizar la percepción de distintas personas con distintas edades y nivel de conocimiento sobre estas nuevas tecnologías. Grandes empresas como Facebook Oculus, Google y Unity, están todavía trabajando e investigando en el desarrollo y la propuesta de buenas prácticas a la hora de desarrollar experiencias de realidad virtual que sean satisfactorias y agradables para los usuarios. Por ello, este tema se considera actualmente un problema abierto en investigación que durante los próximos años va a recibir mucha atención por parte de investigadores en el área de interfaces hombre-máquina y gráficos por computador, entre otras áreas no relacionados directamente con la informática (psicología, medicina, etcétera).

### 3. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo de fin de grado es desarrollar y evaluar buenas prácticas en el diseño de interfaces de usuario en aplicaciones de realidad virtual. Además, nos vamos a centrar en el uso de modos de interacción natural, principalmente usando nuestras manos como forma de interacción con el mundo virtual.

Debido a la novedad de las técnicas de VR, no existe una clara convención sobre qué tipo de interfaces son las más adecuadas para interactuar con la escena. Por eso, estudiaremos a fondo los trabajos más actuales relacionados con las **Interfaces de Interacción (UX/UI para VR)** y realizaremos un estudio con usuarios para sacar mayores conclusiones sobre estas.

El entorno, gracias al motor de físicas Unity, posee unas formas de interacción predefinidas que funcionan adecuadamente. Pero, además se estudiarán las diferentes técnicas de interacción actuales y se ampliarán estas interacciones, desarrollando escenas para el estudio de la experiencia de usuario dentro de la aplicación con las tecnologías y medios disponibles.

El principal objetivo personal es aumentar mis conocimientos sobre nuevas tecnologías. La realidad virtual es una tecnología que en diez años estará integrada en nuestra sociedad, por lo que he decidido montar un entorno que integre las tecnologías: Oculus Rift como hardware de VR, Leap Motion como controlador para gestos e interacción natural y Unity como motor gráfico y motor de físicas.

Por otro lado, la fusión de la realidad virtual con la tecnología Leap Motion, me ha permitido poder investigar los modos de interacción naturales en aplicaciones de RV. Dejando de lado mandos y dispositivos intrusivos en el movimiento natural de las manos del usuario. Las experiencias de usuario se centrarán en usar sus propias manos como si fuese reales en el entorno virtual, es decir, tomará decisiones utilizando sus propias manos y éstas se verán reflejadas sobre la escena.

Teniendo claro que todo el proyecto iba a crearse sobre una base de realidad virtual, han sido varias las ideas que se han propuesto. Algunas de estas ideas se han ido modificando o descartando durante el desarrollo de este proyecto.

Aun habiendo creado una planificación desde un principio e intentando cumplir en la medida de lo posible los objetivos marcados, no siempre se puede llevar acabo totalmente. Durante el avance del proyecto se ha tenido que ir reestructurando por limitaciones temporales, ya que era muy ambicioso añadir nuevos campos en el proyecto. Siendo complicado, ya de por sí estimar el tiempo que se va a emplear en desarrollar un proyecto, es aún más complejo cuando se va a realizar con tecnologías que actualmente se encuentran en una fase experimental o beta.

## **4. Metodología**

En esta sección se describen las herramientas y tecnologías que se han utilizado en el desarrollo de mi trabajo de fin de grado. Se detallarán las características de cada una de ellas y se hará una comparativa entre las diferentes opciones que existen en el mercado para el desarrollo de este proyecto.

Para poder crear un proyecto con una calidad de acabado profesional, no nos tenemos que centrar únicamente en las herramientas de desarrollo, sino que también es necesario saber documentar y organizarse desde un comienzo. De esta forma, se podrá visualizar en todo momento en qué parte del proyecto nos encontramos y todos los objetivos propuestos en una línea de tiempo que nos quedan por cumplir.

### **4.1. Controladores Gestuales**

La detección de gestos es un ámbito de estudio recurrente en la ciencia de la computación, haciendo uso de algoritmos matemáticos para ser capaces de detectar e interpretar dichos gestos.

Enfocado, mayoritariamente, en el reconocimiento de expresiones faciales y gestos con las manos. Interpretando el lenguaje de signos, mediante cámaras y sensores, las máquinas consiguen ser capaces de entender e interpretar los gestos realizados por las personas, logrando de ese modo un mayor nivel de interacción (HCI). Mediante la detección de gestos, algunos desarrolladores pretenden sustituir (o convivir) con el uso del teclado y del ratón.

#### **4.1.1. Wii Remote**

El Wii Remote (Figura 4.1) es un dispositivo de control de movimiento que fue desarrollado para la videoconsola Nintendo Wii. Utiliza una combinación de acelerómetros y detección de luz infrarroja para localizar su posición en un espacio tridimensional.



*Figura 4.1 Wii Remote*

Permite a los usuarios controlar el juego mediante gestos físicos y botones. Además, se introdujo la detección de movimiento aplicada de forma directa en el control de diversos juegos.

#### **4.1.2. Kinect**

Más tarde, Kinect (Figura 4.2) fue desarrollado por Microsoft para la videoconsola Xbox 360, amplió la idea del Wii Remote incluyendo el movimiento de todo el cuerpo además de eliminar cualquier elemento (mando) que se interpusiera entre la pantalla y el usuario. Esto introdujo una nueva generación de sensores de control gestual.



*Figura 4.2 Kinect*

La propiedad de Kinetic por parte de Microsoft, podía ser una limitación a la hora de establecer un desarrollo más abierto y con mayores aspiraciones. Así, lo que en un inicio fuera un interfaz para juegos con rastreo de movimientos naturales desarrollado para la consola Xbox acabaría entusiasmando a muchos desarrolladores que al liberarse los controladores comenzarían a experimentar con este dispositivo/sensor 3D. El buscar un desarrollo que interpretase un lenguaje gestual para operaciones con el ordenador acabaría superando el concepto inicial del dispositivo Kinect.

#### **4.1.3. Leap Motion**

Leap Motion (Figura 4.3) es un pequeño sensor de control gestual que nos permite capturar con mucha precisión nuestras manos, incluyendo dedos, articulaciones y objetos. Ha conseguido acaparar todas las atenciones al tratarse de un desarrollo con la finalidad concreta de interactuar con los ordenadores personales. La interfaz 3D nos da la opción de interactuar con nuestro ordenador sin ni siquiera tocarlo, dejando de lado dispositivos convencionales como son el teclado y el ratón, o más modernos como las pantallas táctiles.



*Figura 4.3 Leap Motion*

Algunas de las características de uso más destacadas son:

- Navegar por Internet, leer artículos, ver fotos, vídeos o reproducir música con sólo mover un dedo.
- Dibujar, pintar, modelar, etc. Además, se puede utilizar como herramientas un lápiz o un pincel reales.
- Introducir tus propias manos en diferentes aplicaciones o videojuegos permitiendo interactuar con objetos: girarlos, doblarlos, moverlos, como si de objetos reales se trataran.

### **Leap Motion API**

La API de Leap Motion dispone de pocos gestos incorporados por defecto, por lo que para aplicaciones complejas es necesario que el desarrollador defina su propio conjunto de interacciones a usar. A continuación, nombraré algunas de las clases que implementa la API y que he utilizado en mi proyecto.



- **Hand:** Esta clase aporta información sobre las manos que detecta. Representada en base ortonormal, aporta datos como los grados de inclinación, radio de curvatura de la mano, posición relativa, probabilidad del movimiento de la mano del siguiente frame.
- **Finger:** Aporta información en base ortonormal sobre cada dedo detectado en cada una de las manos (mano a la que le corresponde, posición, inclinación, vector de dirección, etc.).
- **HandList:** Se trata de una lista de manos que contiene las manos detectadas simultáneamente (objetos de tipo *Hand*). También existe una lista para los objetos tipo *Finger*, que es *FingerList*, con métodos similares entre ambas clases.
- **Bone:** Refleja el esqueleto de la mano representada, concretamente las falanges de los dedos. La posición de la articulación, anchura, longitud o posición son algunos de los datos que se pueden extraer de esta clase.
- **Frame:** Es el conjunto de manos o dedos representados en grupo, en un único frame.
- **Listener:** La clase *Listener* se encarga de responder a los eventos proporcionados por el objeto *Controller*. Estas respuestas pueden ser configuradas y personalizadas para cambiarse por otras según el gusto del usuario. Para controlar los eventos de movimiento se instancia una subclase de *Listener* y se le asigna una instancia del controlador. Este controlador llama a la función establecida del *Listener* cuando el evento se activa.

## **4.2. Realidad Virtual**

Conocidos también como Head Mounted Displays (HMD), se distinguen fundamentalmente dos tipos: los que llevan pantalla incorporada y los que son esencialmente una carcasa destinada a que el usuario introduzca un smartphone.

### **4.2.1. Dispositivos sin pantalla**

Las gafas de VR móviles, que utilizan el smartphone como pantalla y unidad de cómputo, son adecuadas para ver películas en formato realidad virtual, vídeos o escenarios virtuales sencillos o ya generados. Un smartphone no tiene la potencia gráfica suficiente para generar entornos virtuales complejos en 3D. Su pantalla no está preparada para la alta tasa de refresco que exige esta tecnología (alrededor de 60 fps para generar una experiencia agradable). Sus sensores de movimiento también son básicos si los comparamos con plataformas como HTC Vive o Oculus Rift. Además, tampoco incluyen mandos de movimiento, así que toda la experiencia virtual debe llevarse a cabo sentado, sólo es posible girar la cabeza.

### **Google Cardboard**

La premisa de Google Cardboard (Figura 4.4) es la de transformar un smartphone cualquiera con Android en una plataforma de realidad virtual por menos de 5 dólares, gracias a los materiales necesarios. Con apenas un cartón plegable recortado y 2 lentes, es posible montar el teléfono inteligente y aprovechar las aplicaciones de Android e iOS para VR.



*Figura 4.4 Google Cardboard*

Pueden servir para experimentarla por primera vez o para ver algún vídeo o animación pregenerada en formato de VR, pero son poco más que un juguete. Las pantallas de la mayoría de los smartphones no tienen la resolución ni la velocidad de refresco suficiente, y las lentes incluidas (a veces un simple plástico) no ofrecen la amplitud de visión ni la calidad adecuada.

### **Samsung Gear VR**

Aparato de realidad virtual desarrollado por Samsung en colaboración con Oculus VR (Figura 4.5). Es básicamente una carcasa con algunos botones y un sensor avanzado de movimiento, concebida para colocar en ella teléfonos propios de Samsung de gama alta, que harán las funciones de pantalla y de procesador.



*Figura 4.5 Samsung Gear VR*

Con un precio reducido, Samsung ha puesto a disposición de la comunidad de desarrolladores el kit Oculus Mobile SDK para Samsung Gear VR, pero la realidad es que las Google CardBoard consiguen hacer una función bastante similar y por un precio diez veces inferior. El lado positivo de Samsung Gear, es que las aplicaciones desarrolladas usando el Oculus SDK pueden funcionar tanto en el dispositivo GearVR como en el dispositivo de mayor calidad, que incorpora pantallas de alta resolución y un sistema de seguimiento de la pose del usuario, Oculus Rift.

#### **4.2.2. Dispositivos con pantalla**

Las gafas de realidad virtual con pantalla integrada, están básicamente pensadas para explotar al máximo la experiencia de la realidad virtual. Como es habitual, para poder disfrutar de los últimos avances hay que pagar un precio. El coste de este tipo de dispositivos está entre los 400 y los 900 euros, además, se tendrá que disponer de un ordenador de alta gama, ya que se necesitan muchos recursos para poder lanzar este tipo de aplicaciones.

## Oculus Rift

Oculus Rift es una empresa que nació de una campaña de crowdfunding en la plataforma Kickstarter y que tuvo una gran acogida por el público, tanto, que Facebook al poco tiempo de su andadura como startup la compró y es la actual propietaria de la empresa. Las Oculus Rift son unas gafas de realidad virtual que intentan mejorar la experiencia inmersiva de los usuarios en mundos de VR.



*Figura 4.6 Oculus Rift DK2*

Las Oculus Rift DK2 (Figura 4.6), las cuales utilizamos en el proyecto, tienen una mayor resolución que sus antecesoras las DK1 y en lugar de usar un display de tipo LCD, es de tipo OLED y con una resolución de (960x1080) por ojo. Son unas gafas que permiten un acercamiento a la idea de realidad virtual, aunque las nuevas gafas que hay actualmente en el mercado están a un nivel muy superior a este modelo del 2014.

En las próximas Oculus Rift CV2, la mejora más obvia que todo el mundo quiere es una mejor resolución, con el fin de mejorar el realismo. El 4K sería una gran

mejora sobre lo que tenemos ahora. La resolución actual de Rift y Vive: 2.592.000 píxeles (2160 x 1200). De esta forma serían: 16.588.800 píxeles (3840 x 2160) por ojo. De esta forma se pretende conseguir que el usuario no perciba los píxeles de la pantalla en las experiencias de VR, ya que esto es un efecto que ocurre con los modelos actuales.

Los juegos y sus plataformas deben ser diseñados específicamente para funcionar correctamente con Oculus Rift. Para ello, Oculus ha creado un kit de desarrollo de software (SDK) para ayudar a los desarrolladores con la integración de Oculus Rift en sus juegos. Este incluye código, ejemplos y documentación.

### **HTC Vive**

Desarrollado por HTC con la colaboración de Valve (Figura 4.7), dispone de dos pantallas de 1080x1200 píxeles (2160x1200 en total) y una frecuencia de refresco de 90 Hz. El posicionamiento absoluto lo logra al ser escaneado por los sensores Lighthouse, que hay que situar en esquinas opuestas de la habitación y se encargarán de seguir nuestros movimientos en un espacio de hasta 5x5 metros. Dichos sensores también recogerán la posición de los controladores, inicialmente uno para cada mano, aunque se pueden utilizar más de dos. Estos controladores completan este dispositivo diseñado para funcionar a escala de una habitación mediana (2m x 1.5m). Además, dispone de una salida para auriculares integrada en el visor.



*Figura 4.7 HTC Vive*

HTC Vive pertenece a un nuevo tipo de realidad virtual. En este grupo las manos forman parte del juego y el usuario ve reflejado el movimiento de las mismas en tiempo real: la posición, el giro y un distinto tipo de acciones gracias a los botones dedicados en los mandos de HTC Vive.

### **PlayStation VR**

Desarrolladas por SONY, las especificaciones de las Playstation VR (Figura 4.8) son menos potentes que las de las HTC Vive o las Oculus, pero a cambio nos encontramos con un producto mucho más asequible en precio, siendo eso sí, desarrolladas para ser utilizadas únicamente en la videoconsola Playstation 4.

Estas gafas virtuales, tienen una pantalla OLED de 5,7 pulgadas, una resolución de 1920x1080 píxeles en total, una tasa de refresco entre 90 Hz y 120 Hz y un ángulo de visión de 100º y el tracking de la cámara tiene una distancia de 3 metros. Por otro lado, estas gafas están pensadas para jugar sentado.



*Figura 4.8 Playstation VR*

### **4.3. Motores desarrollo aplicaciones/videojuegos**

Un motor de juego proporciona todas las herramientas para que sea más fácil el desarrollo de un juego o una aplicación. Por lo general disponen de un editor de niveles, un editor de materiales y un lenguaje de scripting para implementar comportamiento dinámico e interactividad.

Con un motor de juego, no hay que preocuparse de crear todos los algoritmos, ya que muchos de ellos están implementados, incluido la simulación física. Los motores suelen incorporar también, mapas de sombras para objetos dinámicos y una iluminación global en la escena. Además, un motor incluye más herramientas aparte de renderizado, como inteligencia artificial, sonido, carga de assets, hasta exportación de su contenido en un paquete listo para instalar en tu ordenador.



## UNITY 3D 5



*Figura 4.9 Logo de Unity*

Unity 3D (Figura 4.9) es un motor de juegos que ofrece una amplia gama de características, su interfaz es bastante sencilla. Es multiplataforma, soportando la exportación a diversas plataformas como Windows, Android, iOS, Linux, Flash, PlayStation, etc. La última versión de Unity es la 5.6 que es la que se ha utilizado en este proyecto. Hay varias versiones disponibles según la necesidad del desarrollador o empresa. En este caso estamos utilizando la versión estudiante ya que no necesitamos ninguna de las funcionalidades extra de las versiones de pago. Unity fue creado principalmente para crear juegos 3D, pero a partir de la versión 4.3 tiene soporte nativo 2D. Soporta la importación de modelos para una variedad de formatos de archivo como 3ds Max, Cinema 4D, Maya, etc. El motor de renderizado de gráfico utiliza Direct3D y OpenGL dependiendo de la plataforma de destino. La unidad está escrita en C++, y para fines de scripts soporta C#. El framework Unity3D también incluye un potente motor de física 3D nVidia PhysX, de esta forma permite que el desarrollador se centre principalmente en el producto y no tenga que preocuparse de la implementación de las simulaciones físicas con el entorno virtual.

## UNREAL Engine 4



*Figura 4.10 Logo de Unreal Engine*

Unreal Engine (Figura 4.10) es un motor de videojuegos para realizar, aparte de juegos, animaciones, visualizaciones arquitectónicas, etc. La empresa Epic Games ha liberado el motor, llevándose un 5% en caso de tener beneficios superiores a 3000€. Esta medida se debe a la falta de competencia que había con otros motores como Unity y Cocos2D, ya que Unreal Engine estaba fuera del alcance de muchos desarrolladores.

La versión actual está programada en C++ y es compatible tanto con OpenGL como DirectX, siendo compatible con la mayoría de plataformas de PC y de videoconsolas. Unreal Engine también ofrece varias herramientas de gran ayuda para diseñadores y artistas facilitando la visualización de entornos o de construcciones. Aunque no es un software sencillo de utilizar, dadas sus múltiples posibilidades de desarrollo en entornos profesionales y la potencia de su motor gráfico es de amplio uso.

Tras haber analizada todas y cada una de las tecnologías que anteriormente se han mencionado, se llegó a la conclusión de que, para poder realizar un buen estudio con una gratificante experiencia de usuario, se utilizarían las Oculus Rift DK2, incluyendo además el dispositivo Leap Motion en la escena de realidad virtual

para poder realizar un estudio sobre las interacciones naturales en aplicaciones y juegos de VR. El motor que mejor se adaptaba a nuestras necesidades combinando un resultado profesional sobre las diferentes experiencias creadas y una relación sobre la curva de aprendizaje necesaria para tener un buen manejo sobre este, ha sido Unity.

#### **4.4. Gestión del proyecto**

Para desarrollar este TFG se definirá una disciplina con unas técnicas y métodos que permitan mantener y documentar un proyecto de calidad. Para ello se utilizarán herramientas, métodos y procesos que forman la base para la gestión de proyectos.

##### **Planificación**

Se ha utilizado la herramienta **Microsoft Project 2013**, herramienta que forma parte de la suite de Office 2013 de Microsoft. Provee de muchas funcionalidades para la gestión de un proyecto y se ha estudiado en el primer cuatrimestre de cuarto curso en la asignatura Proyectos Multimedia. En este caso se utilizará para realizar la estimación en la duración de las tareas y toda la planificación.

##### **Documentación**

Se ha utilizado la herramienta **Microsoft Word 2016**, herramienta que forma parte de la suite de Office 2016 de Microsoft. Ha sido el procesador de textos principal, se ha escogido por su experiencia previa y la facilidad de uso a la hora de insertar imágenes y posterior maquetación de la memoria final.

Se ha utilizado **Dropbox** como sistema de almacenamiento conjunto, donde se guardaban las distintas versiones que se iban creando a lo largo del desarrollo, tanto a nivel personal, como para compartir con los tutores.

### **Desarrollo**

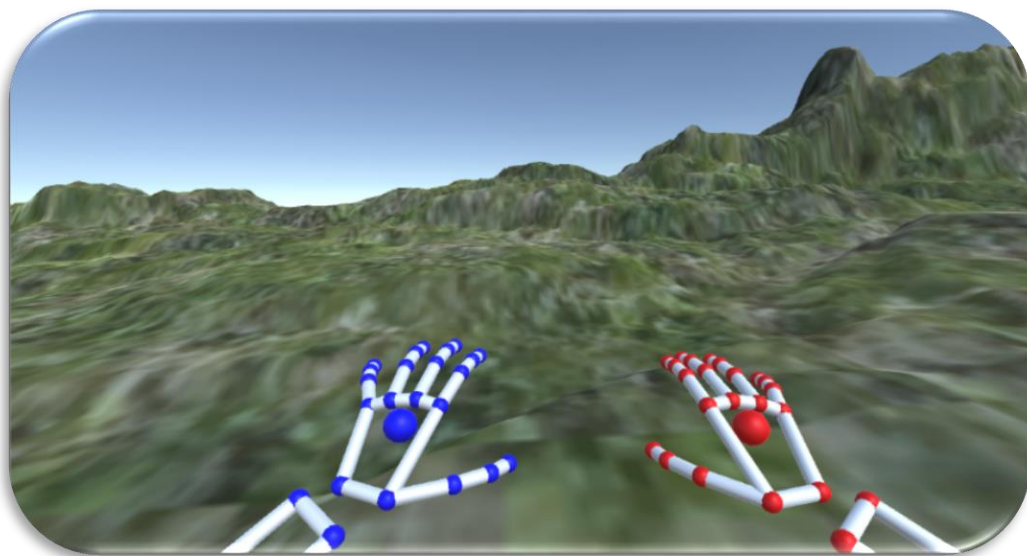
Se ha utilizado el sistema y repositorio **Git + Github**, donde se almacenaban las diferentes experiencias que se iban creando, llevando un control de versiones y así conservar la seguridad del trabajo y código realizado ante posibles pérdidas y malas versiones. Se ha preferido Git ante otros por su fiabilidad, por ser un sistema distribuido y por la confianza y experiencia con este sistema.

## 5. Experiencia Virtual

En este capítulo, se van a detallar las diferentes escenas que hemos creado para posteriormente poder obtener conclusiones de las UX. La experiencia, está constituida por un conjunto de cinco escenas que pretenden cubrir todas las posibles interacciones del usuario con los elementos y las interfaces virtuales de forma natural.

### 5.1. Escena 1: Tipos de manos

Esta primera escena ha sido creada para servir como toma de contacto a todos los usuarios que han realizado la experiencia. Teniendo en cuenta que las personas que han realizado las experiencias, se disponen en rangos de edad de entre 16 y 60 años. En general, no han tenido anteriormente una experiencia en realidad virtual, y las que sí que lo han tenido, no habían introducido a esta experiencia la tecnología del Leap Motion. Es totalmente necesario crear una escena inicial que les permita introducirse paulatinamente a este nuevo universo.



*Figura 5.1 Manos capsule*

La escena está desarrollada sobre un terreno montañoso con una luz diurna, los usuarios podrán interactuar con los seis tipos de manos que se han introducido en la escena, los modelos de manos están divididos en dos subgrupos.

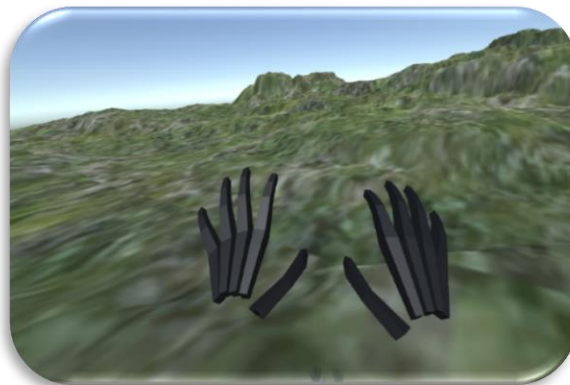


*Figura 5.2 Manos low-poly*

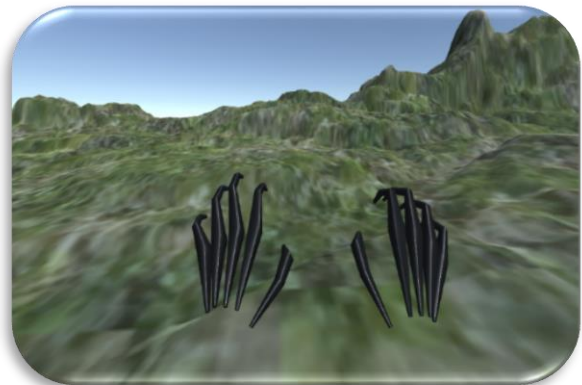


*Figura 5.3 Manos high-poly*

El subgrupo 1 simula el tipo de mano humana, va desde manos que simulan los huesos y falanges de la mano con esferas y cilindros (Figura 5.1), manos de tipo low-poly (Figura 5.2) que tiene una menor calidad de detalle, hasta unas manos que simulan a la perfección, en apariencia, unas manos humanas (Figura 5.3).



*Figura 5.4 Manos procedurales 1*



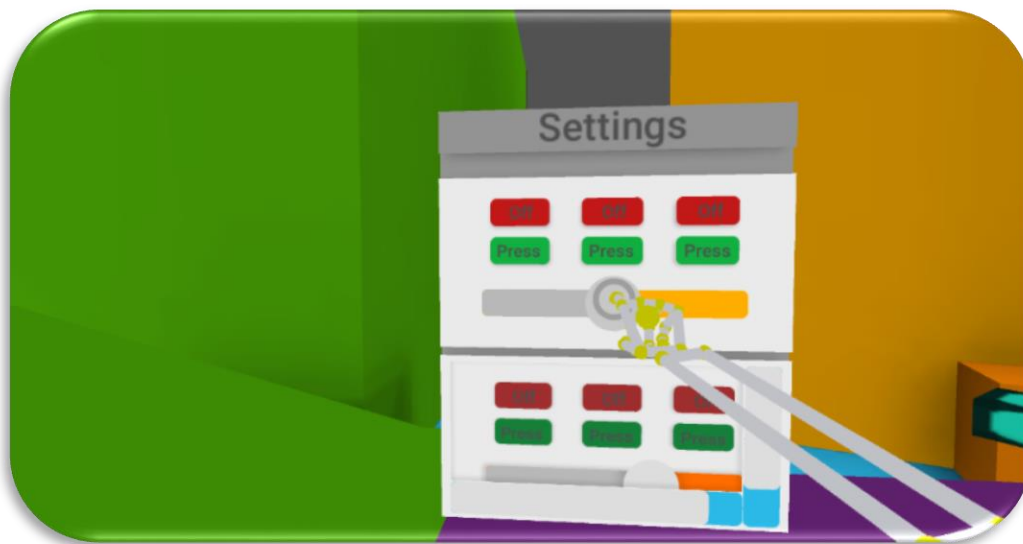
*Figura 5.5 Manos procedurales 2*

En el otro subgrupo, se han introducido modelos procedurales, (Figura 5.4) y (Figura 5.5), para que el usuario experimente no solo la apariencia visual de las

manos, sino también la interacción realista de unas manos humanas. Además, se pretende transmitir al usuario el mensaje de que en realidad virtual se puede simular la apariencia que uno desee.

## 5.2. Escena 2: Menú interactivo y objetos 3D

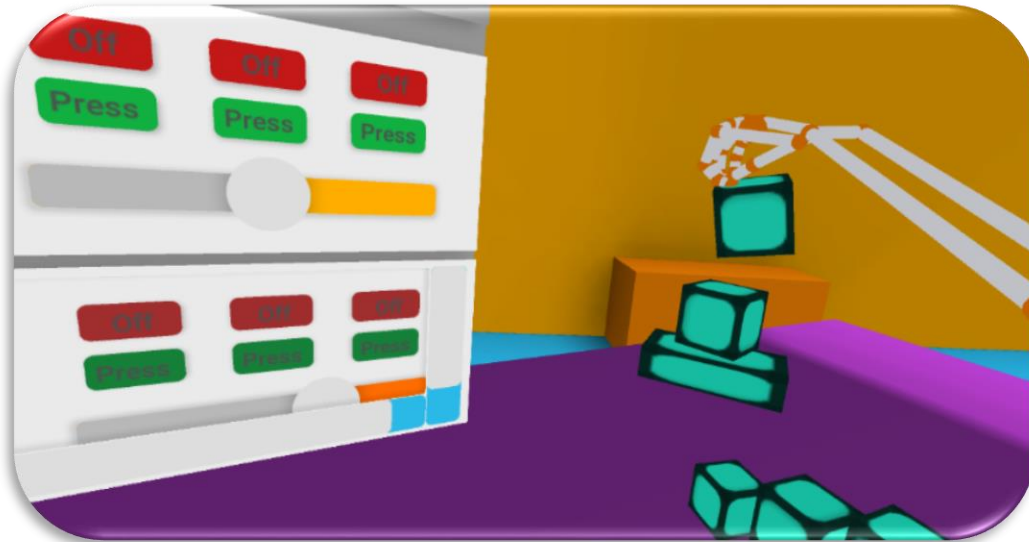
Esta segunda escena ha sido desarrollada para que el usuario pueda interactuar con un menú virtual, que contiene los elementos principales que se encuentran en cualquier menú que actualmente se utiliza en aplicaciones con pantallas 2D, como botones, *sliders* y *scrolls* (Figura 5.6). El usuario experimenta cual es la distancia y la “presión” necesaria que tendrá que aplicar a estos menús que se encuentran suspendidos en el aire y que pueden ser accionados, aunque en la realidad no los esté tocando físicamente como puede ser el caso de un teléfono móvil, o el clic de un ratón sobre el elemento en la pantalla del ordenador.



*Figura 5.6 Menú interactivo escena 2*

En la escena, se incluyen objetos 3D (Figura 5.7) que permiten al usuario interactuar con las físicas que se han añadido a la escena. De esta forma tendrá un

primer contacto con objetos interactivos como cubos, cápsulas o esferas. Además, irá mejorando su habilidad para las posteriores escenas que precisan de una mayor precisión a la hora de interactuar con entornos virtuales 3D.



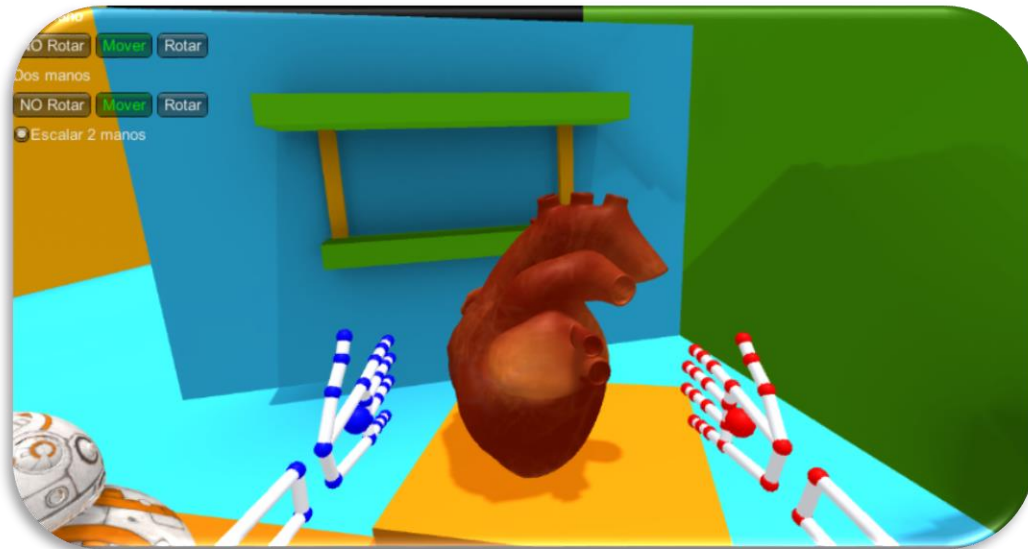
*Figura 5.7 Objetos escena 2*

### **5.3. Escena 3: Interacción con modelos 3D**

En esta tercera escena (Figura 5.8), el usuario experimentará una de las grandes ventajas que la realidad virtual puede ofrecer. La introducción de elementos realistas en la escena. Esta escena pretende sumergir al usuario en un escenario que le permita conocer elementos que en un escenario real sería complicado experimentar. En la escena se han introducido tres modelos, un corazón humano, un coche deportivo y un robot (BB - 8).

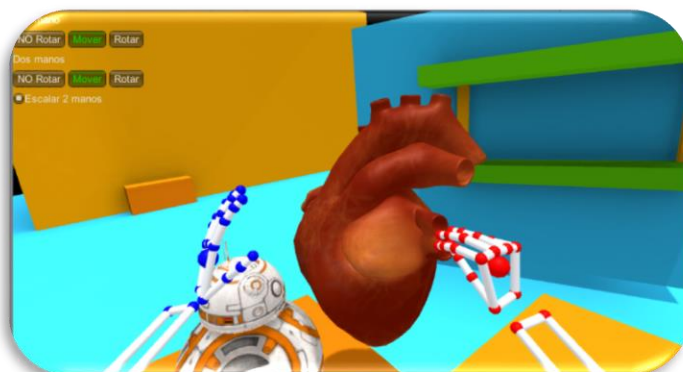
El usuario puede interactuar totalmente con los tres modelos permitiendo conocer con todo detalle cada uno de ellos. Pudiendo desplazarlos por la escena, escalarlos y rotarlos, todo ello de forma natural.





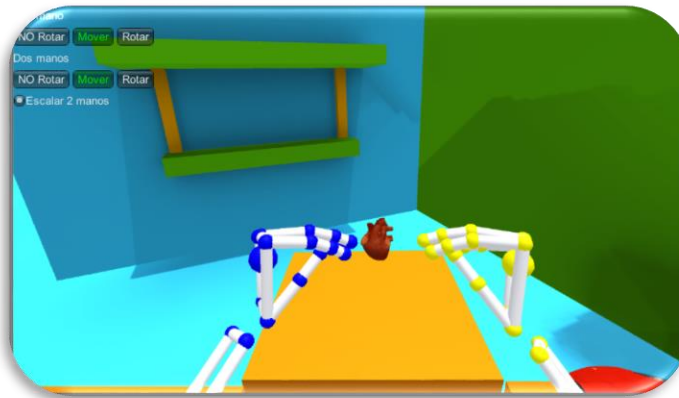
*Figura 5.8 Escena 3*

Se han estudiado las técnicas más intuitivas para que el usuario pudiese adaptarse más fácilmente a la interacción con modelos 3D.



*Figura 5.9 Traslación modelo 3D en la escena 3*

- Traslación (Figura 5.9: Se efectúa con una mano cerrada, es decir cogiendo el objeto, pudiendo tener la mano fuera de la escena o dentro de ella en una posición con la palma abierta. Esta acción simula el agarre de un objeto, tal y como haríamos en la realidad.



*Figura 5.10 Escalado modelo 3D en la escena 3*

- Escalado (Figura 5.10): Se efectúa con ambas manos cerradas y en el mismo eje horizontal. El modelo aumentará o reducirá su tamaño según vayamos alejando las manos (aumenta su tamaño) o juntando las manos (disminuye su tamaño) alrededor del objeto.



*Figura 5.11 Rotación modelo 3D en la escena 3*

- Rotación (Figura 5.11): El objeto podrá rotarse sobre el propio sistema de coordenadas del objeto, de forma similar al escalado, pero en este caso moviendo una de las manos en sentido positivo hacia el eje z y la otra en sentido negativo a este mismo eje.

En el caso del corazón o del coche, por ejemplo, se pueden explorar cómo son tanto por fuera como por dentro (Figura 5.12). De esta forma podemos adentrarnos en un nuevo mundo de información. Es una funcionalidad con mucho futuro, ya que nos permite inspeccionar elementos que en circunstancias normales no sería posible accesible.



*Figura 5.12 Interior del corazón escena 3*

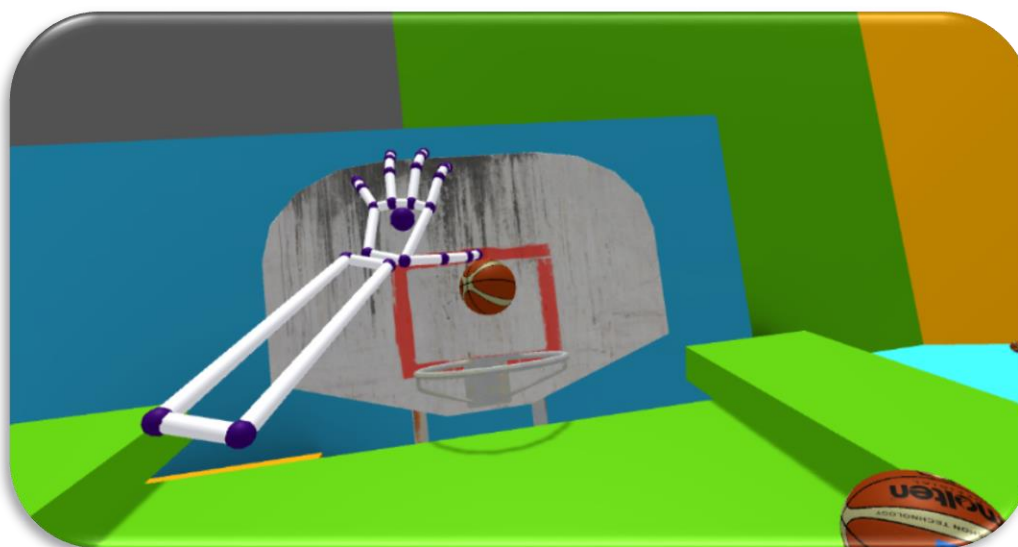
#### **5.4. Escena 4: Minijuego baloncesto**

En esta cuarta escena (Figura 5.13), se busca una interacción más realista a modo de minijuego con elementos interactivos, en este caso esferas. El usuario tendrá que coger las pelotas que estarán agrupadas en una caja y las lanzará a una canasta modelada en 3D y con físicas, que permitirán jugar tanto con el tablero como con el aro, en esta escena el usuario tendrá que encestar el mayor número de pelotas posible.



*Figura 5.13 Escena 4*

Con esta escena se consigue una interacción más natural (Figura 5.14) por parte del usuario, al no centrarse en los objetos (esferas), ya que al estar texturizadas como pelotas de baloncesto se centra en el objetivo de encestar la pelota en el aro como si estuviese en un campo de baloncesto.



*Figura 5.14 Lanzamiento escena 4*

### 5.5. Escena 5: Minijuego rompecabezas

En esta quinta y última escena, el usuario intentará realizar un rompecabezas 3D (Figura 5.15). Tendrá una imagen de fondo como guía para poder ver el resultado final que debe tener el rompecabezas. Esta escena consta de 9 cubos texturizados cada uno con una parte de la imagen que hay en el fondo.



*Figura 5.15 Escena 5*

El usuario jugará con las distancias y la interacción con los objetos, ya que, dada la distribución de estos, tendrá que desplazarse para poder alcanzar todos los cubos del rompecabezas. Esta escena busca una interacción más precisa (Figura 5.16) con los elementos del entorno, ya que para poder terminar el rompecabezas de forma correcta se tendrán que apilar los cubos unos encima de otros y no será sencillo cuadrar todos los cubos si no se realiza de manera precisa.



*Figura 5.16 Interacción escena 5*

Al completar el rompecabezas (Figura 5.17), terminará la quinta y última escena, y de esta forma concluirá el set de experiencias que hemos creado y por lo tanto el estudio de usuario.



*Figura 5.17 Escena 5 completada*



## 6. Cuestionario

Para poder evaluar de una forma más precisa las diferentes sensaciones que los usuarios han tenido durante la experiencia, hemos realizado un cuestionario y estudio de usuario que intenta captar todas y cada una de estas sensaciones.

El cuestionario<sup>1</sup> consta de un total de 28 preguntas, que en su conjunto buscan abarcar el total de la experiencia del usuario. A continuación, dividiremos las preguntas según el tipo de dato que se desea conocer, sobre la inmersión virtual, las inquietudes sobre esta tecnología y la opinión del rumbo que considera que tendrá la RV en un futuro.

### 6.1. Impresiones generales:

En esta sección agrupamos las preguntas que buscan conocer satisfacción general del usuario tras haber acabado la experiencia. Se pide al usuario que valore la experiencia entre los rangos del 1 al 5, siendo el 1 el de menor satisfacción y el 5 el de mayor satisfacción. Que evalúe el nivel de inmersión que ha sentido durante la experiencia, si recomendaría el probar esta experiencia a algún conocido y si aun sabiendo que estaba en un entorno virtual, al estar utilizando las manos como controladores e interactuando con interfaces naturales, ha conseguido tener en mayor o menor medida todos los sentidos dentro del entorno virtual. Las preguntas que se agrupan en esta sección son las siguientes:

- Valora la experiencia en general.
- ¿Te has sentido inmerso en la escena?
- ¿Recomendarías a algún amigo esta experiencia?

---

<sup>1</sup> <https://goo.gl/forms/WGTIUH7rAQKoHyun1>

- ¿Has estado pendiente de la escena con todos tus sentidos?

## **6.2. Sensaciones físicas:**

En esta sección se encuentra un grupo de preguntas que buscan conocer si los usuarios han tenido alguna experiencia previa en realidad virtual y tanto si es la primera vez como si las anteriores experiencias las ha realizado con otro tipo de gafas, evaluar los síntomas de mareo o fatiga y la comodidad de las Oculus Rift DK2. Las preguntas que se agrupan en esta sección son las siguientes:

- ¿Es la primera vez que utilizas unas gafas de realidad virtual?
- ¿Has sentido algún síntoma de mareo o fatiga?
- ¿Te ha resultado cómodo llevar las gafas puestas?

## **6.3. Usabilidad e Interacciones:**

El tipo de preguntas que se encuentran en esta sección buscan conocer las sensaciones que han tenido los usuarios al interactuar directamente con interfaces naturales y ver el nivel de dificultad que les ha supuesto al tener que cambiar la forma de interacción física que han estado realizando hasta ese momento. Ya sea a través de un ratón en el caso de los ordenadores o de la presión mediante los dedos en el caso de móviles o *tablets*, siempre habían tenido un contacto físico con algún elemento. Las preguntas que se agrupan en esta sección son las siguientes:

- ¿Cómo de naturales han sido tus interacciones con el entorno?
- ¿Te sentías cómodo/a al mover o manipular objetos del entorno virtual?
- ¿El movimiento de tus manos se reflejaba de forma correcta en el mundo virtual?



- ¿Has percibido retardo entre las acciones y el tiempo de reacción en el mundo virtual?
- ¿Cuánto te ha costado entender el funcionamiento de la aplicación?
- Califica las escenas según lo usables que te han parecido.

#### **6.4. Tipos de manos:**

Al haber utilizado el dispositivo Leap Motion para incorporar nuestras propias manos en el mundo de realidad virtual, hemos considerado importante darle al usuario la posibilidad de poder interactuar en las escenas con diferentes modelos de manos, pudiendo comprobar con qué tipo el usuario se siente más cómodo y si genera algún tipo de impacto el sentir que tus manos son más o menos realistas.

El término que recoge este sentimiento de rechazo por parte del ser humano a experiencias demasiado perfectas es denominado *uncanny valley*. Se utiliza esta hipótesis especialmente en el campo de la robótica y actualmente en el de la animación por computador en 3D. Cuando réplicas se acercan en exceso a la apariencia y comportamiento humano, puede llegar a asustar y crear rechazo sobre ellas al considerarse demasiado “extraño”.

- ¿Encuentras extraño usar unas manos muy realistas en un entorno virtual? (*uncanny valley*).
- ¿Con qué manos te has sentido más cómodo/a al utilizar las interfaces?
- ¿Preferirías otras manos al jugar a un juego o al tener una experiencia futurista?

## 6.5. Gafas Virtuales:

En este apartado se encuentran dos preguntas que desean conocer qué tipo de gafas son las que mayor atracción crean entre los usuarios, y en qué tipo de plataformas les gustaría tener experiencias virtuales. Pudiendo de esta forma comprender hacia qué segmento se está orientando la realidad virtual. Las preguntas que se agrupan en esta sección son las siguientes:

- ¿Te comprarías unas gafas de realidad Virtual? En caso afirmativo, ¿Cuáles?
  - i. Oculus Rift.
  - ii. HTC Vive.
  - iii. Playstation RV.
  - iv. Google Cardboard.
  - v. Samsung Gear VR.
- ¿En cuál de estas plataformas preferirías utilizar esta tecnología? (Ordena según prioridad)
  - i. Videoconsolas (Playstation, Xbox, Nintendo Wii).
  - ii. TV (series, películas).
  - iii. Móviles.
  - iv. Ordenadores.

## 6.6. Forma de interactuar:

Creemos que este grupo de preguntas permite conocer de qué manera los usuarios prefieren usar esta tecnología, ya que según el tipo de interacción que prefieran, se crearán un tipo u otro de experiencia. Ya que no es lo mismo crear un *shooter* en

primera persona que te permita desplazarte por una sala, que crear un juego en el cual no existe un movimiento libre en el escenario por parte del usuario. Dependiendo de las necesidades se irán mejorando diferentes aspectos por partes de las compañías, como es el caso de las nuevas HTC vive que han añadido una segunda cámara que capta tu posición hasta una distancia de 5 metros, pudiendo moverte de forma libre por la habitación. Las preguntas que se agrupan en esta sección son las siguientes:

- ¿Sería importante para ti poder moverte por la habitación?
- Ordena cómo utilizarías normalmente esta tecnología (1 la que más y 3 la que menos)
  - i. Sentado.
  - ii. De pie.
  - iii. En movimiento.

#### **6.7. Vista al futuro:**

En este último apartado, hemos agrupado el conjunto de preguntas que nos permiten mirar hacia el futuro desde la perspectiva de los usuarios. Ya que al abarcar estos rangos de edad podemos evaluar de una forma más genérica qué tipo de público considera que esta tecnología tiene un hueco en nuestra sociedad y conocer en qué campos sería bien recibida. Las preguntas que se agrupan en esta sección son las siguientes:

- ¿Consideras que la tecnología está aún en desarrollo?
- ¿Crees que mejorarías tus habilidades con un entrenamiento virtual?
- ¿Consideras que en unos años esta tecnología se utilizará en nuestra sociedad?

- ¿Crees que esta tecnología será una buena herramienta en el ámbito académico?

## 7. Resultados del estudio de usuario

Este capítulo está dedicado al estudio de los resultados obtenidos tras haber realizado a los diferentes usuarios la experiencia virtual, y posteriormente el cuestionario.

Para participar en esta experiencia se han elegido 20 personas, estas personas las hemos dividido en cuatro subgrupos de cinco personas cada uno:

- Usuario con edad entre (16 – 30) años SIN conocimiento en RV.
- Usuario con edad entre (31 – 60) años SIN conocimiento en RV.
- Usuario con edad entre (16 – 30) años CON conocimiento en RV.
- Usuario con edad entre (31 – 60) años CON conocimiento en RV.

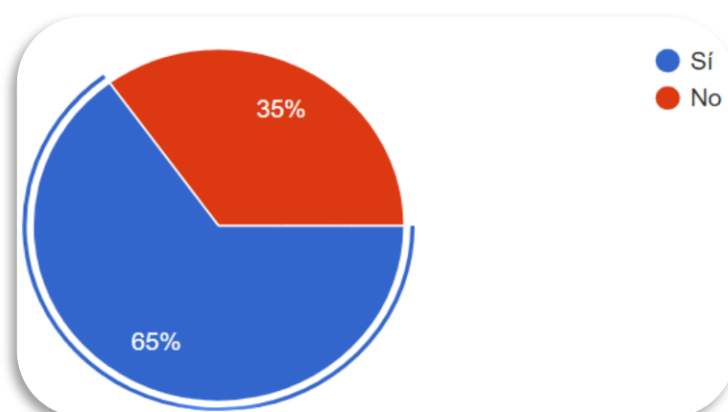
De esta forma hemos intentado evaluar las diferencias existentes en la dificultad y la motivación que podemos encontrar en cada uno de los subgrupos, comparando posteriormente cada uno de ellos. A continuación, comenzaremos a describir las preguntas que consideramos más importantes o que tienen un resultado más significativo.

Al ser una tecnología novedosa, está más presente entre las nuevas generaciones ya que al realizar el estudio, el grupo de personas con más de 30 años sin conocimiento en realidad virtual, no había tenido anteriormente ninguna experiencia similar. Mientras que, en el grupo de jóvenes sin conocimientos en realidad virtual, el 60% de ellos si había tenido anteriormente una experiencia en RV.

Como opinión general por parte de los usuarios, consideran que esta tecnología es novedosa y que aún tiene que desarrollarse, aunque sí que creen que ha habido un gran avance en los últimos años permitiendo tener una experiencia más fluida y que con la mejora de la calidad en las pantallas las experiencias de realidad virtual se están volviendo cada vez más inmersivas.

### 7.1. Gafas de RV

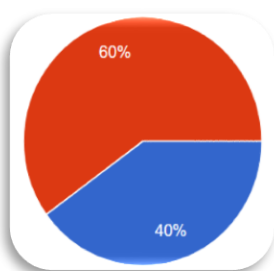
Las gafas de realidad virtual que se han utilizado en esta experiencia fueron lanzadas al mercado en 2014. A día de hoy existen nuevos modelos que han avanzado mucho respecto al DK2. El 65% de los encuestados (Figura 7.1) se comprarían unas gafas de realidad virtual en los próximos años, aunque hay que tener en cuenta que los modelos más avanzados, siguen siendo muy caros y se necesita además un ordenador de gran potencia que permita utilizar estos modelos de gafas virtuales. Por otro lado, el 35% de los encuestados, no se compraría unas gafas de realidad virtual.



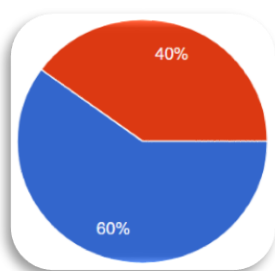
*Figura 7.1 Gráfico compra de gafas RV*



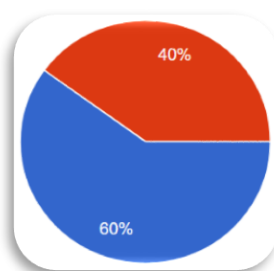
*Figura 7.5 J. con exp.*



*Figura 7.4 J. sin exp.*



*Figura 7.3 M. con exp.*



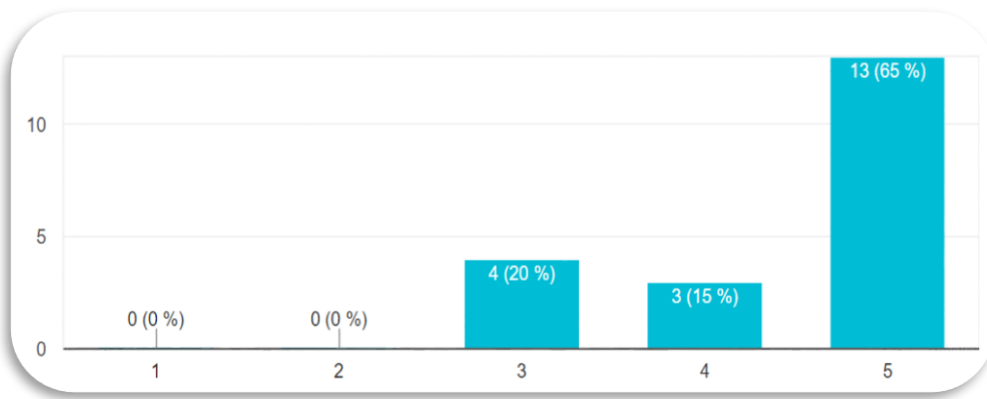
*Figura 7.2 M. sin exp.*

Como se puede observar en las gráficas desglosadas de los cuatros grupos realizados (Figura 7.2 a 7.5), el 100% de los jóvenes con experiencia anterior en realidad virtual se comprarían unas gafas. Mientras que solo el 40% de los jóvenes sin experiencia se las compraría. Por otro lado, las personas con más de 30 años con y sin experiencia, están en igual porcentaje a la hora de comprar unas gafas virtuales.

Se puede sacar la conclusión de que no afecta la edad a la hora de estar interesado en esta tecnología, aunque sí que provoca un mayor interés entre los jóvenes con conocimientos en realidad virtual.

## **7.2. Sensaciones físicas**

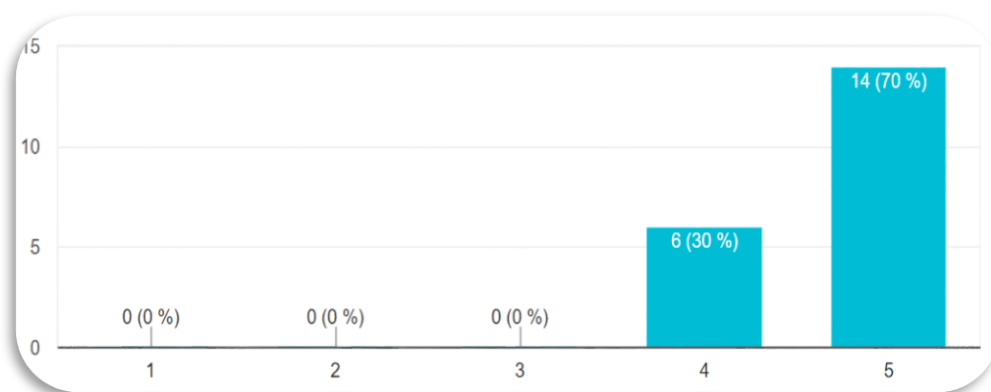
La mayoría de usuarios consideran que no han sufrido ningún mareo o fatiga (Figura 7.6), y las personas que han percibido alguno de estos síntomas, no lo han considerado suficientemente relevante como para tener que haber parado en algún momento la experiencia, la cual tenía una duración de entre 15 - 20 minutos. Sí que cabe destacar que 3 de las 4 personas que han tenido algún síntoma leve post experiencia se encuentran en el grupo de personas de más de 30 años sin experiencia previa con la realidad virtual.



*Figura 7.6 Gráfica sensaciones físicas*

### 7.3. Inmersión

En relación con el nivel de inmersión, se han obtenido unos resultados satisfactorios. El conjunto de escenas desarrollado, el cual está subdividido en 5 escenas, ha conseguido tener inmersos a los usuarios que la han realizado, poniendo una calificación global entre 4 y 5 al nivel de inmersión (Figura 7.7). Se ha obtenido una valoración similar a la hora de considerar que han tenido todos sus sentidos atentos a la experiencia virtual.

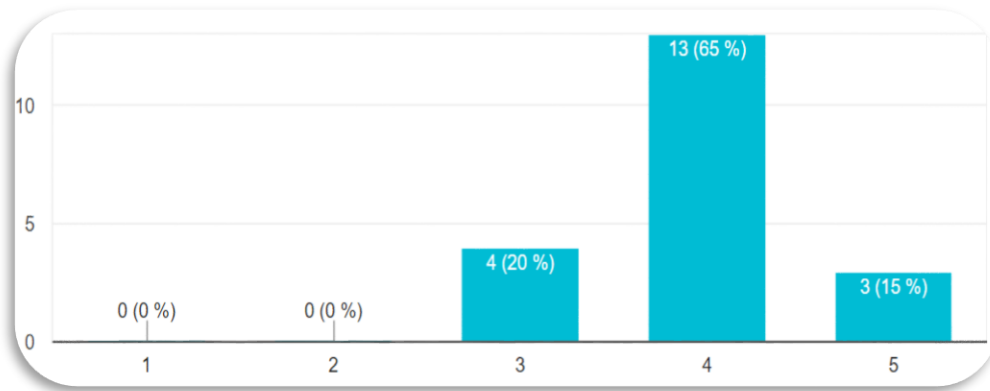


*Figura 7.7 Gráfica nivel de inmersión*

El haber introducido la tecnología Leap Motion como controlador en las experiencias de realidad virtual ha propiciado una mayor capacidad de interacción por parte de los usuarios con el entorno, viendo que los movimientos



que ellos realizaban con sus manos se reflejaban de una forma bastante fiable en los escenarios virtuales. Estando el 80% (Figura 7.8) de las puntuaciones entre el 4 y el 5.



*Figura 7.8 Gráfica interacción*

#### **7.4. Escenas**

Para poder evaluar las interfaces naturales y las interacciones con los elementos del entorno, hemos pedido al usuario que evalúe cada una de las escenas del 1 al 5 según lo usables que les han parecido. Aunque la escena 1 ha sido evaluada en el cuestionario, consideramos que, al ser únicamente una escena de cambio de modelos de manos, no es necesario calificarla como usable.

Como dato general, el 95% de los usuarios han considerado que el coste del entendimiento de la interacción del entorno con las manos, ha sido muy bajo o ninguno. Tan solo el 5% ha considerado que era complicado comprenderlo, esta persona se encuentra en el grupo de más de 30 años y sin experiencia previa con la RV. Esto demuestra que el uso de interfaces de interacción natural, como la proporcionada por el dispositivo Leap Motion, son la tendencia a seguir en el desarrollo de futuras interfaces para RV.

#### 7.4.1. Escena 2:

En la escena número 2, en la que existe una interacción por parte del usuario con un menú con botones, *sliders* y *scrolls*, además de tener un primer contacto con elementos como esferas y cajas, la mayoría de usuarios ha evaluado que en el momento que controlas la distancia a la que te encuentras del menú y el tipo de movimiento que hay que realizar para interactuar con él (acostumbrarse al uso de las manos en RV), en general se tiene una buena respuesta y deja de ser complicado utilizarlo (Figura 7.9).

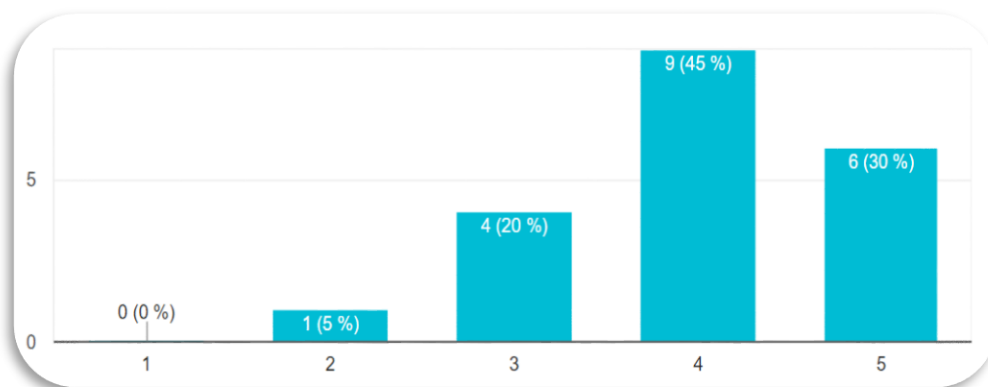


Figura 7.9 Gráfica usabilidad escena 2

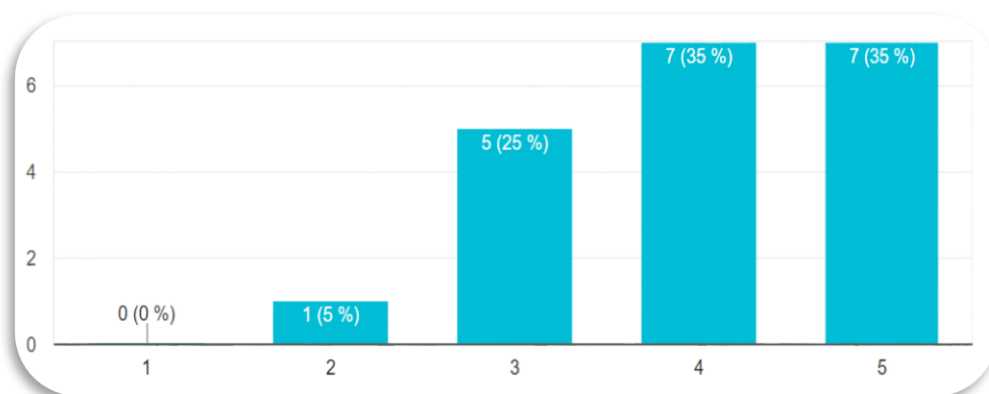
Por otro lado, el 20% de los usuarios considera que, aun no dejando de ser usable, las interacciones no son del todo intuitivas. Un 5% de los encuestados, considera que la interacción no es usable y se tendría que mejorar, siendo la curva de aprendizaje excesiva para el nivel de interacción pedido.

#### 7.4.2. Escena 3:

En la tercera escena se ha creado una experiencia para la visualización y manipulación natural de modelos 3D. Las interacciones de esta escena se basan en gestos definidos en el programa y que, al realizarlos, el usuario con sus manos, el

sistema los reconocerá y procederá a trasladar, escalar o rotar el modelo 3D. Se ha intentado que los gestos sean lo más intuitivos posibles y en general se ha obtenido una valoración por parte de los usuarios positiva: está por encima del 3 en el 70% de las respuestas (Figura 7.10).

Entre el grupo de mayores de 30 años, tanto con experiencia previa en RV, como sin ella, han tenido una mayor dificultad a la hora de la comprensión de los movimientos que debían de realizar para poder interactuar con los objetos en el mundo virtual. Este grupo ocupa el 20% de las valoraciones con puntuación menor o igual que 3.



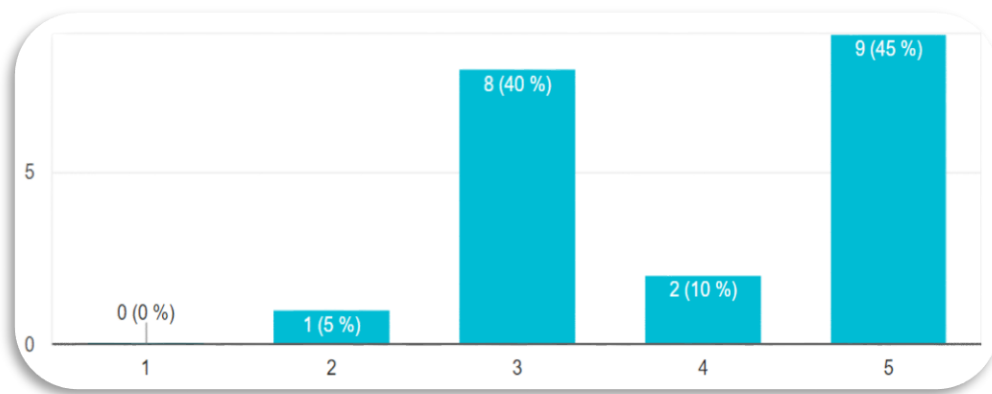
*Figura 7.10 Gráfica usabilidad escena 3*

#### **7.4.3. Escena 4:**

En esta escena se buscaba la interacción natural con los objetos que había en la escena, creando una apariencia en los elementos que permitiese olvidar que se trataba de una “esfera” lo que estaban cogiendo, y pensasen que eran pelotas de baloncesto.

Esta primera impresión ha creado una gran confusión a todos los usuarios, ya que han intentado interactuar con las pelotas como si se tratase de elementos reales, lo

que al inicio ha creado un poco de frustración al intentar encestar las pelotas en la canasta con la técnica propia del baloncesto. Esto les ha llevado a tener que comprender que no tenían que tirar a la altura de la cabeza ya que el *sistema* Leap Motion perdía la localización de las manos en la escena, sino que era más eficaz lanzar con una sola mano y que había que realizar un movimiento fluido y bien diferenciado entre el agarre y el lanzamiento. Esto nos indica, que las interfaces naturales como Leap Motion, todavía están lejos de ser una solución perfecta, y aunque simulan de forma bastante correcta la mayoría de los movimientos humanos, todavía queda recorrido para mejorar este tipo de interfaces.



*Figura 7.11 Gráfica usabilidad escena 4*

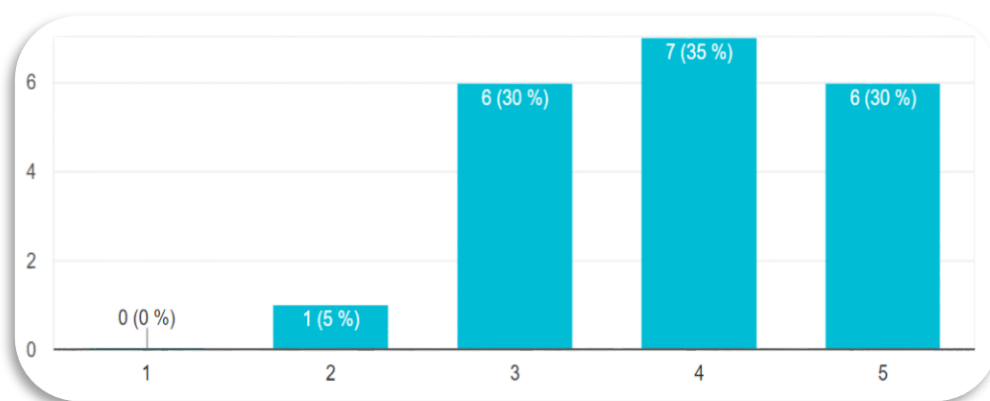
Aun así, la mayoría de los usuarios consiguieron asimilar estos conceptos rápidamente y sintieron a partir de ese momento que era muy sencillo encestar las pelotas en la canasta (esto nos demuestra que todavía es necesario un pequeño entrenamiento para una experiencia satisfactoria con la tecnología). El 55% de los usuarios han considerado que la escena ha sido usable, el 40% se han posicionado como neutro en la usabilidad y el 5% que era poco usable (Figura 7.11). En esta escena, ha destacado más la habilidad que cada usuario poseía al tipo de edad o conocimiento anterior en RV.

#### 7.4.4. Escena 5:

En esta última escena se buscaba que los usuarios consiguiesen realizar un rompecabezas 3D de tamaño 3x3. Esta escena, se ha llevado a cabo en último lugar, ya que consideramos que es la escena que mayor complicación presenta y que requiere de mayor soltura para poder realizarla con éxito.

Aun así, a la mayoría de usuarios les ha costado un poco el comprender cuál era la posición correcta de cada una de las piezas del rompecabezas. En esta escena como en la cuarta, ha influido más la visión espacial y la precisión por parte de los usuarios que la edad o la experiencia en RV. Añadir que de una forma más o menos precisa, todos los usuarios consiguieron terminar el rompecabezas.

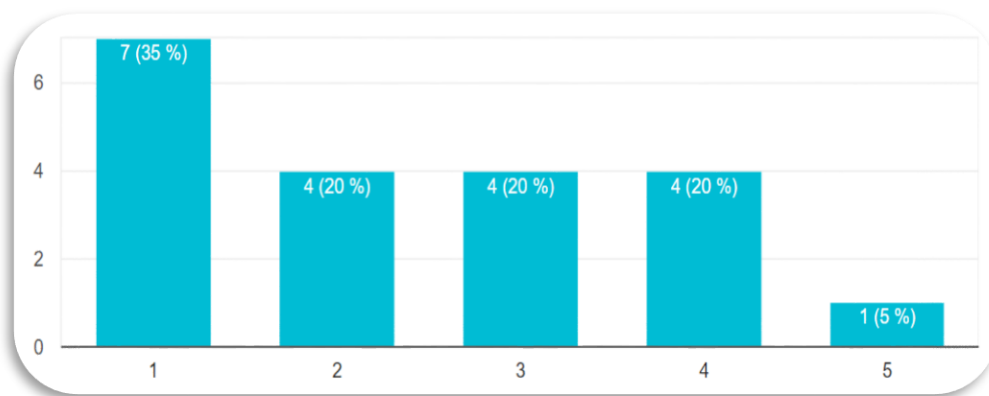
Como se puede comprobar, la acogida de este tipo de interacción más precisa, ha sido buena por parte de los usuarios (Figura 7.12). Habiendo una valoración por encima del 3 del 65%.



*Figura 7.12 Gráfica usabilidad escena 5*

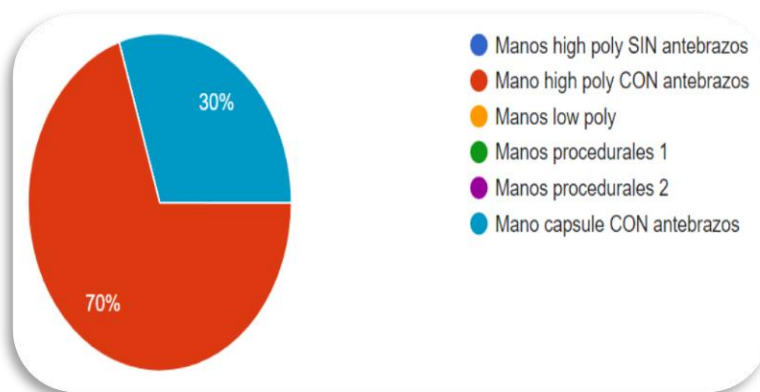
## 7.5. Modelos de manos

En la pregunta de “¿Encuentras extraño usar unas manos muy realistas en un entorno virtual?” ha habido una disparidad entre las respuestas dadas, hay usuarios que les ha impactado el ver unas manos virtuales que se asemejaban a las suyas y que realizaban los mismos movimientos que ellos hacían en la realidad. Aunque el 55% considera que no ha sido poco o nada extraño. Hay un 25% de usuarios que sí lo han considerado extraño (Figura 7.13).



*Figura 7.13 Gráfica manos realistas*

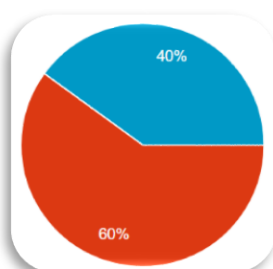
Al consultarle el tipo de manos que preferirían tras haber podido interactuar con los diferentes modelos implementados, ha habido dos modelos que se han diferenciado del resto (Figura 7.18). Por un lado, el modelo más realista con antebrazo (high poly con antebrazo) y por otro lado el modelo que imitaba la estructura ósea del brazo y de la mano, pero de una forma muy simple (mano capsule con antebrazo), como se puede apreciar (Figura 7.14 a Figura 7.17) la gran mayoría de las personas con experiencia prefieren las manos más realistas.



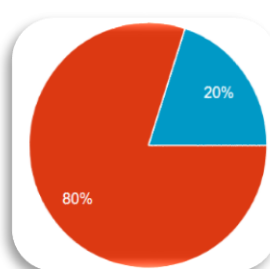
*Figura 7.18 Gráfica modelos de manos*



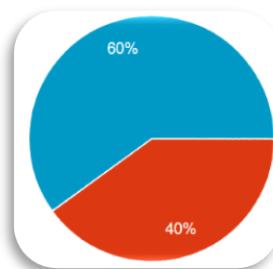
*Figura 7.17 J. con exp.*



*Figura 7.16 J. sin exp.*



*Figura 7.15 M. con exp.*



*Figura 7.14 M. sin exp.*

## 7.6. Interacciones

Este grupo de preguntas está relacionado con la satisfacción de las interacciones. Como, por ejemplo, lo natural que han sido las interacciones con el entorno, la comodidad a la hora de mover o manipular los diferentes objetos u elementos de la escena, si se ha sentido fluido el movimiento de las manos virtuales y si se ha sentido retardo/latencia a la hora de realizar las diferentes acciones.

Todo este tipo de preguntas han tenido una nota muy positiva. Entre el 70% y el 90% de los encuestados han considerado que ha cumplido con creces las expectativas que tenían en un principio, y que no esperaban que fuese tan precisa la captación de las diferentes posturas de la mano en el entorno virtual. Incluso algunos usuarios han comentado que si no fuese tan preciso, algunos escenarios mejorarían la usabilidad, al tener que distinguir mucho si se ha abierto la mano, ya

que si se pone en una posición natural (entreabierto), el Leap Motion considera que quieres coger algún objeto de la escena.

## 7.7. Plataformas

Considerábamos interesante conocer cuáles son las plataformas que más atraen al público en general (Figura 7.19). Nuestra opinión como desarrolladores se orienta hacia la utilización de esta tecnología en ordenadores, ya que para poder tener una mejor experiencia son necesarios muchos recursos hardware que el resto de plataformas no te los pueden ofrecer. Pero los usuarios prefieren tener experiencias virtuales en videoconsolas ya que es más económico y está más extendido entre los jugadores de videojuegos esta plataforma. La segunda plataforma con más votos ha sido el móvil, ya que, todos los usuarios poseen smartphones que les permiten tener una experiencia virtual con unas gafas menos aparatosas y más económicas. Estos resultados encajan con el número de ventas actual de dispositivos HMD. De hecho, el dispositivo PSVR de Sony Playstation 4 es el HMD con mayor número de ventas en los años 2016-2017. Superando con creces a otros dispositivos como Oculus Rift, Gear VR o HTC Vive.

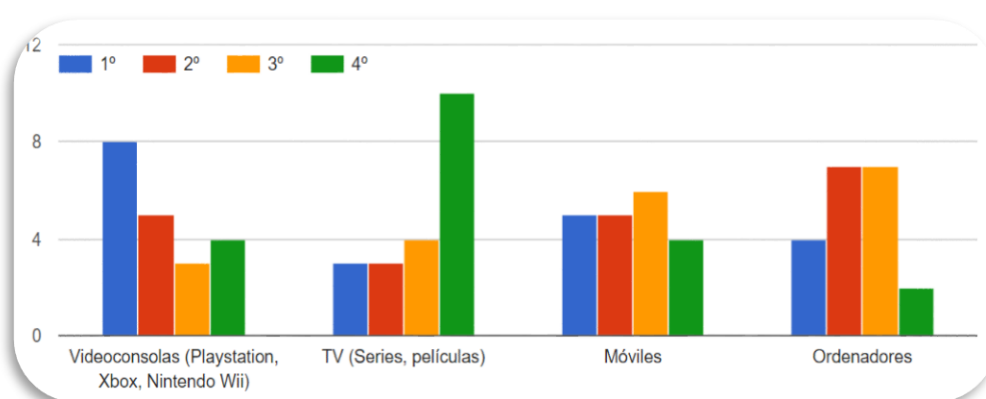
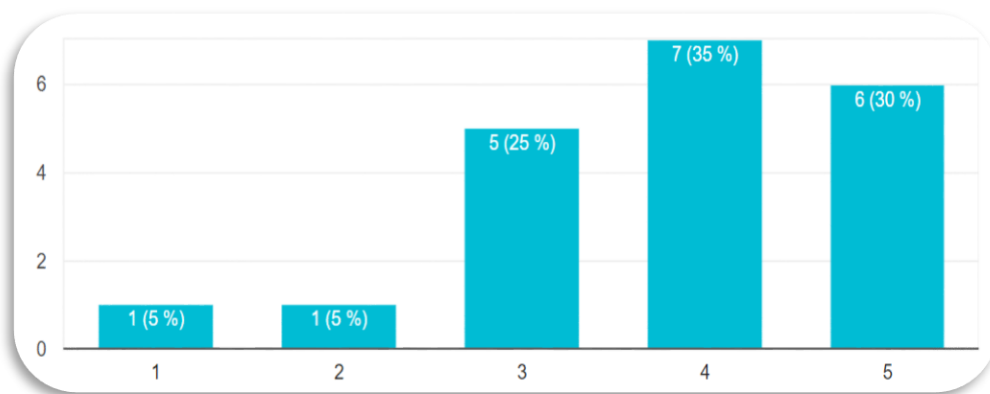


Figura 7.19 Gráfica plataformas preferidas



## 7.8. Posición física

Hemos consultado en qué posición preferirían tener una experiencia en realidad virtual, si mejoraría la inmersión en los diferentes escenarios si pudiesen desplazarse por el mundo virtual. El 65% de los usuarios (Figura 7.20) ha considerado como muy importante que se introduzca movimiento por parte del usuario, un 25% han considerado que no sería muy importante pero que sería interesante poder tener esa posibilidad. Tan solo el 10% han considerado que no sería importante para ellos el poder desplazarse.



*Figura 7.20 Gráfica importancia del movimiento*

Que los usuarios consideren importante que se implemente el movimiento dentro de las experiencias, no significa que lo vayan a usar habitualmente en sus experiencias virtuales.

Aun así, el 55% de las personas (Figura 7.21) consultadas han considerado que la forma que más les atrae para usar esta tecnología es en movimiento, mientras que el 35% preferiría utilizarlo sentado.

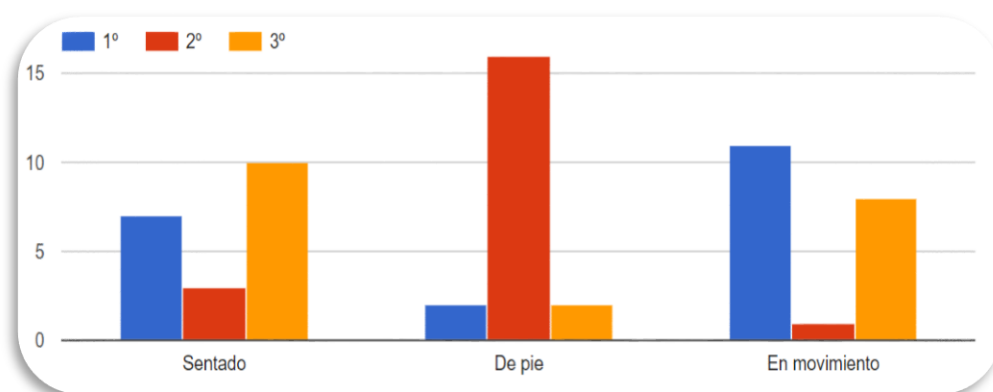


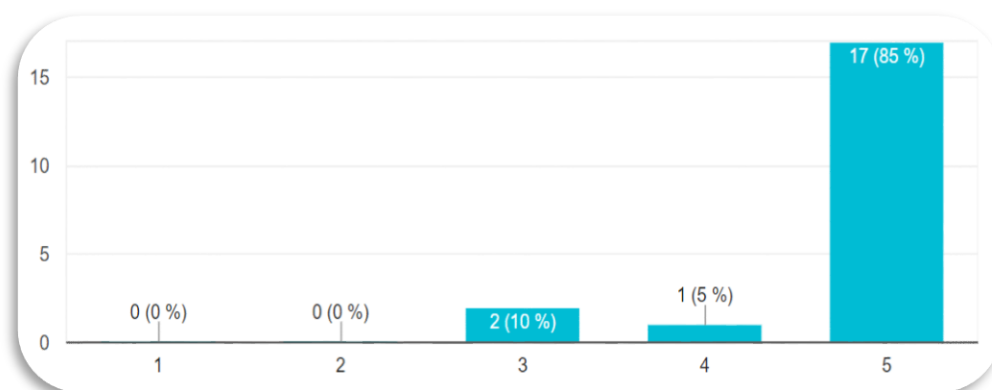
Figura 7.21 Gráfica preferencia de utilización

## 7.9. Opiniones

Dejamos un apartado para que los usuarios pudiesen describir su punto de vista sobre el futuro que tendrá la realidad virtual en los próximos años. El 90% de los encuestados ha considerado que la realidad virtual está cada vez más cerca de formar parte del día a día de nuestra sociedad. Hemos considerado especialmente interesantes dos opiniones de diferentes encuestados: *“Considero que es muy probable que en unos años esta tecnología se vea totalmente incluida en nuestro día a día, sobre todo, en el ámbito académico y en la industria de los videojuegos.”*, *“Sí, las aplicaciones en campos como la psicología, gamificación, académico, medicina... están aún por explotar, aunque es cierto que esta tecnología se enfrenta al reto de perfeccionarse para ser realmente aplicable.”* Ambos encuestados consideran que en unos años estaremos interactuando con la realidad virtual y que se establecerá en nuestra sociedad.

Como se puede observar, ambas respuestas citan que uno de los campos donde más aceptación puede tener, es en el ámbito académico. Esto demuestra que la forma de interactuar y de poder sentir que te has trasladado a un nuevo universo, será una buena herramienta para complementar las enseñanzas. Esta opinión se

refleja en la (Figura 7.22) donde el 90% de los encuetados están totalmente de acuerdo a que será una buena herramienta en el ámbito académico.



*Figura 7.22 Gráfica futuro académico*



## 8. Conclusión final

Tras haber estudiado cada una de las opiniones de las personas que han participado en esta experiencia en realidad virtual, podemos asegurar que las interfaces naturales crean un gran impacto para cualquier tipo de usuario, ya que es un campo novedoso dentro de la realidad virtual. Está claro que sigue siendo un campo que necesita ser estudiado y perfeccionado para que pueda ser utilizado sin ninguna complicación a nivel usuario.

Las interfaces naturales permiten una mayor interacción por parte del usuario con los escenarios virtuales, lo que permite crear un mayor acercamiento de esta tecnología al usuario, al ser muy interactivo. Pero el tipo de hardware actual va a tener que mejorar mucho, ya que no deja de ser una tecnología totalmente diferente que ha conseguido encontrar un hueco en la realidad virtual. Por ello, tendremos que esperar unos años para que haya una sinergia entre estas dos tecnologías y nos permitan interactuar con ellas como un todo.

Actualmente la mayoría de compañías está invirtiendo en la investigación del tipo de interfaces que mejor se adaptan a la realidad virtual. De igual modo, todas las compañías están analizando cual es la mejor forma de conseguir que sus videojuegos en realidad virtual tengan éxito. Esto supone un cambio de paradigma con respecto al sistema tradicional ya que al ser campo aún no se está introduciendo en nuestra sociedad, no se tiene un modelo a seguir aún.

También se están introduciendo nuevos sistemas de visión que permitirán mejorar la experiencia virtual. No solo nuestras manos en los mundos virtuales, sino

incorporando todo nuestro cuerpo. Esto permitirá teleportar a las personas a espacios virtuales como si de verdad estuviesen allí.

Por otro lado, para que la experiencia no nos aísle totalmente de la realidad, se está invirtiendo también en la creación de experiencias mixtas, basadas en la combinación de la realidad virtual con la realidad aumentada. Creando nuevos espacios en los que interactuar tanto con objetos y/o personas reales como virtuales.

La realidad virtual está cada día más presente en nuestra sociedad y está teniendo una gran aceptación, pudiendo ser explotada en una infinidad de campos. Esta tecnología seguirá perfeccionándose en los próximos años, sorprendiéndonos cada vez más con su realismo y la gran capacidad de inmersión en nuevos mundos virtuales. Lo que sí está claro, es que la realidad virtual ha venido para quedarse.

## 9. Bibliografía y referencias

E. Lorentzon & M. Fagerholt, 2009. *"Beyond the HUD – User Interfaces for Increased Player Immersion in FPS Games"*. Department of Computer Science and Engineering Division of Interaction Design. Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.

P. Salomoni, C. Prandi, M. Rocchetti et al. J Multimodal User Interfaces (2017).

B. Sarupuri, M. L. Chipana and R. W. Lindeman, "Trigger Walking: A low-fatigue travel technique for immersive virtual reality," *2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, Los Angeles, CA, 2017, pp. 227-228.

B. Sanders, D. Vincenzi, Y. Shen (2017) Scale and Spatial Resolution Guidelines for the Design of Virtual Engineering Laboratories. In: Kantola J., Barath T., Nazir S., Andre T. (eds) *Advances in Human Factors, Business Management, Training and Education. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 498. Springer, Cham

A. Grasielle, E. Zilles, R. Lopes et al. 2017. "User Experience Evaluation with Archaeometry Interactive Tools in Virtual Reality Environment. Regis Kooper, Duke Immersive Virtual Environment (DIVE) – Duke University (USA).

Witmer BG, SingerMJ (1998) Measuring presence in virtual environments: a presence questionnaire. *Presence TeleoperatorsVirtual Environ* 7(3):225–240

D. Quesnel and B. E. Riecke, "Awestruck: Natural interaction with virtual reality on eliciting awe," *2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, Los Angeles, CA, 2017, pp. 205-206.

V. Vallejo, I. Tarnanas, T. Yamaguchi, T. Tsukagoshi, R. Yasuda, R. Muri, T. Nef. (2016). Usability assessment of natural user interfaces during serious games: Adjustments for dementia intervention. *Journal of Pain Management*, 9(3), 333-339.

[Computer Hoy, 2016] Realidad Virtual.

<http://computerhoy.com/noticias/zona-gaming/realidad-virtual-25-preguntas-respuestas-que-debes-conocer-42543>,

consultado en fecha 04/11/2016.

[Leap Motion, 2017]

<https://www.leapmotion.com>

consultado en fecha 04/11/2016.

[Unity, 2017]

<https://unity3d.com/es>

consultado en fecha 04/11/2016.

[Unreal Engine, 2017]

<https://www.unrealengine.com/en-US/blog>

consultado en fecha 04/11/2016.

[Oculus Rift, 2017]

<https://www.oculus.com/rift/>

consultado en fecha 04/11/2016.



[Geektopia, 2016] OSVR HDK2,

<https://www.geektopia.es/es/technology/2016/06/13/noticias/razer-muestra-la-las-gafas-de-realidad-virtual-osvr-hdk2-unas-oculus-pero-de-399-dolares.html> ,

consultado en fecha 05/11/2016.

[Wikipedia, 2016] Realidad Virtual.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad\\_virtual](https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_virtual) ,

consultado en fecha 10/11/2016.

[Xataka, 2016] Realidad Virtual.

<https://www.xataka.com/realidad-virtual-aumentada/que-gafas-de-realidad-virtual-vr-comprar-guia-de-compras-con-todas-las-opciones-segun-tu-equipo-y-presupuesto> ,

consultado en fecha 2/12/2016.

[Xataka, 2016] Razer HDK2.

<https://www.xataka.com/videojuegos/las-razer-hdk2-son-las-rivales-directas-de-las-oculus-rift-por-200-dolares-menos> ,

consultado en fecha 26/11/2016.

[Real o Virtual, 2015] RV Open Source.

<https://www.realovirtual.com/noticias/1147/hmd-open-source-razer-basado-osvr> ,

consultado en fecha 26/11/2016.

[Real o Virtual, 2015] HTC Vive.

<https://www.realovirtual.com/rovdh/hardware/1015/htc-vive> ,

consultado en fecha 2/12/2016.

[TV Tropes, 2017] Diegetic Interface.

<http://tvtropes.org/pmwiki/pmwiki.php/Main/DiegeticInterface> ,

consultado a fecha 16/04/2017.

[UX of VR, 2017] UX,

<http://www.uxofvr.com/> ,

consultado a fecha 9/02/2017.

[Android Police, 2017] Google VR practices,

<http://www.androidpolice.com/2017/05/19/google-releases-daydream-elements-new-demo-app-best-vr-practices/> ,

consultado a fecha 20/05/2017.

[Google Developers, 2017]. Daydream Elements

<https://developers.google.com/vr/elements/overview> ,

consultado a fecha 20/05/2017.

[Unity, 2016]. Unity UI tutorials.

<https://unity3d.com/es/learn/tutorials/topics/virtual-reality/user-interfaces-vr> ,

consultado a fecha 9/03/2017.

[Digital Telepathy, 2015] UX,

<http://www.dtelepathy.com/blog/philosophy/ux-guide-designing-virtual-reality-experiences>

consultado a fecha 15/05/2017.

[Trensim, 2017] Objetos procedurales,

[http://www.trensim.com/trensimpedia/index.php?title=RS:Objetos\\_procedurales\\_-\\_Blueprint](http://www.trensim.com/trensimpedia/index.php?title=RS:Objetos_procedurales_-_Blueprint)

consultado a fecha 01/06/2017

[Cnet, 2016] HTC Vive,

<https://www.cnet.com/es/analisis/htc-vive/>

consultado a fecha 06/06/2017

[Wikipedia, 2017] Uncanny Valley,

[https://es.wikipedia.org/wiki/Valle\\_inquietante](https://es.wikipedia.org/wiki/Valle_inquietante)

consultado a fecha 09/06/2017

[Wikipedia, 2017] Realidad mixta,

[https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad\\_mixta](https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_mixta)

consultado a fecha 09/06/2017

[Cnet, 2016] Hololens,

<https://www.cnet.com/es/noticias/microsoft-va-de-llevo-a-la-realidad-mixta-y-3d/>

consultado a fecha 09/06/2017