

La Realidad Virtual como mediadora de Aprendizajes

Desarrollo de una aplicación móvil de Realidad Virtual orientada a niños

Chirinos Delfino, Yesica

DIRECTORA

Sanz, Cecilia

ASESOR PROFESIONAL

Dapoto, Sebastián

~Agosto 2020~

Tesis presentada para obtener el grado de Magíster en Tecnología Informática Aplicada a la Educación



FACULTAD DE INFORMATICA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Dedicatoria

A mis padres, quienes con mucho esfuerzo me dieron la posibilidad de crecer profesionalmente, por los valores que me han inculcado para ser la persona que soy, por sus consejos y apoyo incondicional, por enseñarme a nunca bajar los brazos ante las adversidades de la vida, y que con esfuerzo, paciencia y constancia se logra lo que uno se propone, en todos los aspectos de la vida.

A mi hermana, por aconsejarme, por su apoyo incondicional y por estar siempre.

A Gonzalo, por apoyarme y acompañarme en este recorrido.

Agradecimientos

A toda mi familia por apoyarme siempre y alentarme en cada nuevo desafío.

A todos mis amigos por acompañarme en este recorrido y estar siempre.

A mi directora, Cecilia, por su ayuda incondicional, por guiarme y acompañarme lo largo de este recorrido, por su esfuerzo y dedicación, y por enseñarme y transmitirme con humildad la pasión por esta vocación.

A mi asesor profesional, Sebastián, por toda su ayuda y dedicación.

A Ema y Santiago por su colaboración poniendo las voces para los audios de HuVi y por su disposición para probar la aplicación y así lograr una versión final.

A cada uno de los niños que formaron parte de las sesiones, unos de los momentos más valiosos de este trabajo fue sentir el entusiasmo y ver la sonrisa en cada uno ellos, al jugar con HuVi, a las autoridades de las instituciones por la disposición para realizar los talleres, y a todas las personas que colaboraron.

Al equipo de Huellas Patrimoniales por darme la oportunidad de ser parte del proyecto.

A todas las personas que conocí durante esta carrera, profesores, compañeros de los cursos, de quienes también aprendí y me llevo lindas amistades y gratas experiencias.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS	8
TABLAS	12
Resumen de la Tesis	13
Capítulo I: Introducción	14
Resumen.....	14
1.1 Encuadre conceptual.....	14
1.2 Motivación	16
1.3 Objetivos	18
1.4 Metodología de la investigación utilizada.....	18
1.4.1 Estudio de caso	18
1.4.3 Selección de la bibliografía	19
1.5 Estructura de la tesis	22
Capítulo II: Marco teórico sobre la Realidad Virtual.....	24
Resumen.....	24
2.1. Definiciones de Realidad Virtual	24
2.1.2 Factores que caracterizan a los Sistemas de Realidad Virtual y la distinguen de otros sistemas tecnológicos.....	26
2.1.3 Tipos de Realidad Virtual	28
2.2 Áreas de aplicación.....	30
2.3. La Realidad Virtual como mediadora en los procesos educativos y de formación	31
2.3.1 Motivación de la Realidad Virtual en el ámbito educativo	31
2.3.2 Realidad Virtual y Teorías de Aprendizaje.....	32
2.4 Razones por las cuales se está utilizando la Realidad Virtual en la Educación: consideraciones y barreras aportadas por autores/as para su aplicación en un determinado contexto.....	36
2.4.1 Circunstancias en la cuales la aplicación de la Realidad Virtual es adecuada:	36
2.4.2 Aspectos a considerar que pueden resultar negativos en el uso de RV	37
2.4.3 Síntesis de ventajas y desventajas de la aplicación de Realidad Virtual en entornos de aprendizaje y formación	37
2.5 Un modelo para determinar cuándo aplicar Realidad Virtual en contextos de educación y formación.....	39
2.6 Resumen del capítulo	40

Capítulo III: Experiencias de Realidad Virtual en contextos educativos y de formación.....	41
Resumen.....	41
3.1 Introducción.....	41
3.2 Criterios de análisis de las experiencias	42
3.3 Recopilación de experiencias de RV.....	44
3.3.1 <i>BYOD (Bring Your Own Device)</i>	44
3.3.2 <i>Fanny World</i>	47
3.3.3. <i>FOV (Field of View)</i>	51
3.3.4 <i>Virtual Reality Mosede fort Museum</i>	56
3.3.5 <i>Learning to Juggle in an Interactive Virtual Reality Environment</i>	60
3.3.6 <i>SIDEKIQ</i>	63
3.3.7 Entornos virtuales en la educación superior: la inmersión como una construcción clave para el aprendizaje 4.0.....	67
3.3.8 <i>TactileVR</i>	71
3.3.9 <i>CAP VR</i> - Simulación inmersiva de experiencias arquitectónicas espaciales	77
3.3.10 <i>VR School</i>	80
3.4. Análisis de los criterios de las experiencias analizadas.....	84
3.4.1 Aspectos Generales	84
3.4.2 Entorno Inmersivo de Realidad Virtual.....	86
3.4.2 Aspectos metodológicos / educativos.....	89
3.5 Análisis general de todas las experiencias estudiadas.....	90
3.5.1 País.....	92
3.5.2 Nivel Educativo	92
3.5.3 Área de aplicación.....	93
3.6 Resumen y Conclusiones	94
Capítulo IV: Diseño y desarrollo de HuVi.....	95
Resumen.....	95
4.1 Motivación para la creación de HuVi y objetivos de la aplicación.....	95
4.1.1 Objetivos de HuVi.....	95
4.2 Características de HuVi.....	96
4.3 HuVi - Diseño y Desarrollo	97
4.3.1 Equipo de diseño y desarrollo	97
4.3.2 Descripción de los avatares	97
4.3.3 Diseño de los Escenarios.....	98
4.3.4 Audios y Sonido	101
4.3.5 Modelo de interacción.....	102

4.3.6 Alcance y mecánica del juego.....	102
4.3.7 Mapa de Navegabilidad	106
4.3.8 Disponibilidad de HuVi.....	106
4.3.9 Herramientas de desarrollo.....	107
4.4 Pruebas de laboratorio	108
4.4.1 Pruebas experimentales de HuVi en la asociación IDANI	109
4.5 Resumen del capítulo	110
Capítulo V: Estudio de Caso.....	111
Resumen	111
5.1 Objetivos del estudio de caso.....	111
5.2 Técnica e instrumentos utilizados para la recolección de datos.....	111
5.2.1 Autoinforme 3E.....	111
5.2.2 IMI – Cuestionario de motivación intrínseca.....	112
5.2.3 Entrevistas grupales	113
5.2.4 Registro de Observación	114
5.3 Diseño y organización de la sesiones con HuVi.....	114
5.3.1 Diseño de la sesión	114
5.3.2 Presentación de HuVi dentro de la sesión	116
5.3.3 Desarrollo de la sesión.....	117
5.3.4 Evaluación.....	117
5.4 Resumen del capítulo	118
Capítulo VI: Resultados	119
Resumen	119
6.1 Objetivos de la aplicación de los instrumentos de evaluación en HuVi.....	119
6.2 Presentación de los resultados	119
6.2.1 Método 3E:.....	119
6.2.2 IMI - <i>Intrinsic Motivation Inventory</i>	122
6.2.3 Entrevista Grupal.....	125
6.2.4 Observación participante	127
6.3 Resumen y Conclusiones del capítulo	127
Capítulo VII: Conclusiones y trabajos futuros.....	130
Resumen.....	130
7.1 Conclusiones	130
7.2 Líneas de trabajo futuro	136
Capítulo VIII: BIBLIOGRAFÍA.....	137
Anexo I - Técnicas para la recolección de datos.....	147

Anexo II - Documentación fotográfica de las sesiones 150

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Un usuarios utilizando un sistema de RV inmersivo, mediante gafas de RV y una estructura que sostiene su cuerpo, experimentan estar volando. Fuente: https://www.shutterstock.com/	25
Figura 2. 2. (Izquierda) Mujer que experimenta estar manejando, sobre un auto que no se mueve. (Derecha) Mujer experimenta estar conduciendo, utilizando otros dispositivos para simular el volante del vehículo. Fuente: https://www.shutterstock.com/	26
Figura 2.3. Sistemas no inmersivos de RV. En la imagen se ve un chico jugando a un videojuego con los accesorios convencionales (teclado, auriculares y micrófono). Fuente: https://www.shutterstock.com/	28
Figura 2.4. Sistemas de RV, inmersivos en donde los usuarios interactúan con un contexto virtual. Fuente: https://www.shutterstock.com/	29
Figura 2. 5. Estructura del Sistema CAVE. Fuente: https://www.themarketingtechnologist.co/virtual-reality-connecting-unity-to-the-cave/	29
Figura 2.6. Distintos Sistemas CAVE. Fuentes: https://www.researchgate.net/figure/Un-utilisateur-au-milieu-dun-Cave-Automatic-Virtual-Environment-trois-faces_fig16_278618235 ; https://www.redcenit.com/entorno-virtual-inmersivo-y-eso-que-es/ ; https://dailyiowan.com/2019/10/27/advanced-virtual-reality-tech-helps-ui-scientists-study-pedestrian-behavior/ ; http://anettevonkapri.org/projects/radio/radio.html	30
Figura 2. 7. Áreas de aplicación de la RV, expresadas en porcentajes de aplicación. Fuente: Tomado de Kavanagh et al. (2017).....	31
Figura 2.8. Modelo para determinar cuándo usar Realidad Virtual en educación y cursos de formación. Fuente: tomado Pantelidis (2003).	40
Figura 3. 1. (Izquierda), muestra un esquema de las gafas de cartón que simulan a las famosas “Google cardboard” y cómo se acopla el celular en ellas. (Derecha) mientras que en la segunda imagen se muestra a un estudiante haciendo uso de ellas. Fuente: Tomado de Ray & Deb (2017)..	46
Figura 3. 2. Participantes utilizando las gafas de RV, durante el desarrollo de la experiencia. Fuente: Tomado de Ray & Deb (2017).....	46
Figura 3. 3. (Izquierda) Estudiante utilizando <i>Funny World</i> . (Derecha) Estudiantes tomando la clase con el método tradicional. Fuente: Tomado de Rasheed, Fabin & Prasad (2015).	48
Figura 3. 4. (Izquierda) Libro de historia con los contenidos para la clase regular. (Derecha) escenario de <i>Funny World</i> que presenta el contenido en un entorno virtual. Fuente: Tomado de Rasheed, Fabin & Prasad (2015).	49
Figura 3. 5 Distintos escenarios de <i>Funny World</i> . Fuente: Tomado de Rasheed, Fabin & Prasad (2015).	49
Figura 3. 6. Prototipo de <i>Funny World</i> . Fuente: Tomado de Rasheed, Fabin & Prasad (2015)...	50
Figura 3. 7. Escenario que representa una de las calles del entorno de RV. Fuente: Tomado de Ragan,Bowman, Kopper, Stinson, Scerbo & McMahan.	53
Figura 3. 8. Ejemplos de modelos humanos virtuales de la tarea de escaneo visual. (Izquierda) Muestra modelos no objetivos. (Derecha) Muestra modelos objetivos con armas de fuego. Fuente: Tomado de Ragan,Bowman, Kopper, Stinson, Scerbo & McMahan.	53
Figura 3. 9. Vista simplificada de una intersección de calles denotada para demostrar el orden de escaneo prescrito. Las caras de construcción se simplifican como cuadros blancos. Los números en círculo en la parte inferior de la imagen muestran la dirección del movimiento automático por la calle. Las etiquetas numéricas en las caras del edificio muestran qué cara debe escanear el usuario cuando se encuentra con el número marcado en un círculo a lo largo de la calle. Fuente: Tomado de Ragan,Bowman, Kopper, Stinson, Scerbo & McMahan.	54

Figura 3. 10. Capturas de pantalla de los tres niveles de realismo visual. La imagen superior muestra realismo pobre, la del medio muestra el nivel medio y la imagen inferior muestra el nivel más alto de realismo. Fuente: Tomado de Ragan, Bowman, Kopper, Stinson, Scerbo & McMahan.	54
Figura 3. 11. El entorno virtual como se ve con las gafas de RV. Los soldados miran el zepelín mientras se acerca a la costa. Fuente: Tomado de Moesgaard, Witt, Fiss, Warming, Klubien & Schoenau-Fog (2015).....	57
Figura 3. 12. A.- Facilitador/a, responsable de las cuestiones técnicas - B.- Facilitador/a, responsable de observar y guiar al participante en la experiencia - C.- Participante. Fuente: Tomado de Moesgaard, Witt, Fiss, Warming, Klubien & Schoenau-Fog (2015).....	58
Figura 3. 13. Configuración para el experimento. (A). El entorno de entrenamiento virtual se muestra utilizando un <i>Oculus Rift</i> . (B). El usuario es seguido por la <i>Microsoft Kinect</i> . (C). La apertura y el cierre de las manos se detectan con guantes. Fuente: Tomado de Stephanidis (2015)	60
Figura 3. 14. Guantes para la interacción de la mano. Se activa una señal analógica si la mano se cierra cuando la malla de alambre (b) toca la pelotita de aluminio (a). La señal se transporta a través de los cables (c) a un microcontrolador (d) que la transforma en una señal digital y la reenvía a la computadora (e). Además, la pelotita de aluminio proporciona retroalimentación háptica al ser atrapada. Fuente: tomada de Stephanidis (2015)	61
Figura 3. 15. Descripción del procedimiento en cascada: Comience tomando dos pelotitas en la mano dominante y una tercer pelotita en la otra mano (a). Lance una pelota desde la mano dominante (b). Cuando esta pelota alcance su ápice, lance la pelota desde la otra mano (c). Atrape la primera pelota y lance la última pelota, cuando la segunda pelota llegue al vértice (d). Para hacer malabarismos, repita los pasos (c) y (d). Fuente: Tomado de Stephanidis (2015)	62
Figura 3. 16. Las imágenes de la izquierda muestran al participante, mientras que las imágenes de la derecha muestran lo que el participante ve actualmente: una vista del entorno de capacitación virtual. Las líneas blancas se utilizan para definir el área de entrenamiento. Una representación abstracta del usuario se muestra con líneas azules. Las manos se dibujan usando modelos 3D que indican si las manos están abiertas o cerradas. Fuente: Tomado de Stephanidis (2015).....	62
Figura 3. 17. <i>SIDEKIQ</i> se ejecuta en la plataforma <i>CAVE</i> de 4 paredes <i>EON I Cube</i> para sesiones de entrenamiento inmersivo. Fuente: Tomado de Huang, Churches, & Reilly, (2015)	65
Figura 3. 18. Arriba: diseño de la interfaz con elementos de interfaz de usuario minimalistas, lo que facilita la creación de jugadas para entrenadores de fútbol no expertos en informática. Abajo: modo de vista de casco habilitado para <i>Oculus</i> , simulando exactamente lo que el jugador ve en el campo. Fuente: Tomado de Huang, Churches, & Reilly, (2015)	65
Figura 3. 19. Dos alumnos evaluados con <i>Oculus Dk1</i> durante el estudio de la aplicación. Fuente: Tomado de Huang, Churches, & Reilly, (2015).....	66
Figura 3. 20. Una sesión de entrenamiento individual dirigida por el entrenador Longshore en nuestra configuración <i>EON I Cube</i> tipo <i>CAVE</i> durante la entrevista de CBS. Fuente: Tomado de Huang, Churches, & Reilly, (2015).....	66
Figura 3. 21. Efectos entre las características del usuario, características de interfaz de usuario y UX, acciones y rendimiento en las tareas. Fuente: Tomado de Janssen, Tummel, Richert, & Isenhardt (2016).....	67
Figura 3. 22. Diseño de la prueba experimental. Fuente: Tomado de Janssen, Tummel, Richert, & Isenhardt (2016)	68
Figura 3. 23. Escenario de experimentación. Fuente: Tomado de Janssen, Tummel, Richert, & Isenhardt (2016).....	69
Figura 3. 24. Estudiantes realizando la experiencia. Fuente: Tomado de Janssen, Tummel, Richert, & Isenhardt (2016).....	69
Figura 3. 25. <i>TactileVR</i> : sistema que permite a los usuarios moverse e interactuar libremente con objetos físicos y juguetes, que coexisten en un mundo virtual, una presencia inmersiva y	

retroalimentación táctil en la realidad virtual. Fuente: Tomado de Shapira, Amores, & Benavides (2016).....	71
Figura 3. 26. Cada objeto físico se rastrea y es representado en el mundo virtual. La apariencia y la funcionalidad del objeto pueden cambiar según el escenario. Como se muestra en la imagen (desde la parte superior izquierda y en el sentido de las agujas del reloj): un bloque puede ser un par de binoculares, una casa en un pueblo tranquilo, una réplica exacta del bloque real o el componente de un circuito eléctrico. Fuente: Tomado de Shapira, Amores, & Benavides (2016).	71
Figura 3. 27. Configuración <i>TactileVR</i> : (a) Un conjunto de doce cámaras, (b) Una casco de RV montado en la cabeza, (c) Rastreadores de manos y pies, (d-g) Un conjunto de bloques de colores y otros juguetes. Fuente: Tomado de Shapira, Amores, & Benavides (2016).....	72
Figura 3.28. (a) <i>Mushroom land</i> es un escenario exploratorio con muchas interacciones diferentes, el usuario puede: (b) sacudir una casa para cambiar su apariencia o apilarlas y así formar apartamentos de varios pisos, (c) plantar semillas de una caja y cultivar nuevos árboles, (d) sacudir un clima (cubo) y hacer que nieve, (e) levantar los binoculares a sus ojos y ver la galaxia. Fuente: Tomado de Shapira, Amores, & Benavides (2016).	74
Figura 3. 29. En este circuito, el participante debe colocar los componentes eléctricos que faltan en una placa de circuito virtual. En este sencillo ejemplo, faltaban la bombilla y la batería. Fuente: Tomado de Shapira, Amores, & Benavides (2016).	76
Figura 3. 30. (a) Los participantes están tomando los bloques virtuales y colocándolos en los lugares objetivos (como se muestra a la derecha), (b) Los participantes colocan los bloques táctiles en los objetivos, y en (c) Los participantes apilan bloques táctiles (los resultados virtuales se muestran a la derecha). Fuente: Tomado de Shapira, Amores, & Benavides (2016).....	76
Figura 3. 31. Distintos proyectos resultantes de la simulación de RV. Fuente: Tomado de Ângulo & Velasco (2013).....	79
Figura 3. 32. Representa una sala de RV con los participantes siendo parte de la experiencia. Fuente: Tomado de Southgate et al. (2019)	82
Figura 3. 33. (Izquierda) Capturas de pantalla de una campanilla azul volando a una determinada distancia. (Derecha) Primer plano de una sección transversal etiquetada de una campanilla azul. Fuente: Southgate et al. (2019)	83
Figura 3. 34. La imagen muestra el país donde se llevó a cabo cada una de las experiencias analizadas. Fuente: elaboración propia.....	85
Figura 3. 35. La imagen muestra el año en el cual se publicaron los artículos de las distintas experiencias analizadas. Fuente: elaboración propia.....	85
Figura 3.36. La imagen muestra el nivel educativo para el cual fue desarrollada cada una de las experiencias. Fuente: creación propia	86
Figura 3. 37 La imagen indica por cada experiencia analizada, sus objetivos. Fuente: elaboración propia.	87
Figura 3. 38. La imagen muestra el área de aplicación de las experiencias analizadas. Fuente: elaboración propia.....	89
Figura 3. 39. Realidad Virtual inmersiva - Experiencias de Realidad Virtual inmersiva. Fuente: elaboración propia.....	92
Figura 3. 40. Realidad Virtual inmersiva - cantidad de experiencias por países. Fuente: elaboración propia.	92
Figura 3. 41. Realidad Virtual inmersiva - cantidad de experiencias por países. Fuente: elaboración propia.....	93
Figura 3. 42. Realidad Virtual inmersiva - cantidad de experiencias por Área de aplicación. Fuente: elaboración propia.	93
Figura 3. 43. Mapa conceptual que resume el análisis de los criterios aplicados a las experiencias. Fuente: creación propia	94

Figura 4. 1 . Logo de HuVi. Fuente: elaboración propia.	96
Figura 4. 2. Avatares de HuVi. Fuente: elaboración propia.	98
Figura 4. 3. Escenario Inicial 360. Fuente: elaboración propia.....	99
Figura 4. 4. Escenario: “Explorando Argentina”. Fuente: elaboración propia.	100
Figura 4. 5. Explorando Argentina: componentes del escenario. Fuente: elaboración propia.	100
Figura 4. 6. Plano del Parque Iguazú, que describe el recorrido del jugador. Fuente: elaboración propia	101
Figura 4. 7. Componentes correspondientes al Tótem y desafío. Fuente: elaboración propia.	101
Figura 4. 8. Imagen ilustrativa de un niño moviendo la cabeza. Fuente: https://www.shutterstock.com/	102
Figura 4. 9. Descripción de las diferentes escenas de HuVi. Fuente: elaboración propia.....	105
Figura 4. 10. Carteles para salir de la escena actual. Fuente: elaboración propia.	106
Figura 4. 11. Mapa de navegación de HuVi. Fuente: elaboración propia.....	106
Figura 4. 12. Logo de <i>Unity</i> . Fuente: elaboración propia.....	107
Figura 5. 1. Planilla pictórica, con la figura humana y dos burbujas, de pensamiento y expresión oral. Fuente: elaboración propia.	112
Figura 5. 2. Cuestionario IMI en forma de grilla. Fuente: elaboración propia.	113
Figura 5. 3. Cuestionario grupal I en formato grilla. Fuente: elaboración propia	113
Figura 5. 4. Cuestionario grupal II en formato grilla para el registro de las opiniones. Fuente: elaboración propia.....	114
Figura 5. 5. Registro de observaciones. Fuente: elaboración propia.....	114
Figura 5. 6. Imagen que ilustra la organización de las sesiones de HuVi. Fuente: elaboración propia	116
Figura 5. 7. (Izquierda) Tutora de la sesión explicando cómo jugar a HuVi. (Derecha): tutoras les muestran a los participantes cómo se juega a HuVi con las gafas. Fuente: elaboración propia .	117
Gráfico. 6. 1. Opiniones de los/as alumnos/as respecto de HuVi. Fuente: elaboración propia	120
Gráfico. 6. 2. Representa cómo se sienten los participantes durante la experiencia. Fuente: elaboración propia.....	120
Gráfico. 6. 3. Representa lo que piensan los/as niños/as luego de la experiencia. Fuente: elaboración propia.....	121
Gráfico. 6. 4. Resultados obtenidos de la planilla pictórica del instrumento 3E. Fuente: elaboración propia.....	122
Gráfico. 6. 5. Muestra la categoría de Interés/Diversión según las respuestas de los/as niños/as. Fuente: elaboración propia	123
Gráfico. 6. 6. Resultados de la categoría Esfuerzo/ Competencia, que sintieron los/as niños/as. Fuente: elaboración propia.	124
Gráfico. 6. 7. Tensión/ Presión percibidas de los participantes durante la experiencia. Fuente: elaboración propia.....	125
Gráfico. 6. 8. Registro de observaciones. Fuente: elaboración propia.....	127
Gráfico. 6. 9. Diagrama del estudio de caso. Fuente: elaboración propia.....	129

TABLAS

Tabla 2. 1 Tabla que sintetiza ventajas y desventajas del uso de la RV dentro de contextos de educativos y de formación, detalladas a lo largo del capítulo..... 38

Tabla 3. 1. Categorías y criterios a utilizar para el análisis de las experiencias educativas de RV.....	42
Tabla 3. 2. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.....	47
Tabla 3.3. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.....	51
Tabla 3. 4. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.....	56
Tabla 3. 5. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.....	60
Tabla 3. 6. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.....	63
Tabla 3. 7. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.....	67
Tabla 3. 8. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.....	70
Tabla 3. 9. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.....	77
Tabla 3. 10. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.....	80
Tabla 3. 11. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.....	84

Resumen de la Tesis

Esta tesis se orienta a la investigación sobre la realidad virtual (RV) y su aplicación en contextos educativos y de formación. Presenta un estudio de corte teórico y experimental sobre la temática, que inicia por la conceptualización de RV bajo la mirada de diferentes autores/as, analiza sus principales características, su aplicación en el ámbito educativo y otros contextos de formación, y las fundamentaciones de cómo diferentes teorías de aprendizaje se relacionan con la integración de la RV en procesos educativos.

Al inicio del recorrido, se realizó una revisión sistemática de antecedentes de experiencias educativas y de entrenamiento de habilidades, que integran la RV y presentan resultados desde diferentes miradas sobre las posibilidades y limitaciones de esta tecnología. Se realizó un estudio, como parte de esta revisión, de 28 experiencias. De éstas, 10 presentaban una descripción completa, por lo que a partir de un conjunto de criterios definidos en la tesis, agrupados en 3 categorías, se llevó a cabo un análisis a nivel de cada experiencia y posteriormente, uno transversal incluyendo las 18 experiencias restantes. Esto dio la oportunidad de echar luz sobre algunos resultados importantes que pueden aportar al diseño de aplicaciones y juegos educativos de RV, sobre las posibilidades y limitaciones que ofrece esta tecnología en diferentes niveles educativos, y también sobre formas de evaluar su integración.

A partir de este estudio teórico, y en base a las motivaciones que dieron origen a la tesis, se desarrolló una aplicación móvil de RV llamada: HuVi (Huellas Virtuales), con formato de juego, cuyo objetivo es dar a conocer las manifestaciones patrimoniales de Argentina, a niños/as en situaciones de vulnerabilidad social. El desarrollo de HuVi estuvo a cargo de un equipo interdisciplinario, en el marco del proyecto de extensión: "Huellas Patrimoniales", de la Facultad de Ciencias Económicas, más específicamente vinculado con la carrera de Licenciatura en Turismo.

Para dar respuesta a las preguntas de investigación que orientan este trabajo, se llevó a cabo un estudio de caso, que involucró una serie de sesiones en el marco de talleres con niños/as, realizados como parte del proyecto de extensión antes mencionado. Este estudio de caso, tuvo como protagonistas a 21 niños/as que utilizaron una primera versión de HuVi, la cual previamente fue sometida a diversas pruebas de laboratorio y experiencias piloto. Durante el estudio de caso, se indagó sobre la motivación intrínseca, la usabilidad, el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje, y la experiencia lúdico - educativa en general. Se analizaron preferencias de los/as niños/as, la atención a diferentes estímulos visuales y auditivos, y a su interacción con estos.

Los resultados alcanzados dan cuenta de que HuVi permitió acercar el Parque Nacional Iguazú (patrimonio involucrado en esta primera versión de la aplicación), despertando una elevada motivación en los/as niños/as que jugaron reiteradas veces en forma voluntaria, logró la recuperación de los conocimientos que se buscó trabajar, y convocó al juego y la diversión. Durante las sesiones también se pudieron observar algunos aspectos que se deben atender para mejorar experiencias de este tipo. Los/as niños/as experimentaron inicialmente nervios por enfrentarse a algo nuevo, haciendo que al comenzar con el uso de HuVi atendieran menos a la información presentada y más a la forma de interacción, a moverse, y mirar el contexto 3D. Una vez pasada esta etapa de adaptación se concentraron en los desafíos e interactuaron más con los objetos 3D utilizando la información que se presentaban en su camino. Tanto los estímulos visuales como auditivos fueron aspectos destacados por los/as niños/as.

Las conclusiones presentadas abren el camino para profundizar la investigación en estas temáticas y dejan una serie de lineamientos que pueden ser tomados para el diseño de este tipo de aplicaciones.

Capítulo I: Introducción

Resumen

Esta tesis pone el foco en la investigación de la Realidad Virtual (RV) como mediadora en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Motiva esta investigación la necesidad de conocer en profundidad el potencial de esta tecnología para su aplicación dentro del contexto educativo.

En este capítulo, se expone una introducción a los fundamentos de este trabajo. Se presenta el encuadre conceptual, las motivaciones y el alcance de la tesis. Se exponen los objetivos, las preguntas y la metodología de investigación, y se concluye con una síntesis de los temas que se desarrollarán en cada capítulo y una descripción de la estructura general de la tesis.

1.1 Encuadre conceptual

Uno de los principales desafíos que deben enfrentar los docentes diariamente, es facilitar a través de diversas estrategias y actividades educativas que se proponen al estudiante, la comprensión de conceptos, que en muchas ocasiones pueden involucrar un alto grado de abstracción. El docente es mediador/a y tiende puentes a través de diversas actividades para que el/la estudiante pueda establecer conexiones entre lo que se está aprendiendo y sus experiencias personales. La variedad de actividades y la buena selección del itinerario de aprendizaje son claves en este sentido. En diversas ocasiones, resulta necesario, por parte del docente, recurrir a estrategias didácticas que puedan adaptarse a diferentes niveles de desafíos, que involucren distintos niveles de desarrollo cognitivo (Shin & Kim, 2015), y permitan la experimentación por parte de los/as alumnos/as en el tema. No obstante, muchas veces, esto implica exponerlos a situaciones prácticas reales, y no resulta una tarea sencilla, ya que puede requerir altos costos económicos, riesgos o incluso puede ser imposible (Schott, C., Marshall, S., 2018; Janssen, Tummel, Richert, & Isenhardt, 2016; Curcio, Dipace & Norlund, 2016; Pantelidis, 2010).

La realidad virtual (RV) es una tecnología que posibilita involucrar a la persona en un mundo simulado o una réplica del mundo real. De acuerdo al nivel de inmersión¹ al cual están expuestos los usuarios, se ven involucrados todos sus sentidos o algunos de ellos, a partir de estímulos visuales, auditivos y táctiles en la experiencia simulada para crear un sentido de la realidad. Actualmente, existen varios sistemas de RV diferentes: el entorno virtual automático *CAVE*² (*Cave Assisted Virtual Environment*), sistemas basado en cascos de RV (*HMD, Head Mounted Display*) y la RV de escritorio. En el sistema *CAVE*, el usuario se mueve dentro de una sala en donde se proyecta el contenido multimedia que crea el entorno virtual, el usuario debe utilizar unas gafas 3D mediante las cuales se logra la inmersión al mundo virtual, que le permitirán ver las estructuras 3D que se reflejan en las pantallas. El sistema *HMD* consiste en un casco de RV (RV) mediante el cual el usuario logra una inmersión completa al entorno virtual, a través de un sistema operativo propio o un dispositivo móvil que se coloca en él y que controla la orientación y posición de la cabeza del usuario. Por otro lado, la RV de escritorio no permite que el usuario esté rodeado por el entorno virtual. Sin embargo, le posibilita interactuar con un entorno virtual que se muestra en el monitor de una computadora usando el teclado, el mouse, el *joystick* o la pantalla táctil (Lee y Wong, 2014; Lee, Wong & Fung, 2010). Según Cummings y Bailenson (2016), el grado de inmersión que se experimenta mediante la RV, depende en gran medida de las configuraciones del sistema, a diferencia de los aspectos del contenido mediados en sí. Los

¹ **Inmersión:** sensación que experimenta el usuario al estar dentro un entorno virtual (Rebelo et al., 2012; Parsons, 2015).

² **CAVE (*Cave Assisted Virtual Environment*):** entorno de realidad virtual inmersiva. Se trata de una sala en forma de cubo en la que hay proyectores orientados hacia las diferentes paredes, suelo y techo con el contenido multimedia. (Cruz-Neira, Sandin, DeFanti, Kenyon & Hart, 1992).

sistemas de RV como *CAVE* y *HMD* que excluyen de forma efectiva la realidad física, son considerados sistemas de RV inmersiva. En particular, en esta tesis se enfocará en los sistemas HMD. Por otro lado, los sistemas de RV de escritorio, que tienen poca o ninguna capacidad para excluir la realidad física, son considerados sistemas de RV no inmersiva.

En la RV se apela así a un mundo virtual en el que las personas vivencian el espacio desde el plano psicológico, más allá de una realidad física. Un usuario se siente como parte de un entorno virtual, cuando experimenta realmente una sensación de inmersión y participación dentro de éste (Rebelo et al., 2012). El concepto de RV no es nuevo, ya lleva más de medio siglo de investigación. Su primera aproximación se remonta al año 1932, con la publicación del libro "*Brave New World*", cuyo autor *Aldous Huxley*, describió, a través de películas, el alcance de las sensaciones mediante el uso de los sentidos: la vista, el oído y el tacto (Huxley, 1932). En 1939, se introdujo al mercado "*Master-View*", una especie de visor estereoscópico que reproducía imágenes a color. En 1966 llega la primera implementación de RV destinada a la formación, mediante un simulador de vuelo. En 1968 (Sutherland, 1965) se desarrollan los primeros "cascos de RV", conocidos como sistemas HMD (*Head Mounted Displays*), que permitían la visión estereoscópica en un entorno de 360 grados. Su interfaz de usuario era primitiva y debido a su gran peso, debieron ser suspendidos en el techo para poder ser utilizados. Ya luego de varios años de investigación y desarrollo, en 1991 *SEGA* saca al mercado los primeros cascos orientados al juego con pantallas LCD, compuestos por sensores de inercia, que detectaban la cabeza del usuario, y reaccionaban a su movimiento. Luego de varias décadas de experimentar la RV en contextos destinados a sectores particulares, en el año 2012, Palmer Luckey inició una campaña de *Kickstarter*³ para financiar *Oculus Rift*: unas gafas con un sistema propio de RV, que permitiría a los amantes de la tecnología comenzar a construir y experimentar sus propios entornos virtuales; en 2014, *Google* saca al mercado las *Google Cardboard*⁴ y con ellas, se comienza a realizar un uso más masivo a la tecnología de RV. Desde entonces, los desarrollos tecnológicos no solo estuvieron del lado de la pantalla sino también del lado de la captura, además una gran variedad de cámaras de video 360 grados se han introducido en el mercado permitiendo que el contenido de RV se reproduzca más fácilmente, y esté un poco más al alcance de todos. El término RV en sí mismo fue propuesto y popularizado en la década de 1980 por Jaron Lanier, un investigador e ingeniero que contribuyó con varios productos a la emergente industria de la RV. En la actualidad existen varias plataformas de desarrollo como los son: *Unity*⁵, *Unreal Engine*⁶ entre otras, que proporcionan herramientas para un crear mundos virtuales (Curcio, Dipace, & Norlund, 2016; Potkonjak et al., 2016; Mathur, 2015).

Muchos autores/as en su comienzo definieron a la RV esencialmente como una tecnología, sin embargo, con el paso del tiempo se ha presentado una visión más compleja, que considera a la RV como una experiencia humana, resaltando que la esencia de la RV es la relación inclusiva entre el participante y el entorno virtual (Fitzgerald & Riva, 2001; Riva & Mantovani, 2000; Heim, 1998; Steuer, 1992). En este contexto el concepto de presencia es un punto crucial que incluye tres aspectos: 1. el sentido de estar en otro lugar, 2. la extensión del contexto real al virtual y 3. La experimentación del usuario de formar parte de un entorno virtual a través de contenido multimedia. Por lo anterior, la sensación de presencia se basa en dos factores clave: inmersión e interacción. Cronin (1997) afirma que una inmersión efectiva requiere la habilidad del participante para controlar su atención y enfocarse en lo que está sucediendo en el entorno virtual, mientras simultáneamente excluye toda interferencia del mundo exterior. La sensación de presencia dentro de las aplicaciones de RV, está más influenciada por el nivel de interacción que los actores experimentan dentro del entorno simulado, que por la riqueza y fidelidad de las imágenes o videos que lo conforman, aunque estos también son importantes (Sastrey & Boyd, 1998). Esa interacción es un elemento crucial, en particular cuando se aborda como parte de una actividad en un proceso de aprendizaje (Huang et al., 2010). En contextos educativos, se valora a la RV por la naturaleza experiencial e intuitiva que puede ofrecer una actividad con RV. Ésta

³ *Kickstarter*: sitio web de micromecenazgo para proyectos creativos

⁴ *Google Cardboard*: gafas para Realidad Virtual (HMD) de cartón, cuya premisa es "hágalo usted mismo", para teléfonos inteligentes y con características que soportan la reproducción de aplicaciones de Realidad Virtual.

⁵ *Unity*: motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies. Unity está disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows, OS X, Linux.

⁶ *Unreal engine*: motor de juego de PC y consolas creado por la compañía Epic Games. Con su código escrito en C++, Unreal Engine presenta un alto grado de portabilidad y es una herramienta utilizada actualmente por muchos desarrolladores de juegos.

posibilita al alumno/a una perspectiva visuoespacial⁷, o la capacidad de ver el mundo desde otra perspectiva, que evoca una inmersión sensorial que conecta el mundo digital con todo el sistema sensorial (Bailey et al. 2016 ; Pavone et al. 2016; Ehinger et al. 2014; Baumgartner et al.2008).

1.2 Motivación

La tecnología de RV, como mediadora para los procesos de enseñanza y aprendizaje, ha cobrado auge en las últimas décadas (Hauptman & Cohen, 2011; Shih & Yang, 2008) y se predice que los dispositivos de RV aumentarán su uso en un 85 por ciento durante 2020 (Ravipati, 2017). Como en la sección anterior se menciona, la primera implementación para un contexto de formación, se registró en 1966, en la forma de un simulador de vuelo diseñado con fines de entrenamiento para la fuerza aérea de los EE.UU (Pantelidis, 1991-2009) y desde entonces, se han demostrado resultados positivos de su aplicación en entornos educativos, que van desde el aumento del tiempo dedicado a atender la tarea (Huang, Rauch & Liaw, 2010; Johnson et al., 1998), el disfrute (Apostolellis & Bowman, 2014; Ferracani, Pezzatini & Del Bimbo, 2014), la motivación (Cheung et al., 2013; Sharma, Agada & Ruffin, 2013; Jacobson et al., 2005), el pensamiento crítico (Curcio, Dipace & Norlund, 2016), y también algunos/as autores/as refieren al aprendizaje significativo y durable debido a sus propiedades intrínsecas y al mecanismo cognitivo que puede promover esta tecnología (Chien-wen et al., 2017; Huang et al., 2010; Rizzo et al., 2006). Otros/as autores/as dedicados al campo de la Educación reconocen el gran potencial de la RV en simuladores, juegos y entornos virtuales, estos últimos se han explotado durante la última década, ya que muchos/as profesores/as han sentido la necesidad de mejorar la experiencia de aprendizaje, para que los cursos, por ejemplo en línea, sean atractivos y proporcionen experiencias más inmersivas (Karaman & Ozen, 2016). *“The Second Life y OpenSim MUVES⁸”*, proporcionaron uno de los primeros grandes mundos virtuales adoptados internacionalmente que respaldan una amplia gama de experiencias educativas con RV de escritorio (Wang & Burton, 2013; Schott, 2012; Penfold, 2009). La RV, ayuda a promover el compromiso, exploración, manipulación, colaboración y representación de ideas, tanto en el/la estudiante como en el docente (Shin, 2017; Hwang & Hu, 2013; Pantelidis, 2010; Dalgarno & Lee, 2010; De Freitas, 2013; Mantovani, 2003).

El uso de la RV en la Educación se encuentra en el núcleo de lo que se han denominado “Entornos de Aprendizaje de RV (EARV)” (Curcio, Dipace & Norlund, 2016), su integración en actividades educativas está vinculada directamente con las concepciones constructivistas⁹ del aprendizaje. Así en este tipo de experiencias se da la oportunidad a los/as estudiantes de crear de forma activa su propia representación subjetiva de la realidad, basada en la interacción entre sus ideas y experiencias: *“...el ambiente tiene un fuerte efecto en el/la estudiante, y la educación debe ser experiencial¹⁰ y experimental”* (Schott & Marshall, 2018; Dewey, 1985). Entre los beneficios de la educación experiencial se incluyen la mejora de la comprensión de los conocimientos en los/as estudiantes, mayor involucramiento en la toma de decisiones, y mayor participación (Schott, C., Marshall, S., 2018). También Kapil et al. (2017) expone que la aplicación de RV en contextos de educativos, presenta un enfoque constructivista social, en donde el aprendizaje es producto de la síntesis de información y de la experiencia¹¹. Esta perspectiva otorga peso a la tecnología de RV que se adapta al aprendizaje experimental (Xu & Ke, 2016), en donde los/as estudiantes pueden aprender y obtener conocimiento de sus experiencias, reacciones e interacciones, además de aprender a través del proceso de experimentación a través de la RV. Asimismo algunos conceptos clave de este paradigma se pueden encontrar

⁷ **Visuoespacial:** capacidad para representar, analizar y manipular objetos mentalmente.

⁸ **MUVES:** Entornos virtuales multiusuario.

⁹ **Constructivismo:** sostiene que los/as estudiantes aprenden mejor cuando construyen su propia comprensión del contenido, al interactuar directamente con él, en lugar de recibir contenido preestructurado de una fuente externa, como un docente o un texto. Dentro de la perspectiva constructivista, el compromiso físico con el material es central en el proceso de aprendizaje. (Winn, 1993; Nicaise y Crane, 1999).

¹⁰ **La educación experiencial** es una filosofía holística, en la que las experiencias cuidadosamente seleccionadas, respaldadas por la reflexión, el análisis crítico y la síntesis, se estructuran para que el/la alumno/a tome la iniciativa, tome decisiones y sea responsable de los resultados, a través de preguntas, investigaciones y experimentos.

¹¹ **Constructivismo social:** el aprendizaje de un individuo resulta de la internalización de las prácticas sociales de una persona (Vygotsky, 1978).

en el aprendizaje por exploración¹² (Lave & Wenger, 1991; Brown, Collins & Duguid, 1989), colaboración¹³ (Huang et al., 2010; Mantovani, 2003) y el aprendizaje situado¹⁴ (Loke, 2015).

La combinación de las características interactivas, inmersivas y complejas de estos entornos, en conjunto con los objetivos de aprendizaje explícitos, posibilita una formación constructiva entre la experiencia y los resultados previstos y las metas del alumno/a (Schott, C., Marshall, S., 2018).

La exploración dentro de un entorno virtual, proporciona a los participantes una experiencia holística de entornos del mundo real. El valor pedagógico de tales experiencias se habilita a través de la inmersión en un entorno basado en la realidad, el compromiso con situaciones de información complejas y ambiguas, y la interacción con el espacio, con otros/as estudiantes y profesores/as. Si bien los resultados demuestran que los complejos entornos de aprendizaje inmersivo son alcanzables, aún los altos niveles de interactividad que se desearía alcanzar, siguen siendo un reto. El principal desafío es garantizar que el nivel de inmersión se equilibre con los requisitos del estudiante, para participar en actividades reflexivas que pongan en juego sus interacciones y experiencias, y que proporcionen evidencia de cómo lograr el objetivo de aprendizaje (Schott, C., Marshall, S., 2018).

La implementación de RV, en contextos de educativos, no es trivial; su aplicación debe poder adecuarse a los objetivos educativos que se persiguen. *“La tecnología, por sí sola, no impone educación, e incluso la innovación educativa más prometedoras necesita de una aplicación pedagógica adecuada para ser efectiva...”* (Kapil et al., 2017; Johnston, et al., 2017; Huang et al., 2010). El docente debe mantener el foco en las necesidades educativas y de aprendizaje que se desean alcanzar con el uso de la RV, y no en la tecnología en sí misma, ya que el objetivo principal es lograr la apropiación de los conceptos/habilidades por parte del estudiante, de forma tal de crear entornos, materiales y metodologías, que hagan del proceso de aprendizaje una experiencia interesante (Osberg, 1992). *“Un aprendizaje de calidad, mediante la RV, es compatible cuando existe una combinación adecuada de inmersión e instrucción...”*; *“...la experiencia de RV debe estar enmarcada dentro de una estructura de instrucción”* (Ladendorf, k., Eve, D. & Xie, Y., 2019).

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, y del interés por buscar mecanismos alternativos en los procesos de enseñanza y aprendizaje, en los cuales la tecnología sea un medio eficaz de vinculación de conocimiento, surge la motivación de esta tesis, de investigar sobre estas temáticas y también poner el foco en el desarrollo de una aplicación móvil educativa de RV, basada en diversas experiencias obtenidas de la investigación previa y análisis exhaustivo de distintas aplicaciones de RV, particularmente destinadas al contexto educativo y de formación. Además, se vincula con que la tesista ya viene trabajando en un contexto educativo particular en el que se resulta de interés el diseño de una aplicación de RV.

Desde el punto de vista de las Ciencias de la Computación, los sistemas de RV requieren de la integración de múltiples componentes: un sistema de hardware (por ejemplo, un dispositivo móvil), un sistema de software (por ejemplo, una aplicación móvil de RV), dispositivos de entrada (control, auriculares, entre otros) y un diseño de interfaz de usuario apropiada mediante la cual el usuario pueda interactuar y sentirse inmerso

¹² **Aprendizaje por exploración:** los/as estudiantes asimilan el conocimiento de manera más efectiva cuando tienen la libertad de moverse y participar en actividades autodirigidas dentro de su contexto de aprendizaje. Este proceso activo les permite alcanzar la comprensión del mundo a través de un proceso continuo de dar sentido a la nueva información, creando su propia versión de la realidad.

¹³ **Colaboración:** uno de los propósitos más importantes de un entorno educativo es promover la interacción social entre los/as estudiantes que se encuentran el mismo espacio físico. Vygotsky (1978) subrayó la importancia central de la interacción social en el crecimiento cognitivo. Las estrategias de aprendizaje colaborativo pretenden construir de forma colectiva conocimientos empleando mecanismos de comunicación y de colaboración.

¹⁴ **Aprendizaje situado:** la forma en cómo los seres humanos piensan y actúan están inherentemente relacionados con su contexto sociocultural (Lave, 1988). Aplicada a los mundos virtuales, implica que el mundo virtual proporcionará al usuario un contexto lo suficientemente realista para llevar a los/as estudiantes a pensar y actuar como lo harían en situaciones del mundo real.

en un mundo virtual. Existen tres condiciones imprescindibles que debe respetar el diseño de un sistema RV: la simulación¹⁵, la interacción¹⁶ y la percepción¹⁷, para lograr el sentido de presencia e inmersión.

De acuerdo con lo mencionado en el párrafo anterior, el diseño del sistema de cómputo que soporte el modelo y renderización del mundo virtual, debe ser sometido a un análisis basado en un conjunto de pruebas para evaluar su rendimiento y posibilidades para lograr una experiencia efectiva de RV.

En términos generales, la propuesta de esta tesis se orienta a reforzar las investigaciones que hasta el momento consideran a la RV como un medio poderoso en los procesos de enseñanza y aprendizaje, aún teniendo presente que el resultado efectivo de su implementación está vinculado directamente con la eficiencia del proceso pedagógico en el que se integre. A partir de estas motivaciones se plantean, a continuación, los objetivos de esta tesis.

1.3 Objetivos

El objetivo general de este trabajo es investigar y analizar sobre la Realidad Virtual (RV) y su aplicación en entornos educativos, como una “tecnología” mediadora en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Como objetivos específicos se plantean:

1. Estudiar el concepto de RV y sus fundamentaciones.
2. Analizar ventajas y desventajas de su uso.
3. Estudiar las teorías de aprendizaje sobre las cuales se forjan las bases de su implementación en el contexto educativo y de formación.
4. Identificar prácticas pedagógicas, particularmente relacionadas con la experiencia, que justifican el uso de la RV en procesos de enseñanza y aprendizaje.
5. Estudiar y analizar distintas aplicaciones de RV y su aplicación en el ámbito educativo.
6. Desarrollar una aplicación educativa de RV, a partir de los lineamientos del análisis teórico realizado, y haciendo uso de herramientas de distribución libre, que permitan el desarrollo de aplicaciones de RV, orientadas a temáticas educativas.
7. Llevar a cabo un estudio de caso con la aplicación desarrollada en el punto anterior:
 - Definir los objetivos y el contexto para el estudio de caso.
 - Validar las hipótesis que surjan a partir de la investigación teórica.
8. Realizar el análisis de los resultados obtenidos de la experiencia. Plantear nuevas líneas de investigación.

1.4 Metodología de la investigación utilizada

En esta tesis se sigue una metodología de investigación que integra, una revisión bibliográfica, a partir de las preguntas de investigación planteadas, un análisis y sistematización de aportes realizados por diferentes autores/as. Esto permite definir el estado del arte, la metodología y estrategias a seguir para el diseño de una aplicación de RV. Una vez concluido el desarrollo de la aplicación de RV, se integra a un estudio de caso con un grupo de niños/as, que permite poner en juego la aplicación creada, la cual se orienta a objetivos específicos y se lleva a cabo así un estudio orientado por hipótesis, que resultan de la investigación teórica, para luego validarlas, y sobre los resultados obtenidos elaborar las conclusiones.

1.4.1 Estudio de caso

¹⁵ La **simulación** corresponde a la capacidad del sistema de replicar suficientes aspectos de la realidad como para convencer al usuario de que ésta constituye una situación paralela, siendo clave para ello que las reglas que la rige sean iguales a las de la vida real.

¹⁶ La **interacción**, implica la posibilidad de tener control sobre el sistema creado y, por ende, que los cambios producidos en el mundo virtual dependan del usuario.

¹⁷ La **percepción** corresponde al elemento más definitorio para un sistema de RV y consiste en la capacidad del sistema de estimular los sentidos del usuario de modo de lograr que el sujeto experimente una sensación de “inmersión” en un ambiente digital, es decir, la sensación de estar experimentando el ambiente, y ser simplemente un observador. (Parra, García & Santelices, 2001; Lavroff, 1994).

El estudio de caso se realiza al momento de considerar que la aplicación desarrollada se encuentra en una versión estable. En etapas previas, los prototipos desarrollados se someten a distintos testeos, que se llevan a cabo en el laboratorio *III-LIDI*, del cual forman parte la directora y el asesor profesional de la tesis, con el objetivo de evaluar: jugabilidad, usabilidad, objetivo educativo, cuestiones de diseño, entre otros.

La versión estable de la aplicación, en una primera instancia, fue evaluada en La Asociación Civil “*El Roble*” de la ciudad de la Plata, con niños/as de entre 6 y 12 años, luego en la escuela Nro. 17 Ignacio Gorriti de Berisso con niños/as de entre 8 y 9 años, para luego evaluarla en otras instituciones con niños/as del mismo rango de edad. Para la prueba, se divide a los/as niños/as en grupos, cada grupo está a cargo de un facilitador/a, que lo/la acompaña para asesorar en cuanto a dudas o situaciones que pueden surgir durante el uso de la aplicación.

Durante la experiencia, cada facilitador/a, realiza un relevamiento sobre el disfrute, usabilidad y jugabilidad que experimentan los usuarios, de modo de ir perfeccionando el diseño para sus versiones futuras. Además, se estudian los conceptos recordados por los/as niños/as luego de utilizar la aplicación y los aspectos a los que han atendido a través de los diferentes canales sensoriales involucrados. Para ello, se proponen los siguientes métodos para evaluar la usabilidad y la experiencia del usuario sobre el uso de la APP:

- Cuestionarios: cuyo objetivo es evaluar la utilidad de la aplicación, de acuerdo a los objetivos para la cual fue diseñada.
- Método 3E (*Expressing Experiences and Emotions*): el usuario recibe una plantilla pictórica simple, en forma de un cuerpo humano esbozado, sobre la cual puede expresar emociones y percepciones sentidas durante la experiencia.
- IMI (*Intrinsic motivation inventory*): para medir interés, diversión, el esfuerzo, la presión y la tensión sentidas, y así analizar la motivación intrínseca.

Una vez obtenidos todos los registros se analizan los datos obtenidos y se elabora la síntesis de los resultados.

1.4.3 Selección de la bibliografía

El proceso de selección del material bibliográfico con el cual se trabaja en esta tesis, se basa en la propuesta realizada por Barbara Kitchenham (2009), que es aplicada en varios trabajos de grado y postgrado de la Facultad de Informática de la UNLP (Assinnato, Sanz, Martin y Gorga, 2018; Astudillo, Sanz & Santacruz-Valencia, 2016; Pagnutti, Trabucco & Bibbó, 2016; Herrera, Sanz, Fénnema & Luna, 2016), y en otras instituciones y artículos de investigación.

Las ventajas de utilizar esta práctica, radican en la posibilidad de explicitar y ordenar el proceso, otorgando mayor rigurosidad en el trabajo de tipo intelectual, de forma de evitar caer en la imposibilidad de establecer explicaciones posteriores sobre fuentes consultadas y las ecuaciones de búsqueda encontradas. Esta rigurosidad es lo que distingue al método de otras búsquedas tradicionales e incrementa la probabilidad de detectar estudios primarios correspondientes al área de interés. Además, brinda la posibilidad de identificar vacíos en la investigación actual, examinar coincidencias y contradicciones en distintos trabajos y ayuda en la generación de nuevas preguntas. Sin embargo, estas prácticas requieren de la necesidad de establecer un umbral que condicione los resultados de la búsqueda bibliográfica. Para ello a continuación, se define una serie de interrogantes que contienen los criterios apropiados para la inclusión y/o exclusión de bibliografía utilizada.

1.4.3.1 Preguntas de investigación para la revisión bibliográfica

En relación a los objetivos planteados en el inciso 1.3, se definen las preguntas de investigación, que cuentan con los criterios apropiados que determinan la inclusión/exclusión de la bibliografía consultada, a saber:

1. Desde una perspectiva teórica y de construcción de estado del arte en relación al foco de la tesis:
 - a. ¿Qué es la Realidad Virtual (RV)? ¿Qué motiva la integración de esta tecnología en escenarios educativos y en otros ámbitos de formación?
 - b. ¿En qué disciplinas y niveles educativos se está integrando la RV? ¿Quiénes son sus destinatarios?
 - c. ¿Cuáles son las estrategias y metodologías que se utilizan para integrar RV para un determinado contexto educativo? ¿Qué contextos son los más elegidos para implementar este tipo de experiencias? ¿Por qué?
2. Desde una perspectiva orientada a las experiencias educativas se han llevado a cabo a lo largo de estos años con esta tecnología:
 - a. ¿Qué aspectos se evalúan en estas experiencias y con qué técnicas e instrumentos?
 - b. ¿Las técnicas/ instrumentos son construidas/os ad-hoc o son estandarizadas/os?
 - c. ¿Cuáles han sido los principales resultados obtenidos?
 - d. ¿Qué herramientas se utilizaron para el desarrollo de las experiencias?
 - i. ¿Hay trabajos que comparen específicamente herramientas para el desarrollo de aplicaciones de RV?
 - ii. ¿Qué resultados se obtienen?

1.4.3.2 Preguntas de investigación en relación con estudio de caso

En relación con la aplicación de RV inmersiva que forma parte de esta tesis, para llevar a cabo el estudio de caso, se indagan las siguientes preguntas de investigación:

- A. ¿Qué aportes y limitaciones se encuentran en experiencias de RV cuando se trabaja en nivel primario y/o inicial?
- B. ¿Cuáles son las valoraciones que realizan los/as niños/as de sus percepciones visuales, auditivas y de inmersión en general cuando trabajan en experiencias de RV educativas?
- C. ¿La inclusión de elementos lúdicos resulta atractiva para los/as niños/as en este tipo de aplicaciones?
- D. ¿Qué contenidos educativos trabajados durante la experiencia los/as niños/as sienten/opinan que fueron aprendidos?
- E. ¿Cómo se relaciona la opinión de los/as niños/as respecto de lo que aprendieron, con los objetivos educativos para los cuales se diseñó la experiencia de RV?

1.4.3.3 Fuentes bibliográficas

Se utilizaron las siguientes fuentes documentales digitales/electrónicas para la localización de los documentos bibliográficos:

- *IEEE Xplore digital library*¹⁸
- *Springer*¹⁹
- *ACM Digital Library*²⁰
- *Web of Science*²¹
- *Scopus*²²

¹⁸ [IEEE Xplore digital library](#)

¹⁹ [Springer](#)

²⁰ [ACM Digital Library](#)

²¹ [Web of Science](#)

²² [Scopus](#)

- ERIC²³

Las bases de datos anteriormente mencionadas, fueron seleccionadas por ser bibliotecas digitales que brindan acceso a artículos publicados en revistas y actas de congresos reconocidos por la comunidad científica internacional. También se consultó en la Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET), el Repositorio institucional del Ministerio de Educación y el Repositorio Institucional de la Universidad de la Plata. Asimismo se realizaron búsquedas utilizando el motor de búsqueda Google Académico.

Los idiomas elegidos fueron español e inglés y los tipos de documentos: actas de congreso, artículos de revistas, libros/capítulos de libros, reportes de investigación entre 2013 y 2019 inclusive, en donde se ha visto que se encuentra el núcleo actual de experiencias para poder responder a las preguntas de investigación.

1.4.3.4 Palabras claves

De los interrogantes planteados en el inciso anterior, surgen las palabras claves que se utilizan en la búsqueda bibliográfica: Realidad Virtual/*Virtual Reality*/VR, aprendizaje/*learning*, educación/*education*, enseñanza/*teaching*, aula/*classroom*, escuela/*school*, inmersivo/*immersive*. Con estos descriptores, se forjan las cadenas de búsqueda bibliográfica:

- “*Virtual Reality*”
- “*Virtual Reality*” AND “*immersive*”
- “*Virtual Reality*” AND “*immersive*” AND “*learning*”
- “*Virtual Reality*” AND “*immersive*” AND “*education*”
- “*Virtual Reality*” AND “*immersive*” AND “*school*”

1.4.3.5 Criterios de inclusión/ exclusión

Se respetarán los siguientes criterios para la inclusión de artículos:

- Artículos que demuestran ventajas y también desventajas de la integración de experiencias de RV en entornos educativos y de formación.
- Artículos que justifican el porqué de la implementación de la experiencia de RV en el contexto educativo particular, poniendo foco en los procesos cognitivos del estudiante que se ven afectados directamente, con el uso de esta tecnología.
- Artículos que incluyen diversas metodologías para integrar la experiencia de RV dentro de un contexto de aprendizaje.
- Artículos que incluyen instrumentos *ad-hoc* o estándares para evaluar la experiencia de RV, además de herramientas para el desarrollo del sistema de RV.

Se respetarán los siguientes criterios para la exclusión de artículos:

- Idioma del artículo.
- Artículos para los cuales, no se ha podido acceder de forma completa a su contenido.
- Artículos de carácter informal.
- Artículos que no cumplan con los objetivos que se persiguen con esta tesis.

1.4.3.6 Proceso de selección preliminar

²³ [ERIC](#)

Se realiza un proceso de selección preliminar en el que se aplican las cadenas de búsqueda en las fuentes que se seleccionan. Para cada una de las publicaciones que arroja el proceso de búsqueda se lee: el título, resumen y las palabras claves; luego se procede a la inclusión/exclusión del mismo, y se descarta aquellos artículos/ publicaciones o materiales, que no responden a las preguntas de investigación establecidas o a los cuales no se puede acceder de forma completa. Mediante el proceso anterior, se genera el listado de artículos para su lectura completa.

La lectura de los artículos, a su vez, motiva la selección de otros trabajos de investigación presentes en las referencias o bibliografía del mismo. Además, se realiza una búsqueda basada en los/as autores/as para identificar estudios relacionados/derivados acerca de la temática que han sido desarrollados por el mismo autor.

1.4.3.7 Proceso de selección final

Los artículos aprobados en el proceso de selección preliminar fueron sometidos a una lectura completa. En esta etapa se volvieron a aplicar los criterios de inclusión/exclusión, de manera que si no estaban relacionados con los objetivos de la investigación, el artículo se descartó.

1.5 Estructura de la tesis

Esta tesis está organizada en ocho capítulos y dos anexos: I. Introducción, II. Marco Teórico sobre la Realidad Virtual, III. Experiencias de Realidad Virtual en contextos educativos y de formación, IV. Diseño y desarrollo de HuVi, V. Estudio de caso, VI. Resultados, VII. Conclusiones y trabajos futuros, y VIII. Bibliografía.

El Capítulo I presenta los objetivos y la motivación que dan el punto de partida para esta tesis. El capítulo se divide en cinco secciones. En la primera y segunda sección se exponen las conceptualizaciones principales de la temática y las motivaciones, en una segunda sección, se presentan los objetivos, en una tercera, la metodología de investigación llevada a cabo y se concluye el capítulo con una última sección en la que se describe la estructura de la tesis.

Con el objetivo de fundamentar la aplicación de la RV como herramienta mediadora dentro de contextos educativos y de formación, en particular la RV inmersiva, se comienza por realizar una primera revisión teórica a partir de la cual se puede explicar su origen, sus primeras implementaciones, para luego dar fundamento a las bases de su uso en estos contextos. Dicha revisión se resume en el Capítulo II, donde se presentan los fundamentos teóricos y se aporta a la construcción de estado del arte en la temática. Está orientado por las preguntas de 1 a, b y c, Sección 1.4.3.1 que originan los objetivos específicos 1, 2, 3 y 4, presentados en este capítulo. Su estructuración es la siguiente: este capítulo expone el marco teórico del tema principal sobre el cual se basa esta tesis: RV y se divide en cuatro secciones. En la primera sección se presentan las definiciones más relevantes de RV, sus motivaciones y su aplicación en diversos contextos, para luego, en una segunda sección exponer la RV con un enfoque de mediadora en los procesos de enseñanza y aprendizaje y las teorías que fundamentan y motivan su aplicación. En una tercera sección, se presentan las razones por las cuales aplicar o no la RV en estos contextos, para concluir con la presentación de un modelo de aplicación. Se da cierre a este capítulo con la presentación de las diversas áreas en que se está utilizando la RV.

Para alcanzar el objetivo 5, e indagar sobre los aspectos vinculados con las experiencias de RV educativas y de formación, recuperadas de la revisión de la literatura, y que se han llevado a cabo a lo largo de estos años, se realiza una segunda revisión sistemática. A través de ésta, se da respuesta al segundo grupo de preguntas formuladas en la sección 1.4.3.1. Los resultados se resumen en el Capítulo III. Su estructuración es la siguiente, en la primera sección, se introduce el capítulo con una breve presentación de distintos entornos inmersivos de RV, dentro de contextos educativos y de formación, luego se continúa con otra sección en la cual se definen distintos criterios de análisis agrupados en 3 categorías, para revisar cada una de las 10 experiencias seleccionadas en la revisión de la literatura siguiendo el protocolo de Kitchenham (2009), y bajo la consideración de los criterios de inclusión/ exclusión definidos en el cap. I; luego en las secciones siguientes se describe cada experiencia. Al finalizar se realiza un análisis en función de las categorías y criterios planteados por la autora de esta tesis. Finalmente, se realiza un resumen de los resultados obtenidos

de las 10 experiencias analizadas, y se concluye con una visión más general sobre todas las experiencias estudiadas a lo largo del capítulo.

Cabe aclararse que para la realización de las revisiones sistemáticas anteriormente mencionadas, se comienza por indagar diferentes libros, artículos de investigación y revisiones teóricas, a fin de obtener una visión amplia del objetivo principal de estudio de esta tesis. Esta revisión posibilita la recopilación de un conjunto de fuentes primarias a partir de la exploración mediante los descriptores definidos en la sección 1.4.3.3, además de citas y referencias. Luego, se aplican diferentes criterios de inclusión/ exclusión, definidos en la sección 1.4.3.3, para luego proceder con la lectura completa de este corpus y a una selección final de la bibliografía, a fin de identificar, analizar, resumir, y presentar los elementos teóricos que sustentan este trabajo. Los recursos teóricos fueron obtenidos de bases de datos científicas que se listan en la sección 1.4.3.4.

En el capítulo IV se realiza una descripción del diseño y desarrollo de HuVi (Huellas Virtuales), luego se expone la motivación que da origen al juego. En las siguientes secciones de este capítulo, se describe el equipo interdisciplinario que forma parte del proyecto, la funcionalidad de HuVi, sus características principales, un recorrido por la aplicación y el mapa de navegación. Se finaliza el capítulo con una sección destinada a las herramientas de desarrollo utilizadas y las pruebas de laboratorio desarrolladas, dando respuesta al objetivo específico 6.

El capítulo V, se destina al estudio de caso, en la primera sección se presentan sus objetivos, para luego en la sección 5.2 describir las técnicas e instrumentos de evaluación utilizados con el grupo destinatario. Se concluye con una sección destinada al diseño y organización de la actividad para la realización del estudio de caso, su diseño que forma parte de una actividad educativa basada en acercar el patrimonio de la Argentina a través de talleres en los que se utiliza HuVi. Al finalizar, se describe la forma en que se han administrado los instrumentos de recogida de datos, en cada sesión con la finalidad de abordar las preguntas que orientan el estudio de caso.

El capítulo VI, presenta el análisis de los resultados obtenidos del estudio de caso, a través de cada uno de los instrumentos definidos en el capítulo anterior, se busca conocer cómo resulta la experiencia para los participantes, en términos de motivación intrínseca, aprendizaje y elementos de preferencia y a los que atendieron durante el uso de HuVi. Para guiar la presentación de los resultados, se utilizan las preguntas de investigación planteadas. Se finaliza el capítulo con las conclusiones obtenidas y un resumen del capítulo.

El recorrido presenta finalmente las conclusiones y trabajos futuros, en el capítulo VII, junto con algunas publicaciones realizadas durante el proceso de tesis.

Capítulo II: Marco teórico sobre la Realidad Virtual

Resumen

La elección del conjunto de publicaciones que se analizan en este capítulo, tuvo un proceso de selección basado en la definición de criterios de inclusión y exclusión detallados en el primer capítulo. Para esta primera revisión se obtuvieron 36 publicaciones, de un total de 64, que se utilizan a lo largo de toda la tesis, con el objetivo de dar respuesta al primer grupo de preguntas formuladas en la Sección 1.4.3.1, del capítulo I y que se vinculan con los objetivos específicos 1, 2, 3 y 4.

En el presente capítulo se describe el marco teórico que da contexto a esta tesis. El capítulo se estructura en cuatro secciones. En la primera sección, se presentan las definiciones más relevantes de RV desde su origen hasta la actualidad, sus motivaciones y su aplicación en diversos contextos, para luego, en una segunda sección describir a la RV como mediadora en los procesos de enseñanza y aprendizaje, junto con las teorías de aprendizaje, que fundamentan y motivan su aplicación. En una tercera sección, se presentan las razones por las cuales aplicar o no la RV en estos contextos, para concluir con la presentación de un modelo de aplicación. Se da cierre a este capítulo con la presentación de las diversas áreas en que se está utilizando la RV.

2.1. Definiciones de Realidad Virtual

A continuación, se presentan distintas definiciones de RV, expresadas por autores/as que han realizado aportes interesantes en este contexto. Podemos considerar, que van de una definición simple para llegar a una que conjuga todas las propiedades claves, mencionadas frecuentemente por los/as autores/as, que caracterizan a la RV:

"Un entorno creado por una computadora u otro medio, un entorno en el que el usuario se siente presente" (Biocca, 1992).

"Entorno y simulación por computadora, de los mecanismos sensoriales de los hombres, que proporcionan a los usuarios la sensación de inmersión, proporcionando también la capacidad de interactuar con entornos artificiales" (Rios, 1994).

"Una interfaz de usuario de alta gama que implica simulación e interacción en tiempo real a través de múltiples canales sensoriales" (Burdea & Coiffet, 1994).

"Una forma de simulación altamente interactiva y dinámica en la que se puede ingresar a un mundo o entorno generado por computadora, y explorar los objetos tridimensionales (3-D) dentro de él, mediante los sentidos visuales, auditivos y hápticos (tacto)" (Hoffmann & Hu, 1997).

"La realidad virtual es una forma de simular o replicar un entorno con el que una persona puede explorar e interactuar" (Lee & Wong, 2014).

"Entorno de simulación tridimensional en el que los usuarios pueden sentirse cerca de experiencias de la vida real en un mundo artificial desarrollado con diferentes dispositivos y equipos de visualización, así como interactuar con otros objetos." (Ritz, 2015)

En base a las definiciones anteriores se decidió adoptar la definición de LaValle (2017), a continuación, que conjuga todos los aspectos anteriormente mencionados por los distintos/as autores/as. LaValle en su

libro, construye un concepto para la RV lo suficientemente general, que captura los aspectos más importantes de ésta, y abarca lo que la RV se considera hoy y lo que se prevé para su futuro. Cabe aclararse que la primera parte de la definición se toma de Ritz (2015).

La RV genera un entorno de simulación tridimensional que busca: "Inducir un comportamiento dirigido en un individuo mediante el uso de estimulación sensorial artificial, mientras que el individuo tiene poca o ninguna conciencia de la interferencia". (LaValle, 2017)

En la definición anterior podemos observar cuatro componentes claves:

- **Comportamiento dirigido:** el individuo participa de una determinada "experiencia", donde él/ ella es el/la protagonista. Por ejemplo, puede realizar acciones como volar, caminar, explorar, mirar una película, socializar con otros/as individuos, entre otros.
- **Individuo:** en el entorno simulado el individuo puede estar representado como el mismo individuo, otra persona o incluso otra forma de vida, un animal, un objeto, entre otros.
- **Estimulación sensorial artificial:** uno o más sentidos del individuo son "involucrados", para ser estimulados y que la persona sienta que está interactuando y percibiendo ese entorno artificial.
- **Conciencia:** al estar dentro de la experiencia, el individuo parece no ser consciente de la realidad, por lo que se "engaña" a sus sentidos para que esté "presente" en el entorno virtual. Esto se vincula con la sensación de inmersión.

En la Fig. 2.1 y 2.2, se pueden observar distintos sistemas inmersivos de RV.



Figura 2. 1. Un usuarios utilizando un sistema de RV inmersivo, mediante gafas de RV y una estructura que sostiene su cuerpo, experimentan estar volando. **Fuente:** <https://www.shutterstock.com/>



Figura 2. 2. (Izquierda) Mujer que experimenta estar manejando, sobre un auto que no se mueve. **(Derecha)** Mujer experimenta estar conduciendo, utilizando otros dispositivos para simular el volante del vehículo. **Fuente:** <https://www.shutterstock.com/>

Es importante resaltar que hay una serie de características que presentan las definiciones previas que se han ido destacando y que completan la definición adoptada. Éstas se describen a continuación.

2.1.2 Factores que caracterizan a los Sistemas de Realidad Virtual y la distinguen de otros sistemas tecnológicos

La RV es considerada más que solo una tecnología, constituye un paradigma de interacción persona-ordenador, y cuenta con una serie de propiedades que la caracterizan:

- **Inmersión:** la inmersión es el elemento central de la RV y que la distingue de otras tecnologías, proporcionando al usuario la sensación de estar dentro de un mundo artificial en 3D. Las aplicaciones de RV se atribuyen un efecto inmersivo, proporcionando una clase de interacciones que es similar a nuestra interacción natural con objetos del mundo real.

Se puede considerar que la inmersión es una conjunción de dos factores: **un factor tecnológico y el factor psicológico que se genera en el usuario**. La capacidad tecnológica de inmersión que un sistema de RV brinda a los usuarios, implica que el usuario esté rodeado por un entorno virtual eliminando las barreras entre el mundo virtual y el mundo real. Slater & Wilbur (1997) definen a la inmersión como una característica técnica en un sistema de RV y entienden que la sensación de presencia es la consecuencia de una tecnología inmersiva (Cecil, Ramanathan & Mwavita, 2013). Por otro lado, Murray (1997), define a la inmersión como un estado en el que un usuario se siente rodeado de otra realidad que reclama toda su atención, Witmer & Singer (1998), describen a la inmersión como un "estado psicológico" y afirman que el grado de sensación en el que se sienten inmersos en el entorno virtual, aumentará al aislar efectivamente a los usuarios del mundo real. A una mayor sensación de inmersión se producirá niveles más altos de presencia en el mundo virtual (Wirth & Hofer, 2009).

La eliminación de la típica "interfaz de usuario" de computadora es una condición necesaria para la inmersión. Estos mundos inmersivos se obtienen mediante la creación y el envío de imágenes y videos, al sentido visual del usuario, lo que proporciona sensación de profundidad, perspectiva y dimensión. Los sistemas inmersivos de RV, permiten al usuario descubrir, explorar, cualquier lugar dentro de la estructura ensamblada, cruzar paredes, flotar, levitar hacia el cielo, traspasar el núcleo de la tierra, etc.

- **Presencia:** son varios/as los/as autores/as que definen la “presencia” dentro del contexto de RV, tales como Blascovich (2002), Heeter (1992), Slater (1999), Steuer (1993), Winn (1993) y Witmer & Singer (1998). Estos indican que la presencia en este contexto, se define como la experiencia subjetiva de estar en un lugar o entorno, cuando se está físicamente situado en otro (Witmer & Singer, 1998). Este concepto tiene su origen en la investigación tecnológica en los inicios de la RV, aproximadamente en los años 70. La presencia es el concepto más influenciado e investigado en el campo de los entornos virtuales y a diferencia de la inmersión, la presencia se entiende comúnmente como una variable de usuario, y no como una característica tecnológica. Cuanto mayor es la inmersión de un medio, más probable es que el usuario experimente presencia dentro del entorno virtual (Schubert & Crusius, 2002). Crear una sensación de presencia a través de la inmersión es una de las principales motivaciones para utilizar la RV tanto para el escenario educativo como en otros dominios. La presencia ocurre cuando una persona es incapaz de diferenciar la información sensorial de una mediada por hardware, interpretando la entrada virtual como si fuera del mundo real (Chertoff, Schatz, McDaniel & Bowers, 2008). Pan & Col. (2016), en sus estudios, descubrieron que las deficiencias en la presentación visual de los contenidos, limitaban la sensación de presencia que sentían los usuarios durante la experiencia de RV. Al evaluar un videojuego educativo, Fernandes et al. (2016) descubrieron que muchas veces, los usuarios mientras usan los HMD, y al sentirse observados por otros, se limitaba la sensación de presencia en el entorno virtual. Otro factor importante, es el ponerse de pie, en lugar de sentarse, conduce a una mayor sensación de presencia (Reiners et al. 2014). La presencia virtual describe la percepción de estar involucrado (una sensación de control dentro de un entorno virtual con mínimas distracciones) y sumergido (compromiso sensorial de entrada múltiple que proporciona realismo aparente de objetos e interacciones) en un entorno virtual. En éste, los sentidos actúan como si percibieran una realidad física. (Sherman et al. 2009). Cuando un usuario informa que la experiencia virtual de realizar una tarea o función, se siente tan auténtica como la experiencia real (McCreery, Schrader, Krach y Boone, 2013), ahí es donde presencia virtual está presente (Fowler, 2014).

Por otro lado, es importante mencionar que la sensación de presencia varía entre individuos en entornos virtuales similares o idénticos (Ling, Nefs, Brinkman, Qu & Heynderickx, 2013; Wallach, Safir & Samana, 2010). Piaget (1962) postuló que desde la adolescencia tardía y hasta la edad adulta es cuando ocurre esta etapa final del desarrollo cognitivo (procesamiento operativo formal). En esa etapa es cuando se logra la abstracción de conceptos intangibles, y la experiencia sobre cómo uno ve el mundo más allá de sí mismo. Esta etapa es de particular interés en la investigación en los entornos de RV, ya que puede proporcionar información sobre la capacidad de los adolescentes para diferenciar mentalmente la RV de la realidad, influyendo en sus percepciones de presencia (Curcio, Dipace & Norlund, 2016). Por otro lado, Janssen et al. (2016) descubrieron en su investigación, que las personas con personalidades más ansiosas o reservadas, no solo tuvieron una experiencia menos positiva en la RV, sino que también se sintieron menos inmersas.

- **Navegación:** es la propiedad en la RV que le permite al usuario cambiar su punto de observación.
- **Manipulación:** característica que posibilita la interacción y transformación del entorno virtual.
- **Interacción:** un factor importante en los entornos de RV. Permitir que el usuario controle o realice acciones sobre o con el entorno y elementos del mismo (objetos). La ausencia de interacción reduce el sistema a una película o video. Para permitir la interacción, se pueden usar varios dispositivos, desde controles manuales, guantes de datos, trajes especiales, entre otros.
- **Percepción:** uno de los factores más importantes. Algunos sistemas están dirigidos directamente a los sentidos (visual, táctil, auditivo); otros sistemas intentan llegar a la mente directamente, evitando interfaces sensoriales externas, y aún otros, más humildes, recurren a la fuerza de la imaginación para permitir que los seres humanos vivan una experiencia de RV.

- **Simulación:** los mundos simulados no tienen que adaptarse necesariamente a las leyes físicas naturales, siendo ésta la característica que hace que la RV sea aplicable a cualquier actividad humana. La RV es mucho más que una simple simulación, ofrece interacción con el modelo y permite que los usuarios experimenten esa sensación de presencia dentro del mundo virtual. Posibilitando la realización de tareas dentro de un mundo remoto, o creado por una computadora, o una combinación de ambos a la que se menciona como simulación.

De esta manera la definición de realidad virtual que se propone en esta tesis es:

“La Realidad Virtual crea un contexto en el que un individuo experimenta la sensación de estar inmerso en un entorno virtual 3D, mediante la estimulación sensorial artificial; experimentando la sensación de presencia y la capacidad de interactuar y manipular los objetos del entorno, dentro de un contexto simulado, teniendo poca o ninguna conciencia del exterior”.

2.1.3 Tipos de Realidad Virtual

De acuerdo con sus propiedades un sistema de RV puede clasificarse en las siguientes categorías:

- **Sistemas RV de escritorio (no inmersivos):** en este tipo de aplicaciones, el usuario no está rodeado por el entorno virtual sino que el usuario interactúa con un entorno que se muestra en el monitor de una computadora, mediante el uso del teclado, el mouse, el joystick o pantalla táctil (Lee y Wong, 2014; Lee, Wong y Fung, 2010). En la Fig. 2.3 podemos ver un ejemplo de este tipo de sistemas.



Figura 2.3. Sistemas no inmersivos de RV. En la imagen se ve un chico jugando a un videojuego con los accesorios convencionales (teclado, auriculares y micrófono). **Fuente:** <https://www.shutterstock.com/>

- **Sistemas inmersivos de RV:** son aquellos que sumergen o introducen al usuario en una relación cercana con el mundo virtual al que se enfrentan, mediante el uso de dispositivos HMD, al obtener la orientación y posición de la cabeza del usuario, a partir de un sistema de seguimiento que puede ser parte del casco o bien un dispositivo que se acopla a éste (Sousa et al. 2008; Fernandes, Raja, & Eyre, 2003), además de trajes, guantes que perciben los gestos del cuerpo, sistemas de procesamiento de sonido, permitiendo a las personas ver, escuchar y sentir estímulos digitales como si estuvieran en el mundo físico dando al participante esa sensación de presencia dentro del mundo virtual y aislándolo del mundo real. Para una inmersión completa en un mundo virtual, los cinco sentidos deberían estar

involucrados. Sin embargo, la mayoría de los entornos de RV de la actualidad no los abordan todos, sino que generalmente se centran en dos: la vista y el oído.



Figura 2.4. Sistemas de RV, inmersivos en donde los usuarios interactúan con un contexto virtual. **Fuente:** <https://www.shutterstock.com/>

- **Sistema CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) (semi-inmersivo):** Entre las herramientas que admiten el enfoque inmersivo de RV se encuentran los entornos virtuales automáticos CAVE, en donde el usuario se encuentra en una habitación donde todas las paredes, así como el piso, son pantallas de proyección (o pantallas planas). El usuario, utiliza gafas 3D, y se siente inmerso en un mundo proyectado donde puede moverse libremente, interactuar con objetos que están “flotando” y que se pueden observar desde todos los ángulos. Sin embargo, estos entornos CAVE siguen siendo bastante costosos y, necesitan tener un espacio específico dedicado a ellos, ya que no se pueden trasladar fácilmente (Freina, Ott, 2015).

En la **Fig. 2.5.** A continuación, se puede observar una imagen de sistema CAVE.

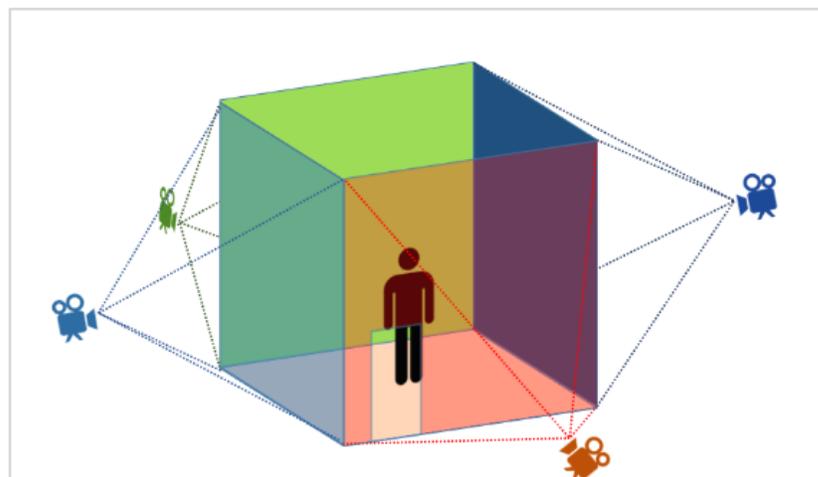


Figura 2.5. Estructura del Sistema CAVE. **Fuente:** <https://www.themarketingtechnologist.co/virtual-reality-connecting-unity-to-the-cave/>



Figura 2.6. Distintos Sistemas CAVE. **Fuentes:** https://www.researchgate.net/figure/Un-utilisateur-au-milieu-dun-Cave-Automatic-Virtual-Environment-trois-faces_fig16_278618235; <https://www.redcenit.com/entorno-virtual-immersivo-y-eso-que-es/>; <https://dailyowan.com/2019/10/27/advanced-virtual-reality-tech-helps-ui-scientists-study-pedestrian-behavior/>; <http://anettevonkapri.org/projects/radio/radio.html>;

2.2 Áreas de aplicación

De acuerdo con el estudio bibliográfico llevado a cabo, en sus comienzos, las aplicaciones de RV fueron experimentadas para entrenamiento militar con soporte de simulación, para luego implementarse en una amplia variedad de áreas, como soporte para entrenamiento, aprendizaje y capacitación (Kavanagh, Luxton-Reilly, Wuensche, 2017; Sala, 2016). Se toma como referencia la revisión sistemática de Kavanagh et al. (2017), en donde se realiza un análisis exhaustivo sobre las áreas de aplicación en el ámbito educativo, las implementaciones analizadas allí indican que la RV se ha aplicado aproximadamente en 40 dominios, siendo algunos contextos más frecuentes que otros.

- Salud: Educación quirúrgica, Educación Física, educación de Enfermería, Rehabilitación, Nutrición, Medicina, en general.
- Ingeniería: Aviación, Arquitectura, Robótica, Construcción, maquinaria, Minería, Ingeniería mecánica, Ingeniería química, Ingeniería de procesos, automotor.
- Ciencias: Astronomía, Ciencias de la Computación, Física general, Educación energética, Geometría, Matemática, en general.
- Otras áreas de aplicación: Seguridad, Historia, Psicología, Turismo, Música, Arte, medioambiente, idiomas, entretenimiento y diversión, entre otras.

A continuación en el Fig.2.7, se observa en el gráfico el porcentaje de aplicación de la RV en las distintas áreas.

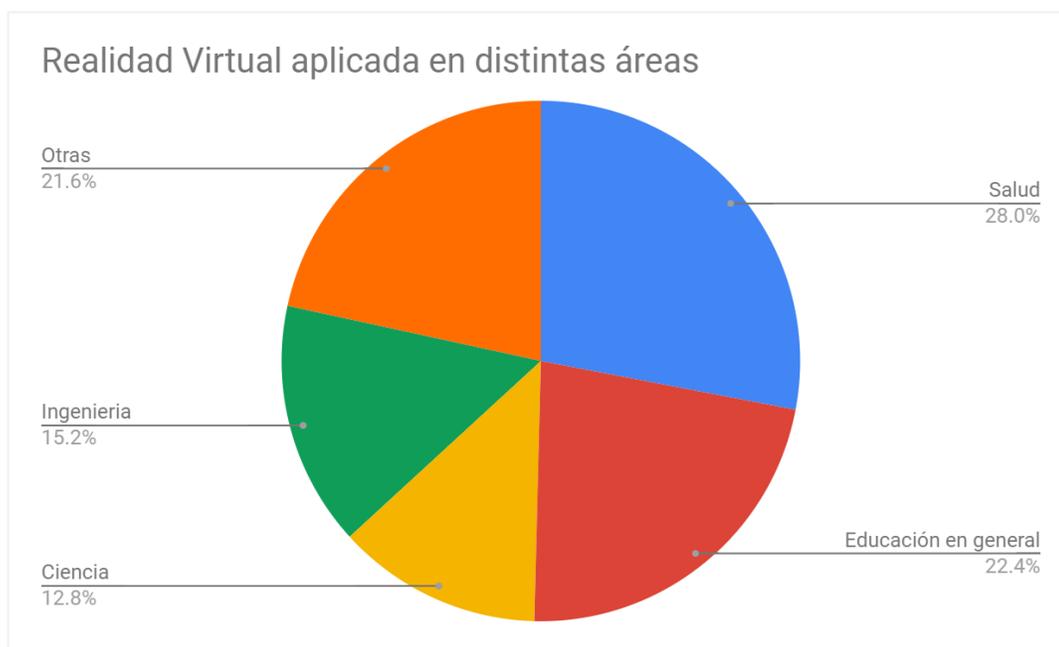


Figura 2. 7. Áreas de aplicación de la RV, expresadas en porcentajes de aplicación. **Fuente:** Tomado de Kavanagh et al. (2017)

Desde una perspectiva educativa, algunos ejemplos son: en educación médica, los/as estudiantes pueden estudiar a cadáveres virtuales o interactuar con un cuerpo humano “vivo”, experimentando situaciones realistas. Por otro lado, en Matemáticas para enseñar conceptos abstractos que resultan complejos de comprender por el/la alumno/a, en Historia, para una mejor comprensión y la vivencia de los fenómenos históricos; también para enseñar sobre formaciones geográficas, entre otros.

2.3. La Realidad Virtual como mediadora en los procesos educativos y de formación

2.3.1 Motivación de la Realidad Virtual en el ámbito educativo

Las investigaciones hasta el momento, han demostrado que las aplicaciones de RV son efectivas en múltiples niveles de educación y formación, con un alto grado de aceptación por parte de los/as estudiantes (Kavanagh, Luxton-Reilly & Wuensche, 2017). Una característica importante en las aplicaciones de RV para el escenario educativo es la interacción por parte de usuario con el mundo virtual. Esta interacción fomenta el compromiso activo, que es deseable para el aprendizaje (Pantelidis, 2009). El uso de la RV en la educación es el núcleo de lo que se ha denominado entornos de aprendizaje de RV o VRLE (*Virtual Reality Learning Environments*) (Huang et al., 2010). Un VRLE es un entorno que proporciona un contexto 3D inmersivo con el que los/as estudiantes son capaces de interactuar. La RV posibilita experiencias inmersivas e interactivas (Zeltzer, 1992), que juntas, contribuyen al estado psicológico para alcanzarla presencia virtual (Witmer & Singer, 1998).

Las propiedades intrínsecas y el mecanismo cognitivo de la RV, permiten a los/as alumnos/as concentrarse conscientemente en lo que están experimentando y participar en un aprendizaje más significativo (Tapscott, & Williams, 2010). Moreno y Mayer (2002) afirman que los/as estudiantes que aprenden participando en la tarea con un mayor sentido de estar sumergidos dentro del contexto, aprenden más profundamente que los/as estudiantes que lo hacen desde un rol de observadores (Chung, 2012; Falah et al., 2014). Por otro lado, la RV, proporciona al estudiante una experiencia de aprendizaje más personalizada, en la cual el/la alumno/a se desenvuelve en un entorno virtual de acuerdo a sus necesidades (Pashler, McDanie, Rohrer & Bjork, 2008). Bell et al. (1996) afirman que la RV tiene el potencial de ser una herramienta poderosa, ya que permite un aprendizaje basado en la experiencia, al abordar las necesidades de los/as estudiantes con estilos de aprendizaje alternativos, mejorando al mismo tiempo la vinculación con los

contenidos educativos (Shen, Ho, Kuo, Luong, 2018). Las aplicaciones de RV pueden permitir a los/as estudiantes explorar y aprender a su propio ritmo y repetir las experiencias tantas veces como lo deseen (Tredinnick et al., 2014). Esto resulta atractivo tanto para los/as estudiantes como para los educadores, ya que les permite enseñar diferentes habilidades (Angeloni et al., 2012; Chang et al., 2014; Chung, 2012; Gieser et al., 2013; Perez-Valle & Sagasti, 2012).

La RV coloca al usuario en un entorno 3D sintético sin restricciones, iguales o completamente diferentes de la realidad, donde él es libre de seleccionar su propio camino, para explorar de manera independiente, en cualquier momento y de la forma que más le guste. Por lo tanto, el usuario crea reconstrucciones del mundo sintético que encuentra. El aprendizaje en dicho entorno es un proceso dinámico determinado por el usuario que establece los objetivos y los cambia a voluntad según las posibilidades del sistema, de esta forma los resultados del proceso educativo pueden diferir de un individuo a otro. La RV, facilita el aprendizaje a través del compromiso, la inmersión y la interactividad (Shen, Ho, Kuo, Luong, 2018).

En síntesis, las experiencias educativas de RV proporcionan oportunidades de aprendizaje interactivo, apoyado en un entorno exploratorio y atractivo, aumentando la comprensión teórica a través de la experiencia y basado en la práctica. El aprendizaje activo, la interactividad y una experiencia de aprendizaje personalizada son ventajas de la RV (Kapil, Frady, Hartley, Bertrand, Alfred & Gramopadhye, 2017). A través de éstas se enfatiza el compromiso, una mayor atención del alumno/a y la apropiación de los conocimientos. Además, las aplicaciones de RV, permiten adquirir habilidades de pensamiento crítico, ya que el diseño del aprendizaje está centrado en el estudiante (Freina & Ott, 2015).

De las tecnologías educativas que se utilizan actualmente, la RV es considerada una de las más prometedoras debido a su capacidad de sumergir a los/as alumnos/as en el entorno que están estudiando, por ejemplo: en ciudades antiguas, entornos de fabricación o una mirada al cuerpo humano, entre otros. La investigación sobre la efectividad de las herramientas educativas basadas en la RV, han demostrado beneficios tangibles, como la mejora y reducción del tiempo de aprendizaje (Jonassen, 2000), así también como el disfrute (Fabola & Miller, 2016; Piovesan, Passerino & Pereira, 2012; Tsaramirsis et al., 2016). Por otro lado, el valor agregado de la RV es la posibilidad de sumergir al usuario en contextos de aprendizaje que son difíciles de comprender debido a su abstracción, tediosos o incluso peligrosos (Janssen, Tummel, Richert & Isenhardt, 2016; Uchiyama & Funahashi, 2013).

De acuerdo con lo anterior, se puede afirmar, que la RV permite desarrollar aplicaciones interesantes que pueden motivar a los/as estudiantes (Gieser, Becker y Makedon, 2013). Su uso podría promover la experiencia de aprendizaje de ser una que implica una simple memorización a una que promueve una comprensión más profunda (Kavanagh, Luxton-Reilly & Wuensche, 2017). Huang et al. (2010), en su artículo, citan varias fuentes de investigación existente sobre motivación y RV, entre las cuales se indica que:

- Los/as estudiantes mejor motivados tienden a aprender mejor (Sutcliffe, 2003).
- Los/as estudiantes suelen estar más motivados por las aplicaciones gráficas 3D que las 2D (Limniou, Roberts & Papadopoulos, 2008).
- El uso continuo de aplicaciones de RV puede mejorar la motivación y la retención de conocimientos por parte de los/as estudiantes (Burdea & Coiffet, 2003).

2.3.2 Realidad Virtual y Teorías de Aprendizaje

De acuerdo a lo expuesto en la sección anterior, los estudios existentes han demostrado una percepción positiva de los/as estudiantes sobre la RV en procesos educativos, sin embargo, Huang et al. (2010) señalan que toda innovación educativa que valga la pena debe comenzar con una pedagogía sólida.

Para determinar las teorías que justifican cómo las experiencias del mundo virtual pueden generar el aprendizaje en el/la alumno/a, se retoma aquí la revisión sistemática de Loke (2015). En su análisis, este autor consideró siete teorías y las dividió en dos grupos: en primer lugar, examinó cinco teorías de aprendizaje y descubrió que, cuando se aplican a mundos virtuales, involucra que los/as estudiantes

participen en una experiencia sensorial –motora- física del fenómeno del mundo real a través de sus acciones en el mundo virtual. En el segundo grupo, se examinó otras dos teorías en términos de su capacidad para explicar cómo las acciones del mundo virtual de los/as estudiantes podrían ser similares a una experiencia sensorial – motora- física del fenómeno del mundo real.

A continuación se expone el primer grupo conformado por cinco teorías de aprendizaje: aprendizaje experimental, aprendizaje situado, constructivismo social, constructivismo y teoría de la autoeficacia.

2.3.2.1 Aprendizaje experimental

Kolb (1984) propone que los/as estudiantes aprendan a través de sus experiencias personales vividas. El mecanismo consiste en la experimentación activa en el mundo que produce una "experiencia concreta" (Kolb, 1984, p. 30), seguida de una reflexión para dar sentido a esta experiencia. El aprendizaje experimental involucra reflexionar sobre las experiencias de la vida real, para que en base a esta reflexión los/as estudiantes puedan actuar creativamente en situaciones nuevas que se le presenten en el mundo real. Cuando la teoría del aprendizaje experimental se aplica a los mundos virtuales, implica que los/as estudiantes vivencian experiencias concretas del mundo real en mundos totalmente virtuales. Algunos/as autores/as afirman que los mundos virtuales ofrecen a los/as estudiantes "*experiencias prácticas del mundo real*" (Leggette, 2012, p. 125) y "*experiencias concretas*" (Wehner, Gump & Downey, 2011, p. 280). Por otro lado, la teoría del aprendizaje experimental también destaca la importancia de la reflexión para dar sentido a las experiencias concretas. Por ejemplo, Loke et al. (2012) ponen como ejemplo de esto, que los/as estudiantes de Medicina, después de jugar un papel como personal de salud en un hospital virtual, realizan una sesión informativa con su tutor/a para examinar su desempeño virtual. Si bien el informe no es estrictamente parte de la experiencia del mundo virtual, es parte integral de la teoría del aprendizaje experimental. Es importante que los/as estudiantes puedan dar sentido a su desempeño en el mundo virtual al reflexionar sobre ello: la fase de reflexión es importante tanto si la actividad de los/as estudiantes se realiza en el mundo virtual o real.

Los/as estudiantes participan en un rol activo de experiencias de la vida real o virtuales con su enfoque dirigido a reflexionar sobre la experiencia como fuente de conocimiento, habilidades y valores (Dewey, 1938). Los/as estudiantes interactúan con el medio ambiente en una variedad de modos que incluyen pensar, ver, sentir, interactuar y crear, con el objetivo de apoyar el aprendizaje (Dewey, 1938). El aprendizaje experimental, permite al estudiante vivenciar diferentes entornos, a través de la exploración y el sentido de presencia. La base fundamental para el aprendizaje experimental es el papel activo del estudiante en la construcción del conocimiento como un cambio de comportamiento a través de la interacción con el entorno (Santos & Carvahó, 2013). La teoría del aprendizaje experimental respalda el uso del aprendizaje virtual en función de cuestiones tales como el costo, el tiempo y el espacio que en muchos casos imposibilitan la experiencia en el mundo real (Duncan, Miller & Jiang, 2012). Como también han señalado otros académicos, la educación experimental, enfatiza la retroalimentación directa y la interacción activa, mejorando la experiencia en el proceso de aprendizaje (Shen, Ho, Kuo, & Luong, 2018).

2.3.2.2 Aprendizaje situado

Lave (1991) y Wenger (1998), plantearon que las formas en que los seres humanos piensan y actúan están inherentemente unidas a su contexto sociocultural. Cuando la teoría del aprendizaje situado se aplica a los mundos virtuales, se da a entender que el mundo virtual proporcionará un contexto lo suficientemente realista como para llevar a los/as estudiantes a pensar y actuar como lo harían en situaciones del mundo real. Bouta & Paraskeva (2013) toman el ejemplo de una mina virtual, en la cual el personal minero tiene la tarea de aplicar los procedimientos correctos a un escenario de evacuación de emergencia. Se busca en este caso generar un contexto lo suficientemente realista como para llevar al personal minero a pensar y actuar como lo harían en una mina real. Es importante que los/as estudiantes que ejercen roles en mundos virtuales piensen cómo lo harían en situaciones del mundo real. En el aprendizaje situado, los/as estudiantes se convierten en observadores y actores dentro de un entorno. Un aspecto valioso de la RV es dar la oportunidad de explorar y actuar en entornos simulados que son considerados peligrosos en la vida real, como un entorno virtual para mejorar la reducción del riesgo de desastres (Caroca, Bruno & Alderbate, 2016). El aprendizaje

situado también posibilita que los/as estudiantes desarrollen múltiples habilidades de aprendizaje colaborativo basado en el contexto, implicando la transferencia potencial de conocimientos y habilidades en entornos del mundo real.

2.3.2.3 Constructivismo social

Vygotsky (1978) en su teoría sostiene que el aprendizaje se vincula con la internalización a partir de las prácticas sociales de una persona (Huang et al., 2010). El mecanismo de la teoría es la internalización, o la transformación del conocimiento de los planos sociales a los individuales. La internalización surge de las interacciones sociales. Por ejemplo, durante su último año de educación médica, los médicos/as en formación a menudo trabajan con médicos/as experimentados/as con el objetivo de que, al practicar el razonamiento clínico con sus mentores/as, los/as alumnos/as desarrollen su capacidad de razonamiento clínico individual (Loke, 2015). Cuando el constructivismo social se aplica en los mundos virtuales, implica que estas interacciones sociales ocurran en la experiencia del mundo virtual de los/as estudiantes (Guo, Li, Chan & Skitmore, 2012).

2.3.2.4 Constructivismo

En la teoría de aprendizaje constructivista, los/as alumnos/as construyen o dan sentido a la experiencia de formas que resulten personalmente significativas (Papert, 1996). Desde la visión del constructivismo, el conocimiento y comprensión son adquiridos al reflexionar o dar sentido a las experiencias. El constructivismo se relaciona estrechamente con el aprendizaje experimental y de descubrimiento (Fowler, 2015), pero agrega además, la construcción del significado personal por parte del alumno/a como un paso fundamental (Johnston, Olivas, Steele, Smith, & Bailey, 2017). Esta teoría, implica la interacción entre los/as alumnos/as y su entorno, durante el cual los/as alumnos/as reinterpreten continuamente su experiencia para que coincida con sus conceptualizaciones (asimilación) y las adaptan para que se ajusten con su experiencia (adaptación), ellos/as crean activa y continuamente su propia representación subjetiva de la realidad basada en la interacción entre sus ideas y experiencias (Dewey, 1985; Huang et al., 2010).

El uso de la RV en la educación tiene vínculo directo con el constructivismo (Anopas & Wongsawat, 2014; Huang et al., 2010; Panteldis, 2009). John Dewey creía que el medio ambiente tiene un fuerte efecto en el/la alumno/a y que la educación debería ser experimental y experiencial (Dewey, 1985; Huang et al., 2010). La RV presenta cualidades que pueden facilitar el aprendizaje experimental y constructivista (Kavanagh, Luxton-Reilly & Wuensche, 2017).

Cuando el constructivismo se involucra en los mundos virtuales, implica que estas interacciones entre el/la estudiante y el entorno ocurren en la experiencia del mundo virtual de ellos/as. Piaget (1970) dejó en claro que tales interacciones involucran tanto actividad sensoriomotora corporal como operaciones mentales. El siguiente es un ejemplo de una interacción "corporal" en un mundo virtual: en un hospital virtual donde los/as estudiantes de medicina juegan como médicos/as, hacen clic en el pecho del paciente virtual para realizar un examen "físico" y escuchar así los ruidos cardíacos (Loke et al., 2012). Por otro lado, desde el punto de vista de las operaciones mentales, por ejemplo, Roy, Wilkinson, Walker & Blyth (2013) examinaron la validez del juego de roles en un hospital virtual e informaron que la toma de decisiones clínicas requerida en un caso clínico virtual se asemeja a la toma de decisiones clínicas del mundo real. En este caso, el constructivismo explica cómo la experiencia del mundo virtual provoca el aprendizaje (Loke, 2015).

En una aplicación con enfoque constructivista, el/la alumno/a tiene la oportunidad de organizar activamente los aportes de las experiencias (Ormrod, 2008). Los/as alumnos/as, que conscientemente construyen nuevos aprendizajes, pueden aplicarlos en múltiples contextos una y otra vez, en contraste con los/as estudiantes, que han dominado el aprendizaje en un proceso más memorístico (Johnston, Olivas, Steele, Smith, Bailey & 2017; Langer, 2000).

2.3.2.5 Teoría de la autoeficacia

Bandura (1997) define esta teoría, como las creencias personales sobre su capacidad para completar una tarea en particular. La autoeficacia está influenciada por cuatro factores: (1) desempeños reales o lo que las personas pueden hacer de forma directa (experiencia enactiva) (2) observación de pares realizando con éxito la tarea (experiencias indirectas) (3) persuasión verbal que lleva a las personas a creer que pueden superar desafíos y (4) estados fisiológicos y afectivos. Por ejemplo, las experiencias enactivas influyen en la autoeficacia de la siguiente manera: los éxitos pasados en la realización de una tarea particular, aumentarán la autoeficacia en la realización de la tarea en el futuro.

Cuando la teoría de la autoeficacia se aplica a los mundos virtuales, se fundamenta que las experiencias enactivas y / o las experiencias indirectas ocurren en la experiencia del mundo virtual en el cual está inmerso el/la estudiante. El siguiente es un ejemplo de experiencias enactivas en un mundo virtual: en un restaurante chino virtual, los/as estudiantes de idiomas tienen la tarea de pedir comida en mandarín (Henderson, Huang, Grant & Henderson, 2012). Se espera que esta experiencia virtual aumente su autoeficacia al pedir comida en el mundo real, como lo haría una experiencia en un restaurante chino del mundo real. La experiencia del mundo virtual se puede considerar alternativamente como la experiencia indirecta del estudiante. Por ejemplo, en el restaurante virtual descrito anteriormente, hacer que los/as estudiantes observen a los avatares de sus compañeros pedir comida en un restaurante virtual, aumentará su autoeficacia para pedir comida en el mundo real. Tomando la perspectiva presentada por los/as autores/as antes mencionados, la experiencia del mundo virtual influye en la autoeficacia de la misma manera que una experiencia real. Esta implicación es importante porque la experiencia indirecta del estudiante es similar ya sea en el mundo virtual o real (Loke, 2015).

Las teorías anteriormente expuestas, explican adecuadamente cómo diferentes teorías de aprendizaje son aplicables a los mundos virtuales: que los/as estudiantes aprendan a través de la reflexión, las interacciones verbales, las operaciones mentales (por ejemplo, la toma de decisiones) y las experiencias indirectas. De todos modos, cuando se aplican a mundos virtuales, estas teorías de aprendizaje implican que los/as estudiantes vivencien una experiencia sensorial-motora-física del fenómeno del mundo real, a través de sus acciones en el mundo virtual. Esta correspondencia se explica mediante las dos teorías a continuación: A. el modelo de identidad proyectiva y B. la teoría de la presencia.

- A. **Modelo de identidad proyectiva:** en los artículos analizados, los/as autores/as que utilizaron el modelo de identidad proyectiva para justificar los mundos virtuales como mediadores en el aprendizaje, citaron el trabajo de Gee (2003) que basa sus estudios en el diseño de videojuegos para el aprendizaje. El modelo explica cómo los/as jugadores/as pueden aprender ciertas habilidades convirtiéndose en diferentes personas (por ejemplo, científicos/as, futbolistas) a través de la interacción entre sus identidades virtuales y del mundo real. Por ejemplo, se observó que mediante el uso del videojuego *Tomb Raider*: para jugar a ser Lara Croft con éxito, los/as jugadores/as tendrían que adoptar los objetivos y valores de su personaje virtual (por ejemplo, para evitar que los enemigos obtengan una poderosa reliquia antigua), y proyectar sus propios objetivos y valores en el personaje de Lara Croft (por ejemplo, para minimizar el número de mutantes que mata Lara). Es a través de la interacción entre las identidades reales y virtuales de los/as jugadores/as, que se forma su "identidad proyectiva" (Gee, 2003, p. 55) y que su avatar se convierte en su "mente y cuerpo sustituto" (Gee, 2008, p. 258).
- B. **Teoría de la presencia:** retomando la definición de presencia planteada en la sección 2.1.2, si un usuario experimenta un alto grado de presencia en la RV, los procesos psicológicos activados por sus interacciones en el contexto virtual, serán similares a los activados por sus interacciones con el mundo físico (Winn, 1993). De este modo, en los mundos virtuales orientados al contexto educativo, si un estudiante experimenta un alto grado de presencia, está implícito que experimentará un estado psicológico similar al de una acción en el mundo real.

El análisis presentado en esta sección puede ser de utilidad para los educadores, ya que pueden determinar con mayor precisión lo que los/as estudiantes pueden lograr a través de sus experiencias en mundos virtuales. De todos modos, no todo mecanismo de aprendizaje puede ser aplicable a los mundos

virtuales, la experiencia física real en muchos casos es muy útil y supera las experiencias simuladas, que pueden no involucrar todas las variables de la realidad.

2.4 Razones por las cuales se está utilizando la Realidad Virtual en la Educación: consideraciones y barreras aportadas por autores/as para su aplicación en un determinado contexto.

En base a los artículos analizados, se puede observar que gran parte de los/as investigadores/as en el campo de la Educación, argumentan la necesidad de vincular el aprendizaje con la experiencia, y afirman que en diversas temáticas de estudio, para conceptos abstractos, los/as estudiantes tienen poca posibilidad de "percepción" y "comprensión de las dimensiones cualitativas de los fenómenos que estudian", siendo entonces, la RV, un medio para lograr este objetivo (Chee, 2001). En todos los niveles de Educación, la RV tiene el potencial de guiar a los/as alumnos/as hacia nuevos descubrimientos, de motivar, alentar y emocionar. El/la alumno/a puede participar en el entorno de aprendizaje con un sentido de presencia, y ser parte del entorno.

A continuación se mencionan algunas de las razones para usar la RV en un contexto educativo (Loke, 2015; Pantelidis, 1995):

- La RV proporciona nuevas formas y métodos de visualización, aprovechando las fortalezas de las representaciones visuales. La RV inmersiva brinda experiencias no simbólicas en primera persona que están específicamente diseñadas para ayudar a los/as estudiantes a aprender sobre un determinado tema. Estas experiencias son difíciles de alcanzar en la educación formal.
- La convergencia de las teorías de la construcción del conocimiento con la tecnología de RV posibilita aprender a partir de la manipulación e interacción con objetos en mundos virtuales, y por la representación de ideas abstractas en estos contextos.
- La RV motiva a los/as estudiantes. Requiere y alienta a la participación activa en lugar de la pasividad.
- La RV permite al alumno transitar una experiencia a su propio ritmo. También es aplicable a alumnos con capacidades diferentes, ya que es posible interactuar de formas distintas.

Sin embargo, su aplicación en un determinado campo de instrucción debe ser considerada detenidamente antes. Mientras muchos escenarios educativos son adecuados, otros no lo son. A continuación se listan diversas situaciones en las cuales el uso de la RV es apropiado, y algunas cuestiones a atender ya que pueden resultar negativas en el uso de RV.

2.4.1 Circunstancias en las cuales la aplicación de la Realidad Virtual es adecuada:

Varios son los/as autores/as (Sala, Ghanbarzadeh & Ghapanchi, 2016; Selvarian, 2004; Dalgarno, Hedberg & Harper, 2002; Chee, Mantovani, 2001; Pantelidis, 1993-1995; Winn, 1993) que manifiestan los siguientes contextos/circunstancias en las que la RV puede resultar adecuada:

- Realizar una simulación.
- Enseñar en un contexto virtual, ya que el contexto real puede ser peligroso, imposible o difícil:
 - En muchos casos errores cometidos por estudiantes al llevar a cabo una acción sobre un contexto real puede resultar ser devastadora y/o desmoralizadora para el estudiante, perjudiciales para el medio ambiente, capaz de causar daños no intencionados, etc.
- Transmitir el conocimiento como si se tratara de mundo real.
- Motivar: el interactuar con un contexto virtual puede abordarse un tema de forma motivadora sin perder de foco el objetivo educativo.
- Minimizar costos: evitar desplazarse al lugar real.
- Experimentar a partir de:
 - Un entorno o modelo simulado.

- La visualización de la información, la manipulación y exposición a objetos/situaciones relacionados con la temática a trabajar.
- El uso de recursos multimedia interactivos.
- La realización de tareas que implican destreza manual o movimiento físico y que no son fáciles de lograr en el contexto real.
- Representar lo más real posible una determinada situación para hacer perceptible lo imperceptible.
- Hacer el aprendizaje más interesante y divertido.
- Acercar oportunidades a personas con capacidades especiales, para que puedan realizar experimentos y actividades que no pueden hacer de otra manera.

2.4.2 Aspectos a considerar que pueden resultar negativos en el uso de RV

Como se describió en el punto anterior, hay muchos contextos de enseñanza en donde el uso de la RV resulta adecuada, pero sin embargo también existen barreras o aspectos para considerar respecto de su integración. Pantelidis (1996) en sus investigaciones enumera estas situaciones a considerar:

- No es conveniente la sustitución completa del proceso de enseñanza / capacitación real mediante el modelo virtual. Se recupera aquí la necesaria complementación con los espacios de reflexión posteriores a la experiencia, mencionados en las teorías de aprendizaje vistas en la Sección 2.3.2. Es necesaria la interacción con el mundo real.
- Algunos entornos virtuales podrían resultar física o emocionalmente perjudiciales. Se debe analizar la edad y características de destinatarios que van a participar de la simulación, según lo que se trabaje en ésta.
- El uso de un entorno virtual puede resultar en una "literalización" tan convincente que algunos usuarios podrían confundir el modelo virtual con el real (Stuart, 1992).

2.4.3 Síntesis de ventajas y desventajas de la aplicación de Realidad Virtual en entornos de aprendizaje y formación

En base a todo lo expuesto, se puede afirmar que la RV capta y atrae la atención de los/as estudiantes, ya que ellos/as encuentran emocionante y desafiante caminar a través de un entorno en tres dimensiones, donde interactúan y crean sus propios mundos tridimensionales. La RV puede ilustrar con mayor precisión algunas características, procesos, etc. que por otros medios no sería posible. Permite examinar en un primer plano un "objeto", ya sea algo concreto o abstracto en el mundo real. Brinda la oportunidad de obtener información basada en nuevas perspectivas, observar el modelo de un objeto desde diferentes ángulos, cambiando la forma en la que el/la alumno/a interactúa con el tema, decidiendo qué hacer, y cuándo, a su propio ritmo, alentando al participante a interactuar con el entorno virtual, y a que continúe interactuando, viendo los resultados de inmediato. De este modo, ofrece la oportunidad para que el/la alumno/a haga descubrimientos previamente desconocidos. Nuevas perspectivas son posibles al modelar el mundo real, y el estudio del modelo puede proporcionar conocimientos nunca antes realizados. Por otro lado, la RV brinda la posibilidad de que las personas con capacidades diferentes, participen en un experimento o entorno de aprendizaje cuando no pueden hacerlo de otra manera (Dede et al. 2017; Sala, 2016; Mellet-d'Huart, 2009). Sin embargo, también tiene sus limitaciones. En general, las desventajas de utilizar la RV están relacionadas con el costo, el tiempo que involucra aprender a utilizar hardware y software, posibles efectos de salud y seguridad, y la posible resistencia a usar e integrar nuevas tecnologías en un curso o plan de estudios (Kavanagh, Luxton-Reilly & Wuensche, 2017).

En la tabla 2.1 a continuación, se sintetiza las ventajas y desventajas del uso de la RV en escenarios educativos que han sido tratados a lo largo del capítulo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Ofrecer estrategias de aprendizaje y caminos didácticos que privilegian un enfoque intuitivo.</p>	<p>Costos de hardware/ Software: una de las principales razones de la falta de adopción de la RV en escenarios educativos es el costo asociado con hacerlo (Merchant et al., 2014; Takala, 2014; Mossel & Kaufmann, 2013; Budziszewski, 2013; Kaufmann & Meyer, 2009). La utilización de aplicaciones de RV en el aula implica no solo los costos asociados con la compra inicial de herramientas de software y hardware, sino también los costos continuos, incluidos el mantenimiento, y el soporte.</p>
<p>Mejorar el proceso de aprendizaje de conceptos abstractos, implementar paradigmas, la capacitación vocacional, mejorar la toma de decisiones, incrementar la motivación, apoyar la participación activa.</p> <p>Brindar a los/as estudiantes la oportunidad de realizar tareas que pueden requerir de esfuerzo físico y explorar como si se trataría del mundo real.</p>	<p>Capacitación: la adopción de una nueva tecnología en el aula implica gastos generales en términos de tiempo de capacitación tanto para docentes y estudiantes (Le, Pedro & Park, 2014; Haluck, 2000).</p>
<p>Permitir que el estudiante se abstraiga de factores externos, lo que le permite enfocarse en el tema que se está estudiando.</p>	<p>Problemas de usabilidad de la aplicación de RV en relación al hardware empleado: muchas de las implementaciones de RV pueden requerir hardware especializado con el que los usuarios no estén familiarizados. Por ejemplo, cascos de RV (HMD, Head Mounted Display), sensores de reconocimiento de gestos entre otros, que pueden generar problemas de usabilidad, y pueden variar de acuerdo con los requisitos del sistema y las capacidades de los usuarios (Afonseca & Badia, 2013; Abdul Rahim et al., 2012). La naturalidad de la interacción es una cualidad deseable para los sistemas de RV que intentan simular la realidad (Takala, 2014; Gieser et al., 2013). Sin embargo, la falta de retroalimentación táctil proporcionada por tales sistemas puede restar valor a su inmersión, realismo y experiencia general del usuario (Chang et al., 2014; Cheung et al., 2013).</p>
<p>Proporcionar un ambiente sólido, eliminando factores de riesgo, para que los/as estudiantes comprendan la lección, mediante un entorno virtual.</p> <p>Proporcionar entornos de práctica donde los/as estudiantes pueden experimentar, examinan lugares, que en un contexto no sería posible.</p>	<p>Realismo insuficiente: en muchas ocasiones se requieren una experiencia más realista que otras, y el hecho de no proporcionar una experiencia realista no solo podría proporcionar una experiencia de aprendizaje pobre, sino que podría impactar negativamente en los/as estudiantes.</p>
<p>Mejorar la creatividad y la autoconfianza de los/as estudiantes.</p> <p>Posibilitar que estudiante a tenga un rol activo.</p> <p>Permitir a las personas con discapacidades que no tienen oportunidad de participar en algunos tipos de experimentos y entornos de aprendizaje, puedan acceder a estas experiencias de aprendizaje con entornos de RV.</p>	<p>Problemas de usabilidad del software: la naturaleza de estos problemas de usabilidad varía sustancialmente dependiendo de la naturaleza del software, y puede abarcar problemas que van desde el diseño de la interfaz hasta la calidad de la interacción y la legibilidad (Hsiaoa et al., 2010; Hsieh et al., 2010). Estos problemas pueden deberse a un diseño del software inadecuado (Falah et al., 2014; Rus-Casas et al., 2014; Wang & Lau, 2013). Una aplicación con baja usabilidad de RV podría impactar negativamente en el estudiante.</p>

Tabla 2. 1 Tabla que sintetiza ventajas y desventajas del uso de la RV dentro de contextos de educativos y de formación, detalladas a lo largo del capítulo.

2.5 Un modelo para determinar cuándo aplicar Realidad Virtual en contextos de educación y formación

El docente o formador debe decidir cuándo y dónde usar RV y disponer de un modelo de aplicación es importante para ayudar en la toma de estas decisiones. Decidir cuándo usar RV lleva a decisiones sobre dónde usar RV. Pantelidis (2010), luego de haber realizado varias investigaciones sobre el tema, basando su análisis en distintas aplicaciones de RV, los motivos de su uso y las ventajas de ésta, define un modelo de aplicación que sirve de guía al docente para determinar, en un caso o contexto, si es adecuada la aplicación de la RV²⁴ (Pantelidis, 2010).

El modelo se estructura en diez pasos:

- Paso I: Se definen los objetivos específicos del curso (o unidad/módulo/lección).
- Paso II: Se seleccionan los objetivos que se quieren lograr mediante simulaciones o RV.
- Paso III: Se refina la lista de objetivos, tomando aquellos que pueden alcanzarse mediante el uso de RV.
- Paso IV: Se subclasifica cada objetivo a fin de determinar:
 - Nivel de realismo requerido.
 - Tipo de inmersión y presencia.
 - Tipo de interacción y respuesta.
- Paso IV: Se seleccionan las herramientas de software y hardware de RV.
- Paso VI: Se diseña y construye el entorno virtual.
- Paso VII: Se lleva adelante una prueba piloto: evaluación de la propuesta de RV con un grupo de prueba piloto.
- Paso VIII: Se ajusta el Entorno Virtual de acuerdo a los resultados obtenido en el paso anterior:
 - Se repiten los VII, VIII, mientras no se llegue a los objetivos deseados.
- Paso IX: Se lleva a cabo una prueba objetivo: evaluación con el grupo objetivo.
- Paso X: Se realizan los ajustes necesario, de acuerdo a los resultados obtenido en el paso anterior:
 - Se repiten los pasos IX, X, mientras no se llegue a los resultados esperados.

A continuación se presenta, en la Fig. 2.8, una imagen ilustrativa del modelo mencionado anteriormente.

²⁴ **Modelo de aplicación de Realidad Virtual:** Pantelidis (2010) lo ha implementado como parte de las tareas de los/as alumnos/as en cursos de Realidad Virtual desde 1995, ha sido evaluado durante varios años y está basado en el modelo instruccional definido por Briggs y Gagné (1979), considerado como un tributo a su trabajo, y al de los líderes en el uso de la simulación en la enseñanza, como la Dra. Martha Jane K. Zachert (Zachert, 1975; Zachert & Pantelidis, 1971).

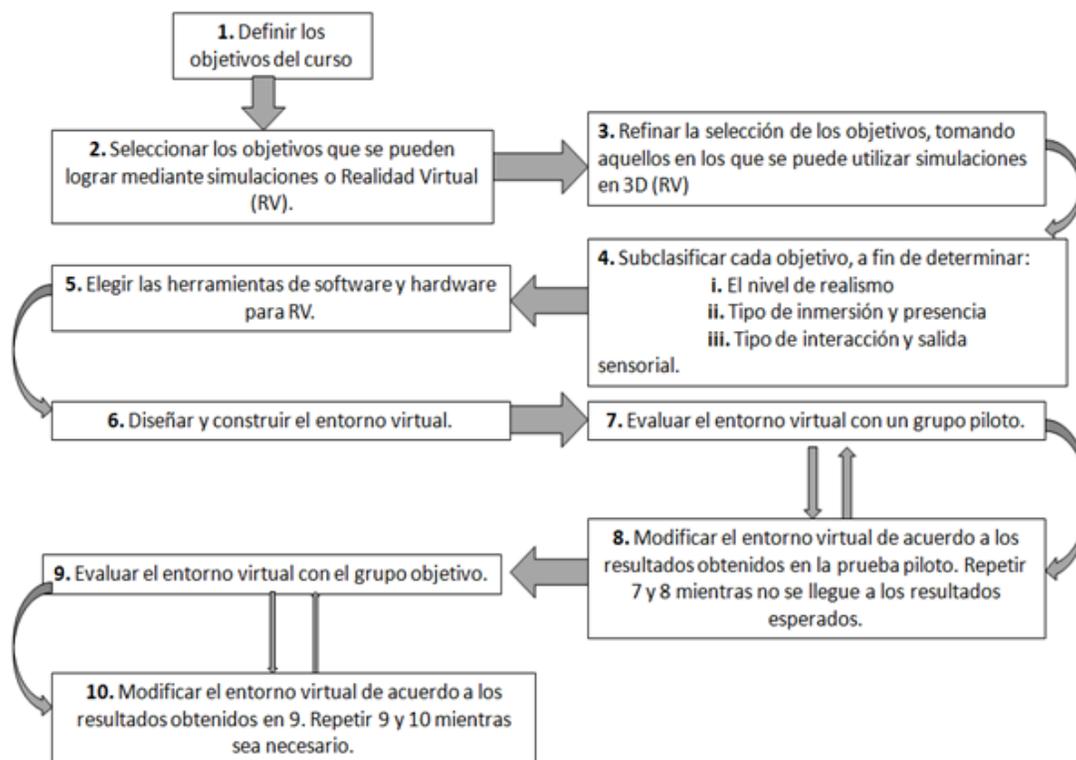


Figura 2.8. Modelo para determinar cuándo usar Realidad Virtual en educación y cursos de formación. **Fuente:** tomado Pantelidis (2003).

2.6 Resumen del capítulo

El capítulo da un marco conceptual sobre la realidad virtual, y parte del abordaje teórico requerido para esta tesis. En su recorrido se ha focalizado en la historia de la RV, factores que la diferencian de otras tecnologías, características fundamentales y diversos modelos. Además, se realizó el estudio de la RV dentro del contexto educativo, buscando sustento en las teorías de aprendizaje. Esto ha permitido exponer las razones por las cuales su aplicación es apropiada dentro de diversos contextos, en particular el educativo y de formación. Se mencionaron algunas barreras, y se sintetizaron ventajas y desventajas, para concluir con la exposición de un modelo de implementación.

El capítulo, a continuación, está orientado a alcanzar los objetivos 5 y 6, planteados en el capítulo I, e indagar y analizar antecedentes de experiencias de RV educativas y de formación. Esto permitirá dar respuesta al segundo grupo de preguntas formuladas en la sección 1.4.3.1, del capítulo I, mediante una revisión sistemática de evidencia empírica, en la cual se analizarán distintos entornos inmersivos de RV desarrollados y aplicados, entre 2013 a la actualidad.

Capítulo III: Experiencias de Realidad Virtual en contextos educativos y de formación

Resumen

Como se expuso en el capítulo II, la RV permite que los/as estudiantes puedan a partir de estímulos visuales y la inmersión interactuar en tiempo real con un entorno simulado 3D, recibiendo retroalimentación y posibilitando así experiencias educativas vivenciales.

En este capítulo se aborda una revisión sistemática de literatura en relación a la integración de aplicaciones de RV dentro de contextos educativos y de formación. Así, en la sección 3.1 se analiza la importancia de la implementación de aplicaciones de RV inmersivas en actividades educativas. En la sección 3.2, se describen los criterios que se aplican al análisis de cada una de las experiencias encontradas a partir de la revisión. La sección 3.3 presenta y realiza una descripción de las experiencias de los sistemas de RV seleccionadas. El análisis de los criterios de evaluación aplicados se lleva a cabo en la Sección 3.4 y finalmente, en la sección 3.5, se describen las conclusiones del capítulo.

3.1 Introducción

Las aplicaciones de RV impactan, no sólo, en la forma en que los docentes y formadores preparan sus propuestas pedagógicas, sino también en la forma en cómo se llevan a cabo los procesos de aprendizaje de los/as niños/as y personas adultas (Ludlow, 2015). Se ha comprobado que los ambientes virtuales simulados son útiles para mejorar las experiencias de aprendizaje de los/as estudiantes (Lau; Lee, 2015). Las experiencias aprendidas del mundo simulado pueden hacerse más transferibles al mundo real, la clave se encuentra en cultivar en los/as estudiantes habilidades transferibles (Cheng; Wang, 2011).

Sin embargo, no todos los docentes y estudiantes comprenden y asimilan de la misma forma estas experiencias. En la actualidad, debido al gran avance y alcance de la tecnología digital desde edades tempranas, los docentes están en el desafío de educar a nuevas generaciones, ya que enfrentan una generación de niños/as que se aproximan a internet y a los videojuegos a temprana edad. Resulta normal, por tanto, encontrar generaciones de jóvenes frustradas con los procesos tradicionales de enseñanza y aprendizaje (Zungri, 2015).

Por otro lado, el diseño de cursos o experiencias dentro de un contexto educativo y de formación, al momento de incorporar como herramientas educativas a los mundos virtuales, resulta en una responsabilidad colectiva, ya que tanto los formadores y el equipo de desarrollo, deben trabajar en conjunto para lograr no solo un entorno atractivo en cuanto a las propiedades que brinda la RV, sino realmente educativo. Los entornos virtuales, especialmente aquellos con múltiples y simultáneos usuarios, se han vuelto populares por promover el aprendizaje constructivo, el pensamiento crítico, permitir el desarrollo de destrezas tecnológicas y constituir un medio didáctico para la enseñanza (Badilla; Meza, 2015, p. 595). En la actualidad, los países desarrollados son los que han logrado grandes avances en términos de educación inmersiva y virtual, y han mostrado algunos aspectos interesantes para transitar hacia la virtualidad; sus experiencias y prácticas pueden echar luz a los esfuerzos de los países aún en desarrollo.

Muchos entornos virtuales 3D en línea han sido y son utilizados ampliamente con fines educativos. *SecondLife*²⁵, *Twinity*²⁶ e *IMVU*²⁷, los dos últimos se orientan a la reconstrucción de ciudades reales y a la creación de lugares de reunión social, respectivamente, pero hay muchos otros ejemplos.

²⁵*Second Life*: es una Comunidad Virtual lanzada en junio de 2003, desarrollado por Linden Lab, al que se puede acceder gratuitamente desde Internet. <http://go.secondlife.com/landing/education/?lang=en>

Se mencionan aquí de manera introductoria algunos ejemplos de aplicación de los entornos inmersivos de RV. Bozgeyikli y col. (2017) han desarrollado un sistema inmersivo de RV para la rehabilitación vocacional de individuos con discapacidades cognitivas y físicas en varias habilidades laborales transferibles. Yu y col. (2016) han trabajado en un sistema de RV inmersivo que tiene como objetivo capacitar a personas con discapacidades auditivas en habilidades de operación de maquinarias. Sohn y col. (2016) han desarrollado un sistema inmersivo de proyección de realidad virtual para la rehabilitación vocacional de individuos con esquizofrenia para tiendas y supermercados. Por su parte, Webster (2014) ha trabajado en un sistema de realidad virtual inmersivo que tenía como objetivo enseñar a soldados del ejército de EE. UU, habilidades básicas de prevención y control, en todas las ramas militares, ayudando significativamente a atraer y retener a una generación más joven de soldados que se han acostumbrado a utilizar la tecnología y los medios interactivos no sólo con fines de entretenimiento sino también de educación. Estos son solo algunos ejemplos de los varios encontrados en la literatura. En la siguiente sección se presenta una serie de criterios que permitirán el análisis de un conjunto de experiencias educativas de RV inmersiva encontradas en la revisión de literatura.

3.2 Criterios de análisis de las experiencias

Uno de los principales objetivos que se presenta en esta tesis, es el de analizar antecedentes en relación con el uso de aplicaciones de RV inmersivas en los contextos educativos y de formación. Con este fin, se definieron tres categorías de criterios para considerar en el análisis: aspectos generales, aspectos relacionados con el uso de la RV en el ámbito educativo, y aspectos metodológico-educativos de las experiencias; asimismo por cada categoría se establecieron diversos criterios de manera tal de enfocar el análisis, de forma homogénea, en un determinado conjunto de casos seleccionados. La tabla 3.1, expone las categorías definidas junto con los criterios que involucra cada una de ellas.

CATEGORÍAS	CRITERIOS
Aspectos generales	<ul style="list-style-type: none"> País de desarrollo Nivel educativo al que está orientado
Entorno inmersivo de RV	<ul style="list-style-type: none"> Objetivo de Aplicación (orientada a: entrenamiento, adquisición de conocimiento, cambios de actitud) Tipos de <i>Feedback</i> Formas de interacción
Aspectos metodológico/ educativos	<ul style="list-style-type: none"> Área de Aplicación Tipo de actividad Metodología/ proceso de aplicación.

Tabla 3. 1. Categorías y criterios a utilizar para el análisis de las experiencias educativas de RV

A continuación se explica en qué consiste cada categoría, y por cada una de ellas, se realiza una breve descripción de los criterios que se abordan para el análisis.

1. **Aspectos generales:** los criterios que incluye esta categoría están vinculados a contextualizar las experiencias y dar una caracterización general de ellas. A partir de estos indicadores se puede, por ejemplo, considerar de qué países provienen las experiencias y el nivel educativo al cual se orientan.
 - a. **País de desarrollo:** este criterio busca identificar los países en los cuales se llevan adelante estas experiencias. Para luego conocer los países con mayor concentración de investigaciones encontradas y enfocadas en el desarrollo de sistemas de RV inmersivos en

²⁶ **Twinity:** es el primer mundo virtual 3D en línea en crear réplicas a escala de grandes ciudades de todo el mundo. http://www.twinity.com/en/virtual_worlds/virtual-world

²⁷ **IMVU:** Consiste principalmente en un entorno de chat 3D compuesto por salas o habitaciones donde el objetivo es hablar con otros/as usuarios de la plataforma. <http://www.imvu.com>

contextos educativos y de formación. Los posibles valores del criterio serán los nombres de los países.

- b. **Nivel educativo:** las experiencias seleccionadas pueden estar enfocadas en distintos niveles educativos. Este criterio permite identificar el nivel educativo de las experiencias seleccionadas.

Los niveles educativos que se consideran son:

- i. **Inicial:** determina las actividades de las experiencias seleccionadas en las cuales los destinatarios comprenden edades entre los 3 hasta los 5 o 6 años.
 - ii. **Primario:** determina las actividades de las experiencias seleccionadas en las cuales los destinatarios presentan edades entre los 6 hasta los 12 o 13 años.
 - iii. **Secundario:** identifica las actividades de las experiencias seleccionadas cuyos destinatarios son adolescentes y jóvenes, cuyas edades promedio se encuentran entre los 13 años hasta los 18 años.
 - iv. **Universitario/postgrado:** identifica las experiencias seleccionadas cuyos destinatarios se encuentran cursando en la universidad, una institución de educación superior o son investigadores/as de una institución educativa de nivel superior.
 - v. **Otros:** identifica aquellas experiencias destinadas a diversos públicos, sin ser contextualizadas en un nivel educativo particular.
- c. **Año de publicación:** indica el año en el cual fue publicada la investigación. Da referencia del avance de esta tecnología sobre los diversos países.

2. **Entorno inmersivo de RV:** los criterios incluidos en esta categoría permiten analizar el contexto educativo en el cual las aplicaciones de RV son aplicadas y el porqué de su integración. Por ende, se busca dar a conocer el tipo de aplicación que se desarrolla, estrategias y técnicas con las que se implementa.

- a. **Objetivo de Aplicación:** permite determinar el objetivo principal al cual se orienta el trabajo analizado.

- b. **Tipos de Feedback y características de la interacción:** consiste en cualquier tipo de mensaje de respuesta que se genera ante la realización de una acción. Se analizan, a través de este criterio, los tipos de *feedback* presentes según la clasificación de Van Seters et al. (2012) y que fueron considerados en la tesis de Alvarado Cruz et al. (2019).

- **Sobre la tarea:** este *feedback* indica al estudiante si la acción que realizó es la correcta.
- **Procesamiento de la tarea:** indica los pasos a seguir para llevar a cabo la resolución de una tarea.
- **Autorregulación:** es un tipo de *feedback* orientado a contribuir a la autorregulación de los/as estudiantes. Por ejemplo, para incitar a los/as estudiantes a buscar información extra sin instrucciones previas, a gestionar su tiempo, a reflexionar sobre la efectividad de sus estrategias.
- **Afectivo:** expresa respuestas positivas y alentadoras que tienen que ver con lo afectivo. Por ejemplo: “Felicitaciones”, y en los casos de errores se apela a que se mantenga la motivación de la persona: “No te detengas, sigue intentando”.

- c. **Formas de interacción:** consiste en determinar cómo el usuario interactúa con la aplicación, cuáles son los modelos de interacción involucrados en la experiencia.

3. **Aspectos metodológicos/ educativos:** en esta categoría se incluye los criterios que analizan el contexto educativo o de formación y las estrategias metodológicas puestas en juego. Al tratarse de experiencias orientadas a algún proceso de enseñanza y/o aprendizaje, se busca conocer el tipo de actividades educativas realizadas, el papel que juegan los participantes dentro de la actividad y qué metas, desde el punto de vista educativo, se proponen alcanzar con la aplicación de RV.

- a. **Área de aplicación:** se analiza el contexto para el cual fue desarrollada la aplicación de RV inmersiva, los valores son: áreas de educación, áreas laborales.

- b. **Tipos de actividad:** los valores para este criterio son:

- i. Individual/ grupal: identifica si la experiencia está enfocada a una actividad educativa de carácter individual o grupal.
- ii. Cooperativa/ competitiva/ colaborativa.
- c. Metodología/ proceso de aplicación: mecanismos o proceso de implementación de la aplicación de RV dentro de un contexto educativo o de formación. Los valores para este criterio son:
 - i. **Técnica de aplicación**: en esta etiqueta se identifica la técnica o mecanismo utilizado para implementar la aplicación.
 - ii. **Técnica de evaluación**: este criterio identifica el tipo de evaluación empleada en cada una de las actividades, por ejemplo, si fue por observación, entrevista, cuestionario, etc.

3.3 Recopilación de experiencias de RV

La elección del conjunto de publicaciones que se analizan en este capítulo tuvo un proceso de selección basado en la definición de criterios de inclusión y exclusión, detallados en el primer capítulo. Para esta revisión se obtuvieron 28 publicaciones de las cuales solo 10 experiencias se exponen para un análisis detallado, mientras que las 18 restantes son parte de un análisis general, con el objetivo de dar respuesta al segundo grupo de preguntas formuladas en la Sección 1.4.3.1, del capítulo I y que se vinculan con los objetivos específicos 4, 5 y 6.

La selección de criterios descritos en la sección anterior, tiene como objetivo describir experiencias educativas basadas en entornos inmersivos de RV y analizar cómo estos son integrados a los procesos de aprendizaje y formación. De las 28 publicaciones se seleccionaron 10 casos que cumplieran con todos los criterios de búsqueda definidos, presentando una descripción completa de la experiencia para poder analizarla. Las 18 restantes, presentan descripciones parciales del conjunto de criterios definidos para este análisis. A continuación se exponen 10 experiencias seleccionadas junto con su análisis correspondiente.

3.3.1 BYOD (*Bring Your Own Device*)

El principal objetivo de la experiencia de RV *BYOD* es ayudar y mejorar procesos de enseñanza diaria en el aula, de diversos contenidos educativos. En este caso la temática fue: "Microcontrolador y placas Arduino", mediante el uso de RV. El desarrollo del proyecto tuvo foco en el diseño de un sistema de RV accesible, basado en *Google Cardboard*, para garantizar el acceso de parte de todos los/as estudiantes, y portátil para facilitar el uso y no ser un obstáculo para el flujo del trabajo normal de la clase.

La experiencia estuvo enfocada en lograr que los/as estudiantes adquieran conocimientos. Los objetivos que plantea esta experiencia son:

- Determinar si existe realmente una mejora significativa en el rendimiento de los/as estudiantes al usar el sistema VR en el aprendizaje en el aula, en comparación con el método tradicional.
- Determinar la posibilidad de acceso por cada estudiante al recurso de RV,
- Determinar la facilidad de uso tanto de la aplicación como de las gafas de RV.

El experimento se realizó en dos grupos de estudiantes de tercer año de secundaria con el objetivo de medir los efectos del uso de un sistema de realidad virtual en contraste con el uso de sistemas tradicionales de enseñanza en el aula. Se tuvo en cuenta la accesibilidad y la aceptabilidad del sistema VR. La respuesta y el rendimiento de los/as estudiantes fueron evaluados y contrastados utilizando un conjunto de técnicas, tales como cuestionarios y pruebas objetivas.

El experimento para este estudio consistió en sesiones para dos grupos de 20 participantes cada uno:

- Grupo de control A: enseñanza tradicional en el pizarrón, diapositivas y proyector.
- Grupo experimental B: enseñanza complementada por el uso de RV inmersiva 3D.

Antes de comenzar, a los participantes se les solicitó su consentimiento. La asignación de los participantes a los grupos se realizó en base al conocimiento previo sobre el tema (Ronald, 1935), (Roger, 1982). Dicho conocimiento fue identificado a través de los resultados en una prueba preliminar, en la cual se determinó cuánta comprensión tenían los/as estudiantes del tema, antes del comienzo de la sesión.

Para el grupo A, las sesiones consistieron en una exposición oral por parte del instructor/a, acompañado/a por diapositivas presentadas a través del proyector cuando fue necesario.

El grupo B, como en el grupo A, el/la instructor/a presentó el tema, pero en lugar de diapositivas y proyector, se utilizó el sistema VR para mostrar contenidos en 3D y vistas panorámicas. Con notas destacadas e integradas a cada una de las escenas. Para llevar a cabo la experiencia, se les pidió a los/as estudiantes que trajeran sus teléfonos inteligentes todos los días con la aplicación requerida instalada. El visor de cartón fue proporcionado por el instituto.

El procedimiento en este caso estuvo constituido por 16 sesiones, dos por semana: para cada sesión, a los/as estudiantes se les administró un modelo estándar de dos pruebas, antes y después de las sesiones: una prueba preliminar, en la cual se determinó cuánta comprensión tenían del tema, antes del comienzo de la sesión, y una prueba al finalizar la experiencia. Los resultados posteriores a la prueba, presentan sus niveles de comprensión después de la sesión, obteniendo así, la ganancia en el rendimiento, calculada por la diferencia en los resultados de las pruebas previas y posteriores.

El grupo B, además recibió dos cuestionarios. Uno en la mitad de las sesiones de la experiencia, y al final de las 16 sesiones. De acuerdo a los resultados observados, los/as estudiantes del grupo B estaban al inicio ligeramente por detrás del grupo A, en cuanto a comprensión. Pero a medida que avanzaban las sesiones, rápidamente se fueron nivelando. Al final, el rendimiento promedio del Grupo B fue significativamente mejor que el Grupo A. Esto se puede atribuir al hecho de que los/as estudiantes inicialmente no se sentían cómodos con el uso del sistema RV, pero se acostumbraron a medida que se realizaban más sesiones. Los resultados finales muestran un escenario prometedor, ya que el grupo B tuvo un mejor desempeño general que el grupo de control A.

De acuerdo con los cuestionarios analizados, los/as estudiantes se sintieron más cómodos a medida que se acostumbraron al sistema, sin embargo, se observó también, que presentar todo tipo de contenido 3D en pantallas móviles no siempre es óptimo.

Los resultados demuestran cómo el uso del sistema VR afectó el conocimiento adquirido en el grupo B de estudiantes que realizaron la experiencia. El cuestionario de retroalimentación proporcionado a los/as estudiantes del Grupo B sirvió como una indicación de la respuesta al nuevo sistema de enseñanza en clase. De acuerdo a las observaciones experimentales, se llega a los objetivos planteados al comienzo: cada visor de cartón resulta accesible para los/as estudiantes. Al ser un gasto único, esto resultó posible para el instituto. Se observó, que el visor una vez montado es fácil de usar, ya que la única interacción es colocar el teléfono inteligente en su interior. La mayoría de las acciones se manejan intuitivamente con un solo clic o gestos con la cabeza. Los datos recopilados durante las sesiones muestran que el grupo de estudiantes que utiliza el sistema de RV tuvo un importante aumento en el rendimiento a medida que avanzaba el experimento. Esta experiencia confirma que la realidad virtual se puede utilizar de manera efectiva, para aumentar el rendimiento y la participación de los/as estudiantes.



Figura 3. 1. (Izquierda), muestra un esquema de las gafas de cartón que simulan a las famosas "Google cardboard" y cómo se acopla el celular en ellas. (Derecha) mientras que en la segunda imagen se muestra a un estudiante haciendo uso de ellas. **Fuente:** Tomado de Ray & Deb (2017)



Figura 3. 2. Participantes utilizando las gafas de RV, durante el desarrollo de la experiencia. **Fuente:** Tomado de Ray & Deb (2017)

Finalmente, la Tabla 3.2 presenta un resumen de las características de *BYOD*. Estas características están relacionadas con los criterios de evaluación, por lo que serán de utilidad luego de realizar el análisis.

CATEGORÍAS	CRITERIOS	
Aspectos generales	País de desarrollo	India
	Nivel educativo	3er año de Secundaria
	Año de publicación	2016
Entorno inmersivo de RV	Objetivo de la aplicación:	Determinar si el uso de aplicaciones de RV mejora el rendimiento de los/as estudiantes, en comparación con el método tradicional.
	Feedback	Sobre la tarea
	Formas de interacción	Mediante el movimiento de su cabeza interactúa con la aplicación.

Aspectos metodológicos / Educativos	Áreas de aplicación		Microcontroladores y placas Arduino.
	Tipo de Actividad		Individual
	Metodología de aplicación	Técnica Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Sesiones con dos grupos de estudiantes. • Cuestionarios antes y después de las sesiones.
Técnica evaluación		<ul style="list-style-type: none"> • Cuestionarios y pruebas objetivas 	

Tabla 3. 2. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.

3.3.2 Fanny World

Este proyecto fue desarrollado para estudiar y analizar qué tan efectivo sería un sistema basado en RV inmersiva para mejorar la conciencia espacial y el aprendizaje en Historia, en estudiantes de escuelas rurales en la India. Se identificó, a través de entrevistas realizadas, que hay una brecha en el escenario actual, donde los/as estudiantes no pueden comprender muchos de los conceptos o lugares que se enseñan en el programa de estudios, y, en este contexto, el área de Historia fue la más afectada. Este proyecto explora cómo un sistema educativo inmersivo con RV ayudaría a mejorar el aprendizaje de los sitios históricos. Muchos de ellos tienen propiedades físicas que sorprenden a las personas si realmente están presentes en el lugar. Con este sistema, se puede dar una idea del tamaño, color, sonido, etc. del lugar y podría ayudar a crear conexiones más cercanas con su historia. Se parte de la hipótesis que si este sistema se integra en las primeras etapas de la educación, podría aumentar la curiosidad, creatividad y el sentido de exploración en los/as estudiantes. Según los/as autores/as, dado que la RV es un medio que puede sensibilizar los sentidos de los/as estudiantes a partir de una gran cantidad de estímulos como si se estuvieran en el sitio real, aporta el sabor de estudiar Historia “aquí y ahora” (Youngblut, 1998).

Para la realización del estudio de caso se trabajó con grupos constituidos por estudiantes de entre 8 y 10 años. El proyecto debía ser capaz de captar la atención de los/as estudiantes por un corto período de tiempo y presentar el contenido en el momento de una manera memorable. Esta aplicación dispone de modos: modo de realidad virtual que requiere el *Google Cardboard*, y otro modo normal que usa solo la pantalla del móvil. Al seleccionar uno de ellos, comienza la historia / módulo.

La experiencia se llevó a cabo con estudiantes de entre 8 y 10 años. Se analizó el programa de estudios y se determinó el sitio con el cual se haría la experiencia: “Fuerte Golconda²⁸”. Se crearon preguntas objetivas que los/as estudiantes respondieron. Entre ellas se incluyeron preguntas históricas fácticas como “¿quién construyó el Fuerte Golconda?”; preguntas de concientización espacial como “¿qué tan grande es el Fuerte Golconda en relación con su escuela?”; preguntas de búsqueda de errores como: “¿había un techo?, entre otras. Se llevaron a cabo 3 sesiones consecutivas. Se formaron grupos al azar para pruebas basadas en RV y pruebas basadas en métodos de enseñanza tradicionales. En las pruebas basadas en realidad virtual, los/as estudiantes recibieron el “módulo (casco con celular)” y se les proporcionaron instrucciones básicas sobre su funcionamiento (Fig. 3.3). Se les permitió usarlo todo el tiempo que quisieran (la actividad de RV generalmente se completó en 15 minutos), mientras lo utilizaba se le permitió pararse en un área libre en la habitación, lo que le dio suficiente área para moverse y darse la vuelta. En paralelo, el texto sobre el sitio, que contenía el mismo contenido que el del audio del módulo VR, fue entregado a un docente para enseñar con el método de enseñanza regular al otro grupo de estudiantes. Se esperaba que el docente que había visitado previamente el lugar también compartiera el conocimiento sobre el espacio. Todos los/as estudiantes

²⁸ **Fuerte Golconda (India):** es una fortaleza y ciudad abandonada, situada a 11 kilómetros de Hyderabad, en el estado indio de Telangana. Tanto la ciudad como la fortaleza están construidas sobre una colina de granito de 120 metros de altura. Los orígenes del fuerte datan del año 1143 cuando la dinastía hindú de los Kakatiya gobernaba la región, conocida por la producción en sus minas de algunos de los diamantes más famosos del mundo, como el Koh-i-Noor, el diamante Hope o el diamante Nassak.

resolvieron el mismo grupo de preguntas. Luego, los grupos que usaron RV tomaron la clase de enseñanza regular y los grupos que tomaron la clase regular usaron RV. Se realizó a cada grupo un mismo examen para analizar los cambios progresivos en sus respuestas debido a la metodología utilizada para llevar a cabo la experiencia, prestando especial atención a los grupos que experimentaron la sesión de RV, antes de la clase regular, para determinar si había diferencias entre sus respuestas. Se compilaron y analizaron los resultados de los tres conjuntos (VR, método de enseñanza regular y combinado). Además, se tomaron opiniones y comentarios de los/as estudiantes.



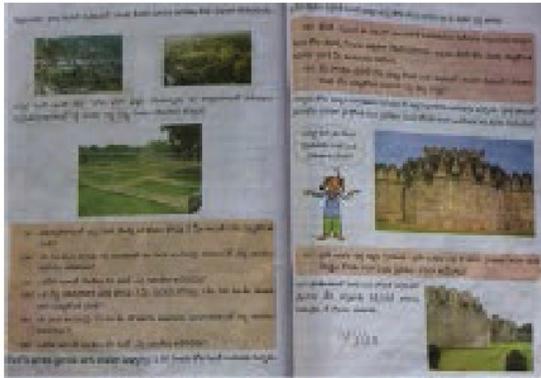
Figura 3. 3. (Izquierda) Estudiante utilizando *Funny World*. (Derecha) Estudiantes tomando la clase con el método tradicional. Fuente: Tomado de Rasheed, Fabin & Prasad (2015).

Las sesiones se realizaron en 2 días con un promedio de 10 estudiantes por día: con 5 estudiantes por juego, se pudieron observar los siguientes resultados, para la implementación de los tres mecanismos de pruebas:

- La combinación de métodos RV y de enseñanza regular, dio resultados más precisos en comparación con los resultados obtenidos sólo utilizando la aplicación de RV o sólo a través de la clase regular.
- Los colores fueron mejor identificados por los/as estudiantes que usaron primero RV y luego la combinación de ambos métodos.
- Aunque algunos/as estudiantes que utilizaron la RV primero, tuvieron dificultades con preguntas que hacían referencia a hechos ocurridos en el lugar, la pregunta que hacía referencia a las características puntuales del lugar (si ese lugar tenía techo) fue respondida correctamente.
- La RV aumentó la conciencia del tamaño del lugar.
- El método de enseñanza regular tuvo una mejor precisión en las preguntas objetivas.
- Cada estudiante pasó un promedio de 15 minutos por sesión de RV, mientras que el mismo contenido fue entregado a un grupo de estudiantes en 10 minutos a través del método de enseñanza regular.
- Los/as estudiantes que utilizaron la RV reiteradas veces, y habían extendido el uso durante más de 30 minutos, comenzaron a frotarse los ojos.

A partir de las sesiones, se concluyó que la conciencia espacial de los/as estudiantes en relación con un sitio histórico particular se puede mejorar a través de la RV, cuando se usa como un recurso adicional a los métodos de enseñanza regulares en las escuelas rurales de la India. Esta conciencia espacial incluía hechos a través de la observación, los colores y la dirección. Los/as autores/as afirman así que la realidad virtual podría ser una herramienta adicional para la educación.

En la imagen de la Fig.3.4 se puede observar el sitio histórico que se eligió para llevar a cabo la experiencia, en formato de texto y una vista del escenario que proporciona la aplicación de RV. En las imágenes de la Fig.3.5, se puede apreciar la aplicación *Fanny World*, y en la Fig. 3.6 se muestra un prototipo de esta aplicación.



Libro que presenta al estudiante los contenidos de historia



Present place of interest Next place of interest

Vista del escenario del sitio histórico, con las gafas de RV

Figura 3. 4. (Izquierda) Libro de historia con los contenidos para la clase regular. (Derecha) escenario de *Funny World* que presenta el contenido en un entorno virtual. **Fuente:** Tomado de Rasheed, Fabin & Prasad (2015).

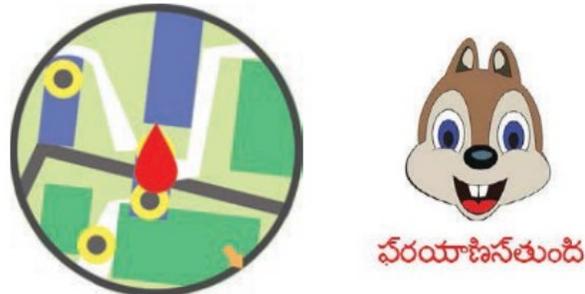
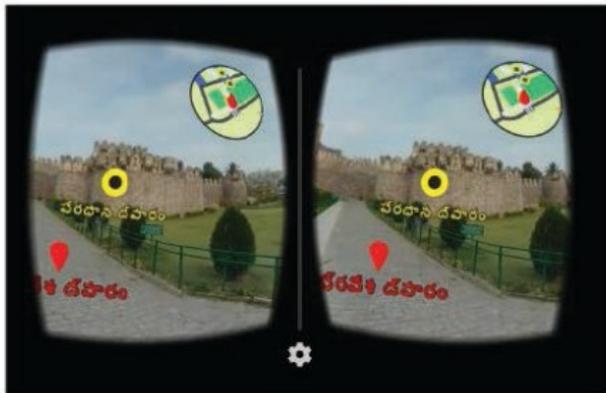


Figura 3. 5 Distintos escenarios de *Funny World*. **Fuente:** Tomado de Rasheed, Fabin & Prasad (2015).

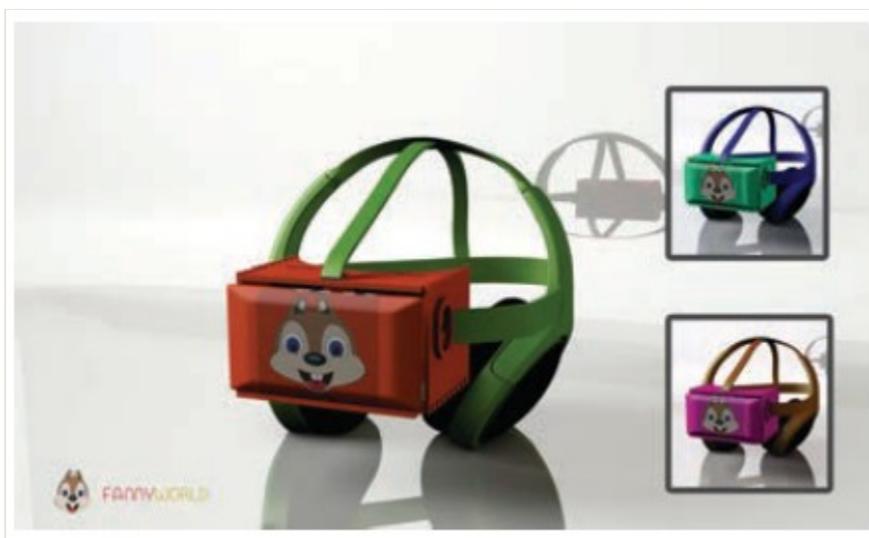


Figura 3. 6. Prototipo de Funny World. Fuente: Tomado de Rasheed, Fabin & Prasad (2015).

Finalmente, la Tabla 3.3 presenta un resumen de las características explicadas, según los criterios de evaluación, por lo que serán de utilidad luego al realizar el análisis general de todas las experiencias.

CATEGORÍAS	CRITERIOS	
Aspectos generales	País de desarrollo	India
	Nivel educativo	Primaria, entre 3ro y 5to grado.
	Año de publicación	2015
Entorno inmersivo de RV	Objetivo de la aplicación:	Mejorar la conciencia espacial y el aprendizaje de Historia, mediante un sistema de RV.
	Feedback	Sobre la tarea, afectivo
	Formas de interacción	Mediante los movimientos de la cabeza del usuario.
Aspectos metodológicos / Educativos	Áreas de aplicación	Historia del “Fuerte Golconda”, en la india
	Tipo de Actividad	Individual
	Metodología de aplicación	Técnica Aplicación

		Técnica evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Grupos contrastados • Cuestionarios y pruebas objetivas
--	--	---------------------------	--

Tabla 3.3. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.

3.3.3. FOV (*Field of View*)

Este sistema fue diseñado para capacitar a los usuarios en la tarea de escaneo visual, una tarea común en muchos contextos. Por ejemplo, el personal militar necesita escanear visualmente el entorno para identificar objetos o personas amenazadoras; los/as trabajadores de fábrica necesitan buscar defectos en los productos; y el personal de rescate marítimo necesita buscar víctimas en el agua. El escaneo visual es un tipo de búsqueda visual, con el requisito especial de que es importante buscar en toda la escena de manera sistemática, asegurando que se encuentren todos los objetos en los que se enfoca la búsqueda. Por lo tanto, tener una estrategia de exploración visual bien definida es fundamental para esta tarea.

Algunos ejemplos de fidelidad visual incluyen:

- Estereoscopia: la visualización de diferentes imágenes para cada ojo para proporcionar una señal de profundidad adicional.
- Campo de visión (*FOV*, del inglés "*Field of view*"): el tamaño del campo visual (en grados de ángulo visual) que el usuario puede ver instantáneamente.
- Resolución de visualización: densidad de píxeles en una pantalla o superficie.
- Tamaño de visualización: las dimensiones físicas de la pantalla o superficie.
- Velocidad de fotogramas: con qué frecuencia se proporcionan los datos renderizados a la pantalla.

Las características de fidelidad del sistema RV afectan directamente a la efectividad del entrenamiento, el objetivo principal de la experiencia, fue estudiar los efectos de la fidelidad en la efectividad del aprendizaje en un sistema de entrenamiento de RV para una tarea de escaneo visual válido. El experimento estudia cómo los diferentes niveles del campo de visión que se percibe (un componente de la fidelidad de la pantalla) y el realismo visual del escenario (un componente de la fidelidad del escenario) afectan el rendimiento y la transferencia de aprendizaje para una tarea de escaneo visual. Los sistemas de capacitación con poco realismo visual pueden proporcionar un andamiaje para el escaneo visual, permitiendo a los/as alumnos/as aprender las estrategias adecuadas en un entorno más simple. Por otro lado, los sistemas con alto realismo visual pueden proporcionar un nivel de fidelidad más apropiado, capacitando a los usuarios para transferir estas habilidades al mundo real.

En la experiencia se trabajaron las siguientes hipótesis sobre el nivel de fidelidad:

- H1: El entrenamiento con un *FOV* más alto en un sistema de entrenamiento de RV mejorará el rendimiento de las tareas del mundo real más que el entrenamiento con un *FOV* más bajo.
- H2: El entrenamiento con un *FOV* más alto en un sistema de entrenamiento de RV conducirá a alcanzar una mejor estrategia de escaneo visual establecida durante el desempeño de tareas del mundo real.
- H3: El entrenamiento con un *FOV* más alto en un sistema de entrenamiento de RV llevará a un mejor desempeño de la tarea dentro del sistema de entrenamiento.
- H4: El entrenamiento con mayor realismo visual en un sistema de entrenamiento de RV conducirá a un mejor rendimiento de la tarea en el mundo real.
- H5: El entrenamiento con mayor realismo visual en un sistema de entrenamiento de RV conducirá a alcanzar una mejor estrategia de escaneo visual establecida durante el desempeño de tareas del mundo real.
- H6: El entrenamiento con mayor realismo visual en un sistema de entrenamiento de RV conducirá a un mejor rendimiento de la tarea dentro del sistema de entrenamiento.

Asimismo la experiencia probó dos hipótesis relacionadas con la correlación entre el rendimiento durante el entrenamiento con el sistema de RV y el rendimiento de la tarea en el mundo real:

H7. El rendimiento de un usuario en un sistema de entrenamiento de RV estará significativamente correlacionado con el rendimiento del mundo real.

H8 El rendimiento de un usuario en un sistema de entrenamiento de RV se correlaciona significativamente con el uso correcto de la estrategia de escaneo visual durante el desempeño de tareas del mundo real.

Para llevar a cabo la experiencia, se reclutaron un total de 51 participantes. Seis participantes no completaron todo el experimento por problemas de daltonismo. De los 45 participantes que completaron el experimento, todos menos uno eran estudiantes; 13 eran estudiantes de posgrado, 30 estudiantes de pregrado y uno no especificó. Los/as estudiantes provenían de una variedad de disciplinas, las más comunes de las cuales eran Informática (13) y Psicología (10). Las edades de los participantes oscilaban entre 18 y 37 años, con una edad media de 21 años. La mayoría (todos menos seis) de los participantes informaron que tenían experiencia con los sistemas de videojuegos con seguimiento de movimiento.

El procedimiento estuvo conformado por tres fases:

- Fase de instrucción, para familiarizar a los participantes con la tarea de escaneo visual y el entorno, y para enseñarles una estrategia de escaneo visual prescrita.
- Fase de capacitación, en la cual los participantes realizaron la tarea de exploración visual varias veces en una condición particular (combinación de *FOV* y nivel de realismo visual).
- Fase de evaluación, en la que los participantes realizaron la tarea de escaneo visual varias veces con la condición de mayor fidelidad.

Se seleccionó una tarea de capacitación que fuera relevante para las actividades del mundo real y que fuera un objetivo razonable para un sistema de capacitación, por este motivo el proyecto se centró en el dominio militar. Se determinó que en ese contexto, es común que el personal militar conduzca por las calles urbanas para buscar visualmente signos de actividad peligrosa y personas amenazadoras. Se diseñó entonces, la tarea para que los participantes tuvieran que buscar calles virtuales de la ciudad (Fig.3.7). Las calles virtuales incluían modelos simples de personas, y los objetivos para la tarea de búsqueda eran cualquier persona con armas de fuego (Fig.3.8). A los participantes se les indicó que escanearan el lado derecho de la calle para encontrar los objetivos y se les informó que había entre 12 y 18 objetivos en cada ensayo, si bien en cada ensayo tenía exactamente 15 objetivos, se utilizó esta estrategia, para motivar a los participantes a explorar durante todo el tiempo que duraba la sesión. Previamente, se instruyó a los participantes a escanear el entorno utilizando una estrategia propia: que los usuarios utilicen movimientos verticales de la cabeza para escanear el frente de los edificios, con movimientos de barrido hacia arriba y hacia abajo a medida que avanzan por la calle. (Fig.3.9) y que indiquen cada objetivo encontrado presionando un botón de un controlador de mano.



Figura 3. 7. Escenario que representa una de las calles del entorno de RV. Fuente: Tomado de Ragan,Bowman, Kopper, Stinson, Scerbo & McMahan.

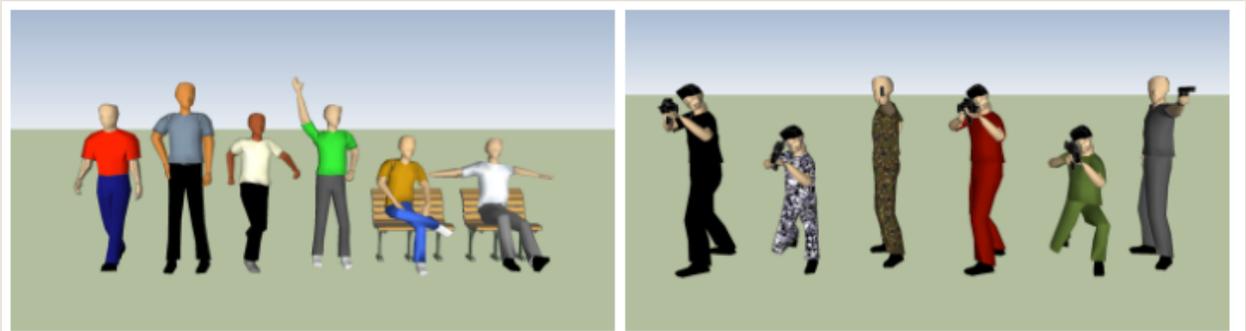


Figura 3. 8. Ejemplos de modelos humanos virtuales de la tarea de escaneo visual. **(Izquierda)** Muestra modelos no objetivos. **(Derecha)** Muestra modelos objetivos con armas de fuego. **Fuente:** Tomado de Ragan,Bowman, Kopper, Stinson, Scerbo & McMahan.

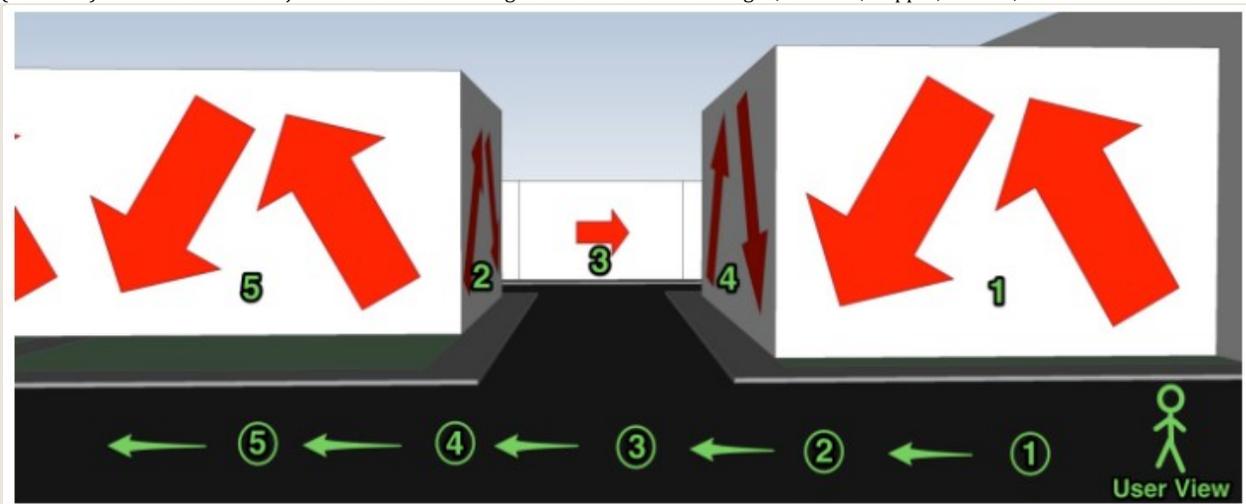


Figura 3. 9. Vista simplificada de una intersección de calles denotada para demostrar el orden de escaneo prescrito. Las caras de construcción se simplifican como cuadros blancos. Los números en círculo en la parte inferior de la imagen muestran la dirección del movimiento automático por la calle. Las etiquetas numéricas en las caras del edificio muestran qué cara debe escanear el usuario cuando se encuentra con el número marcado en un círculo a lo largo de la calle. **Fuente:** Tomado de Ragan,Bowman, Kopper, Stinson, Scerbo & McMahan.



Figura 3. 10. Capturas de pantalla de los tres niveles de realismo visual. La imagen superior muestra realismo pobre, la del medio muestra el nivel medio y la imagen inferior muestra el nivel más alto de realismo. **Fuente:** Tomado de Ragan,Bowman, Kopper, Stinson, Scerbo & McMahan.

Durante la fase de instrucción, cada participante realizó cinco pruebas de instrucción correspondientes al nivel asignado de realismo visual (con un total de 15 modelos de instrucción). Los cinco modelos de calles para cada condición presentaban la misma geometría y diseño de calle, pero las características ambientales variaron para producir una progresión incremental de instrucción en la tarea de escaneo visual (Fig.3.10):

- En el primer modelo de instrucción, todos los edificios eran blancos y flechas rojas planas y grandes que muestran el patrón de escaneo visual apropiado (Fig.3.9)
- En el segundo modelo de instrucción, se eliminaron las flechas y todos los edificios tenían texturas y diseños variados de ventanas / balcones (según sea apropiado para el nivel de realismo visual). No se incluyeron personas, vehículos, plantas, elementos adicionales u objetivos. (Fig.3.7)
- En el tercer modelo de instrucción se agregaron varias personas, vehículos, plantas, niebla y otros elementos adicionales (dependiendo del nivel de realismo), pero no se incluyeron los objetivos.
- En el cuarto modelo de instrucción, se agregaron los objetivos.
- El quinto modelo de instrucción era el mismo que el cuarto pero con objetos y objetivos en diferentes ubicaciones.

Al llegar, los participantes fueron recibidos por el docente guía y se les dio un formulario de consentimiento informado para leer y firmar. Luego, completaron un cuestionario de antecedentes para proporcionar información básica sobre educación y la experiencia con la tecnología. Se les dio una prueba de color para detectar participantes daltónicos, ya que estos no realizaron el experimento. Luego, se informó a los participantes sobre el medio ambiente y la tarea. Se les mostró imágenes (que se presentan en la Fig.3.8) para ayudar a explicar qué modelos representaban objetivos (personas con armas de fuego) y cuáles no eran

objetivos. En forma posterior, se les mostró un diagrama de la estrategia de escaneo que necesitaban usar para barrer el medio ambiente (similar a la Fig.3.9). Los participantes recibieron instrucciones para seguir con su mirada el punto de la mira y tratar de mantener la estrategia de exploración visual en todo momento.

En la primera prueba de instrucción, los edificios se texturizan con flechas que representan la estrategia de escaneo (Fig. 3.9), y un foco automático en movimiento guio los ojos del participante para demostrar la estrategia. Además, la primera prueba se detuvo periódicamente para darle al experimentador tiempo para explicar lentamente la estrategia de exploración en acción. La segunda prueba todavía usó la guía de foco, pero con las texturas de construcción estándar en lugar de las flechas. Para la tercera prueba, se eliminó el andamio de foco y se agregaron objetos adicionales al medio ambiente (pero sin objetivos). En el cuarto entorno de instrucción, el participante vio una prueba de exploración ideal en movimiento automático, que se detuvo en cada objetivo para asegurarse de que el participante lo viera. Los participantes practicaron hacer clic en el gatillo para indicar cuándo identificaban un objetivo. La prueba de instrucción final permitió al participante practicar escanear e identificar objetivos en las mismas condiciones que se usarían en las siguientes pruebas de capacitación. Después de esta quinta prueba, el docente guía puntuó inmediatamente la detección de objetivos y el desempeño de la estrategia con el participante. A lo largo de la serie de instrucciones, se observó el desempeño del participante y se realizaron devoluciones para alentar a los participantes a seguir la estrategia y alinear la mira con la dirección de la mirada. Luego se les dio un descanso de cinco minutos para realizar 15 pruebas de entrenamiento con la misma combinación de *FOV* y nivel de realismo visual que en la fase de instrucción. Después de cada prueba de capacitación, los participantes revisaron lo realizado y recibieron comentarios sobre su desempeño, para ayudarlos a mejorar su seguimiento de la estrategia prescrita.

El docente guía revisó la prueba con el participante al mismo tiempo (usando un monitor separado) y le proporcionó comentarios sobre qué tan bien el participante estaba siguiendo la estrategia prescrita y formuló recomendaciones para mejorar (cuando fue necesario). Al final de la repetición, éste proporcionó al participante un resumen del rendimiento del número de objetivos encontrados y el número perdido.

De acuerdo al análisis de los resultados, no se detectó un efecto significativo del realismo visual en el rendimiento de detección de objetivos en la fase de evaluación del experimento, por lo que H4 no fue aceptada. Sin embargo, el análisis encontró un efecto significativo del realismo visual tanto en la transferencia de estrategias como en el desempeño de las tareas de entrenamiento, lo que respalda las hipótesis H5 y H6, respectivamente. El objetivo final de cualquier sistema de entrenamiento de tareas es mejorar el rendimiento de la tarea en el mundo real; el nivel de realismo visual en el sistema de entrenamiento no es crítico para la transferencia de entrenamiento. Sin embargo, se observaron resultados más convincentes al combinar los resultados para H5 y H6 (efectos del realismo visual en el cumplimiento de la estrategia y en el rendimiento de detección en el entrenamiento, respectivamente). De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir: los sistemas de entrenamiento para escaneo visual y tareas similares deberían, cuando sea posible, usar un nivel de realismo visual lo más cercano posible al entorno real para garantizar una buena transferencia de aprendizaje.

Finalmente, la Tabla 3.4 presenta un resumen de las características de *FOV*. Estas características están relacionadas con los criterios de evaluación, por lo que serán de utilidad luego de realizar el análisis.

CATEGORÍAS	CRITERIOS	
Aspectos generales	País de desarrollo	Estados Unidos
	Nivel educativo	Universitario/ Posgrado
	Año de publicación	2015

Entorno inmersivo de RV	Objetivo de la aplicación:	Estudiar cómo los diferentes niveles del campo de visión que se perciben (un componente de la fidelidad de la pantalla) y el realismo visual del escenario (un componente de la fidelidad del escenario) afectan el rendimiento y la transferencia de aprendizaje para una tarea de escaneo visual.		
	Feedback	<ul style="list-style-type: none"> • Procesamientos de la tarea y sobre la tarea. • Afectiva. 		
	Formas de interacción	Mediante movimientos con su cabeza y un control manual.		
Aspectos metodológicos/ Educativos	Áreas de aplicación		Dominio militar	
	Tipo de Actividad		Individual	
	Metodología de aplicación	Técnica Aplicación	Tres Fases: <ul style="list-style-type: none"> • Instrucción • Capacitación • Evaluación 	
		Técnica evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Cuestionarios • Evaluación mediante la aplicación (cantidad de objetivos detectados) 	

Tabla 3. 4. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.

3.3.4 Virtual Reality Moseded fort Museum

Este estudio se basa en la literatura vinculada a crear nuevas experiencias de aprendizaje en museos basada en tecnología de juegos y RV, para dar al usuario la oportunidad de visitar el pasado y así aumentar el resultado de aprendizaje de tales experiencias. La aplicación desarrollada para este estudio coloca al usuario en el contexto de la Primera Guerra Mundial, mediante el uso de gafas de RV de *Oculus Rift*. El desarrollo de la aplicación se basó en teorías de otros trabajos relacionados con educación a través de juegos y con la teoría del compromiso. En el experimento se analizó y exploró la cantidad de conocimiento que puede retener el/la alumno/a, dependiendo de cómo se realiza la mediación de la información a través del juego, en forma implícita o explícita. Donde, para el caso de la implícita, el entorno y los personajes en él, se utilizaron para transmitir dicha información. Los resultados indican que el procedimiento implícito solo resultó un poco más adecuado para la retención de información en general, pero que el procedimiento explícito le dio al usuario la oportunidad de comprender mejor la situación.

Este estudio analiza entonces las diferencias en la efectividad, en los resultados de retención y aprendizaje, entre la información mediada explícita e implícitamente. ¿Qué efecto tienen estos métodos en la capacidad del usuario para recordar hechos?

Se utilizó la Escala de experiencia de museo (*MES*), desarrollada por Othman, Petrie & Power (2011), para medir las experiencias de los visitantes al museo. Esta escala ayuda a obtener una comprensión más clara de cómo los visitantes interactúan con artefactos y exhibiciones y brinda una valiosa evaluación empírica de las experiencias de los visitantes.

Para probar la diferencia en la retención, en base a la mediación implícita y explícita de la información, se diseñó un experimento con las siguientes hipótesis:

- H0: No existe una diferencia significativa entre el nivel de información retenida por los participantes, cuando se presenta la información de manera implícita / explícitamente.
- H1: Existe una diferencia significativa entre el nivel de información retenida por los participantes, cuando se les presenta información ya sea implícita / explícitamente.

Se creó un entorno virtual que representaba el Fuerte Mosede²⁹ en Dinamarca, tal como se veía durante la Primera Guerra Mundial. En este entorno virtual había varios objetos que el usuario podía mirar, y al mirarlos causaba que los objetos se iluminaran y activara una secuencia de sonido que mediaría una información relacionada con el objeto, el fuerte o Dinamarca durante la Primera Guerra Mundial. Se crearon dos versiones del entorno virtual. La primera versión mediaba la información de manera implícita, donde la información, por ejemplo, se presentaba a través de una conversación entre dos soldados. La segunda versión mediaba la información explícitamente usando un narrador e imágenes que aparecían en el campo de visión del usuario. En la Fig. 3.11 se puede ver una captura del entorno virtual.



Figura 3. 11. El entorno virtual como se ve con las gafas de RV. Los soldados miran el zepelín mientras se acerca a la costa. **Fuente:** Tomado de Moesgaard, Witt, Fiss, Warming, Klubien & Schoenau-Fog (2015)

Se utilizaron cuestionarios para recopilar información después de la experiencia; uno que usa el *MES* para determinar los niveles de compromiso y otro que prueba el conocimiento de los participantes sobre la Primera Guerra Mundial y el Fuerte Mosede.

Los participantes fueron 40, elegidos mediante muestreo por conveniencia y todos pertenecían al grupo de edad de 19 a 31 años; ninguno conocía del tema. Los participantes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos de 20; el grupo de control que recibió la información explícitamente y el grupo del experimental que recibió la información implícitamente. Se informó previamente a los participantes que tendrían que responder preguntas objetivas sobre lo que habían aprendido después de la experiencia. Además de los participantes, dos facilitadores estuvieron acompañando a los participantes en la sala, durante el juego. Uno fue responsable de la parte técnica del experimento, mientras que el otro fue responsable de tomar nota de las observaciones generales y ayudar a los participantes durante todo el experimento. Posteriormente, los

²⁹ **Fuerte Mosede:** cuyo nombre oficial era *Gracia Real de Santa Teresa de Mosé*, fue el primer asentamiento legal de colonos negros libres en lo que actualmente es el territorio de Estados Unidos. Situado a 3.2 km (aproximadamente dos millas inglesas) al norte de la ciudad de San Agustín, su construcción fue decretada en 1738 por el entonces gobernador español de Florida, Manuel de Montiano. Al igual que otras fortificaciones de la zona, el Fuerte Mosé tenía como objetivo vigilar la frontera con la colonia británica de Georgia y dificultar cualquier asalto sobre San Agustín.

participantes completaron cuestionarios, que se realizaron en otra sala. Ambos grupos resolvieron el mismo cuestionario.

La configuración de la sala se puede ver en la Fig.3.12.

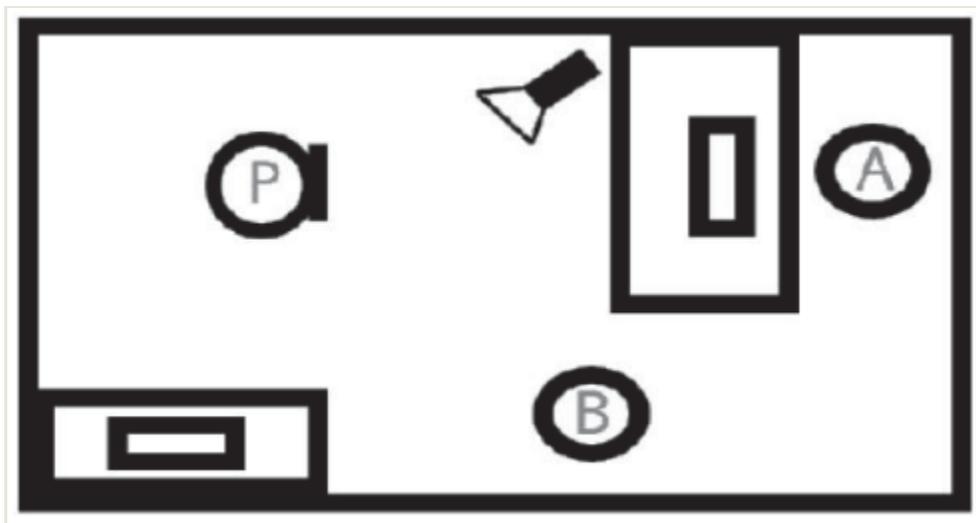


Figura 3. 12. A.- Facilitador/a, responsable de las cuestiones técnicas - B.- Facilitador/a, responsable de observar y guiar al participante en la experiencia - C.- Participante. **Fuente:** Tomado de Moesgaard, Witt, Fiss, Warming, Klubien & Schoenau-Fog (2015)

Según las grabaciones y observaciones de video, no se observó un comportamiento de aburrimiento o de desconexión de la tarea. Varios participantes notaron que estaban cautivados por el medio ambiente para prestar atención a la información que se les presentó. Otro participante escribió: "Muy bien diseñado (imagen y sonido), lo que tuvo una gran influencia en mi concentración y el valor de la experiencia".

De acuerdo a los resultados de las encuestas, no se puede rechazar la hipótesis nula de que no haya una diferencia significativa entre el resultado de aprendizaje de las dos versiones del producto. Sin embargo, hay indicios de que los resultados son similares en las dos experiencias. Un punto que vale la pena señalar es que el cuestionario que prueba el conocimiento de los participantes sobre el Fuerte Mosede y la Primera Guerra Mundial, mostró que las preguntas sobre eventos muy dinámicos eran más fáciles de responder para el grupo implícito que el grupo explícito. El grupo implícito vio los eventos desarrollados con animaciones y sonido, mientras que el grupo explícito los recibió explicados por un narrador. Se observa una diferencia más marcada en una pregunta que involucra a un Zeppelin alemán volando sobre el fuerte y los soldados respondiendo a eso. "¿Qué situación en el Fuerte Mosede podría haber resultado en la entrada de Dinamarca en la guerra?", fue respondido correctamente por 12 del grupo explícito y 18 del grupo implícito. Otra pregunta "¿Qué tipo de equipo militar se hizo más confiable y, por lo tanto, más utilizado durante la Primera Guerra Mundial?", fue respondido correctamente por 9 del grupo explícito y 15 del grupo implícito. Esto indica que los eventos abordados con la mediación implícita de la información, pueden llevar a los participantes a tener una mejor comprensión junto con un mejor recuerdo de lo que sucedió. El nivel de detalle de las respuestas dadas por el grupo implícito, especialmente para el evento zeppelin, también fue mucho más alto que el otro grupo. Así, se muestra una mejor comprensión de los conceptos en las respuestas. Las preguntas puramente fácticas sobre fechas y años fueron más difíciles de retener. Esto indica que si son los hechos los que son importantes, podrían darse directamente al jugador en lugar de ocultarse en el diálogo (es decir, presentarse explícitamente).

El propósito de este estudio se refiere a la mediación de la información dentro de un contexto de RV, con respecto a la retención de la información. La mediación de la información se dividió en dos tipos. Un tipo era

explícito y no diegético³⁰, mientras que el otro era implícito y diegético³¹. El experimento final de este estudio no encontró diferencias entre las dos configuraciones que fueran lo suficientemente significativas a gran escala. Sin embargo, las respuestas a las preguntas individuales formuladas en el cuestionario revelan que las diferencias más grandes son evidentes. Al estudiar algunas de las respuestas dadas en la prueba, varias de las preguntas de hecho fueron respondidas con mayor precisión por los participantes del grupo para el cual la información se fue presentada de forma explícita. Además, un episodio determinado, como el evento Zeppelin, obtuvo mejores resultados en la configuración implícita que en la explícita. Una razón para que los datos reales parezcan funcionar mejor en la configuración explícita podría ser que las personas están capacitadas para escuchar a un narrador, en lugar de una conversación. Otra razón podría ser que los participantes simplemente estaban distraídos por la actuación de voz en la configuración implícita.

Es importante destacar en esta investigación, que uno de los principales problemas durante las pruebas fue, que la experiencia de utilizar la nueva tecnología de juegos de RV parecía superar el enfoque de los participantes en el propósito educativo del experimento. En otras palabras, la mediación de la información se vio afectada significativamente por la experiencia general. Esto se relaciona estrechamente con la idea planteada por Egenfeldt-Nielsen (2006), de que un juego educativo basado en la investigación y en una teoría cognitivista que trabaja para facilitar la motivación intrínseca, puede conducir a un fuerte sentido de la experiencia del jugador, donde el jugador se enfoca más en el juego que en su contenido educativo. Esto indica que, cuando se trabaja con RV, se debe tener consciencia del riesgo sobre el resultado educativo que pueda ser opacado por la experiencia del jugador y el nivel de compromiso. Por lo tanto, la combinación de diversión y aprendizaje debe considerarse cuidadosamente, para no excluir una por la otra.

Finalmente, la Tabla 3.5 presenta un resumen de las características de museo del fuerte Mosede con RV.

CATEGORÍAS	CRITERIOS	
Aspectos generales	País de desarrollo	Dinamarca
	Nivel educativo	Universitario
	Año de publicación	2015
Entorno inmersivo de RV	Objetivo de la aplicación:	Mejorar el aprendizaje mediante experiencias de RV.
	Feedback	Procesamientos de la tarea y sobre la tarea
	Formas de interacción	Mediante movimientos con su cabeza.
Aspectos metodológicos / Educativos	Áreas de aplicación	Historia – Primera Guerra Mundial y el Fuerte Mosede.
	Tipo de Actividad	Individual
	Metodología de aplicación	Técnica Aplicación

³⁰ **No diegético:** la mediación de información explícita, en este contexto, se la considera no diegética a su entorno. Por ejemplo, el narrador, que no está físicamente presente en el entorno contexto virtual, pero que provee información directamente al usuario.

³¹ **Diegético:** en el contexto de este estudio, la mediación de información implícita se considera diegética a su entorno. Esto significa que el elemento mediador no es ajeno al entorno y, por lo tanto, forma parte del mundo.

		Técnica evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Escala de experiencia de museo (MES) • Cuestionarios • Observación participante (videos)
--	--	---------------------------	--

Tabla 3. 5. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.

3.3.5 Learning to Juggle in an Interactive Virtual Reality Environment

En esta experiencia se presenta un sistema que combina interacciones del mundo real con el mundo virtual para entrenar habilidades motoras que son aplicables al mundo real. Para enseñar a los usuarios habilidades motoras en un entorno virtual, estos deben poder interactuar con él y para que el efecto del entrenamiento sea útil en el mundo real, la interacción en el mundo virtual debe ser lo más cercana posible a éste. Este proyecto, presenta un sistema para aprender malabarismo, en este contexto, el movimiento del brazo, así como la apertura y el cierre de las manos, son propiedades clave de la interacción requerida.

La Fig.3.13 y la 3.14 muestran la configuración que consiste en gafas *Oculus Rift*³², una *Microsoft Kinect*³³ y guantes hechos a medida.



Figura 3. 13. Configuración para el experimento. (A). El entorno de entrenamiento virtual se muestra utilizando un *Oculus Rift*. (B). El usuario es seguido por la *Microsoft Kinect*. (C). La apertura y el cierre de las manos se detectan con guantes. **Fuente:** Tomado de Stephanidis (2015)

³² **Oculus Rift:** Casco de realidad virtual que está siendo desarrollado por *Oculus VR*.

³³ **Microsoft Kinect:** es un controlador de juego libre y entretenimiento creado por Alex Kipman, desarrollado por *Microsoft* para la videoconsola Xbox 360.

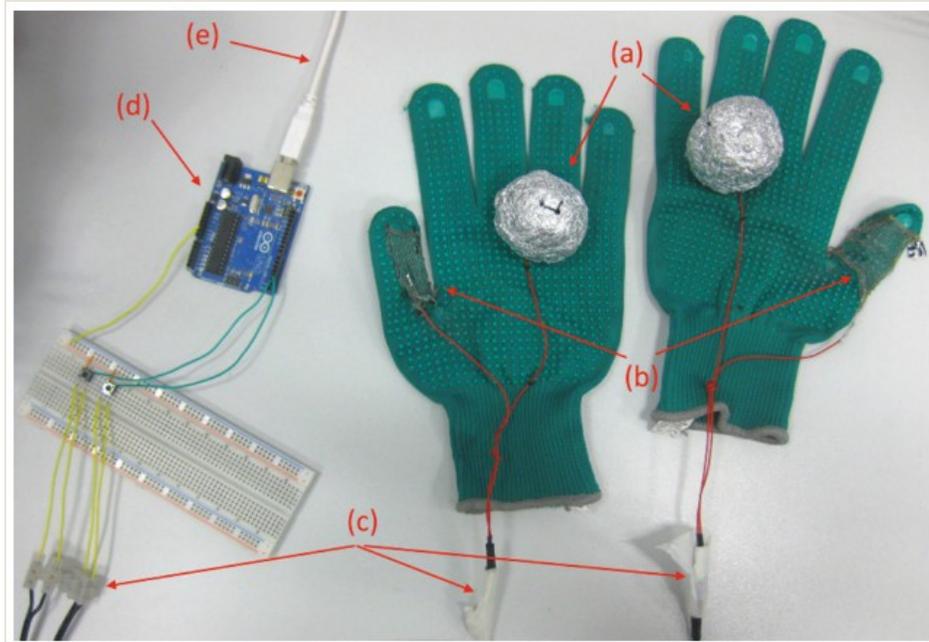


Figura 3. 14. Guantes para la interacción de la mano. Se activa una señal analógica si la mano se cierra cuando la malla de alambre (b) toca la pelotita de aluminio (a). La señal se transporta a través de los cables (c) a un microcontrolador (d) que la transforma en una señal digital y la reenvía a la computadora (e). Además, la pelotita de aluminio proporciona retroalimentación háptica al ser atrapada. **Fuente:** tomada de Stephanidis (2015)

El entorno se muestra a través de *Oculus Rift* desde una cámara virtual que está conectada a la posición de la cabeza del usuario en el mundo virtual. Esta cámara está orientada según la forma en que el usuario mueve la cabeza. Esto le permite al usuario ver sus brazos virtuales mientras levanta sus brazos reales hacia su campo de visión. Las posiciones de las manos proporcionadas por el *Kinect* se utilizan para atrapar y lanzar pelotitas virtuales. Se implementó un mecanismo que calcula automáticamente una trayectoria perfecta desde la mano que lanza a la otra mano, esto permite a los usuarios enfocarse en la secuencia de movimiento del malabarismo. Para explotar el potencial de un entorno virtual, se implementaron varias funcionalidades que no son posibles en el mundo real. Por ejemplo, es posible visualizar la trayectoria de las pelotitas lanzadas y reflejos que ayudan al usuario a medir el tiempo y dirigir los lanzamientos y atrapadas. También es posible reducir el tiempo, lo que permite a los usuarios hacer malabarismos en cámara lenta, dándole más tiempo para reaccionar mientras todavía se están familiarizando con la secuencia de malabarismo.

El estudio de caso, fue realizado con nueve personas, tres mujeres y seis hombres, de entre 20 y 43 años. Ninguno de los cuales sabía hacer malabarismos. La experiencia fue planteada de forma tal de enseñar el patrón de malabarismo en cascada como se muestra en la Fig.3.15. En primer lugar, los usuarios debieron tomar un curso de capacitación virtual (Fig.3.13). El entorno de entrenamiento virtual consistía en una sala simple, delimitada por líneas blancas como se muestra en la Fig.3.14. El avatar del usuario se colocó en el medio de la sala. El progreso se daba en forma de texto en el muro opuesto. Una voz generada por computadora condujo al usuario a través de cada ejercicio en el curso. Como primera tarea, los usuarios tuvieron que hacer ejercicios simples de lanzamiento de pelota para adaptarse al entorno virtual. En las siguientes etapas, se les presentaron tareas de dificultad creciente que condujeron a la secuencia real de malabarismo con una, dos y finalmente, tres pelotitas. En la etapa final, los participantes, con las tres pelotitas tuvieron que hacer malabares consecutivamente. Cada etapa tuvo que repetirse varias veces hasta alcanzar una cierta tasa de éxito. Posteriormente, se les dieron pelotitas de malabares reales a los usuarios para que probaran lo que habían aprendido en el entrenamiento virtual durante diez minutos. Durante ese tiempo, se contó el número de lanzamientos y capturas consecutivos. Finalmente, se pidió a los usuarios que completaran un cuestionario para obtener una idea de los aspectos cualitativos del entorno virtual y el curso de capacitación.

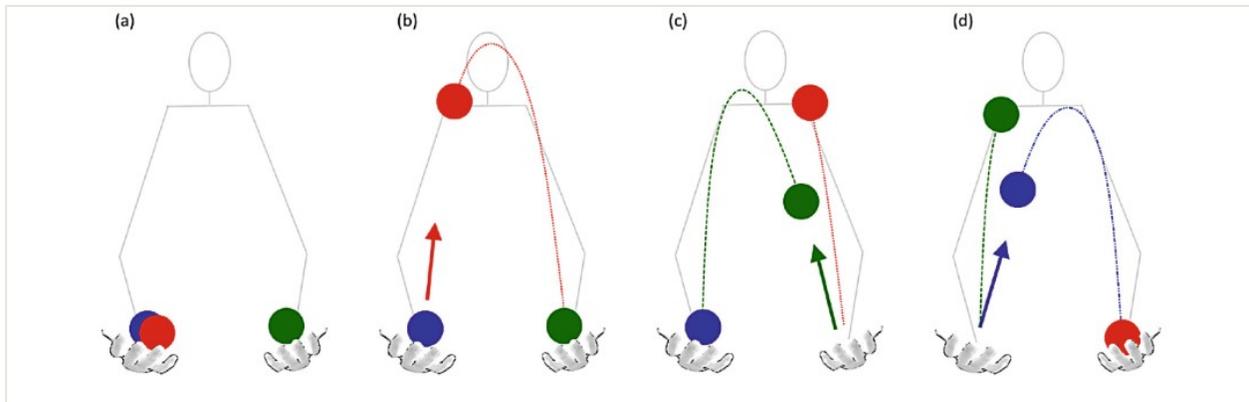


Figura 3. 15. Descripción del procedimiento en cascada: Comience tomando dos pelotitas en la mano dominante y una tercer pelotita en la otra mano (a). Lance una pelota desde la mano dominante (b). Cuando esta pelota alcance su ápice, lance la pelota desde la otra mano (c). Atrape la primera pelota y lance la última pelota, cuando la segunda pelota llegue al vértice (d). Para hacer malabarisimos, repita los pasos (c) y (d). **Fuente:** Tomado de Stephanidis (2015)

La experiencia tuvo una duración de 27 minutos promedio por participante. Todos los usuarios se familiarizaron fácilmente con el entorno virtual. Si bien la trayectoria de las pelotitas se percibió como realista, el proceso de lanzar y atrapar no resultó tan convincente. Después del entrenamiento, de todos los participantes, tres de ellos/as pudieron hacer malabarisimos a pesar de que el proceso de lanzamiento era simplificado, mientras que los demás participantes declararon que ahora sabían hacer malabares, pero necesitaban más tiempo de práctica.

Se pudo demostrar en esta experiencia el progreso del aprendizaje combinando un entorno virtual con los movimientos del usuario en el mundo real. Se demostró también, que las habilidades motoras pueden transmitirse desde un entorno virtual al mundo real.

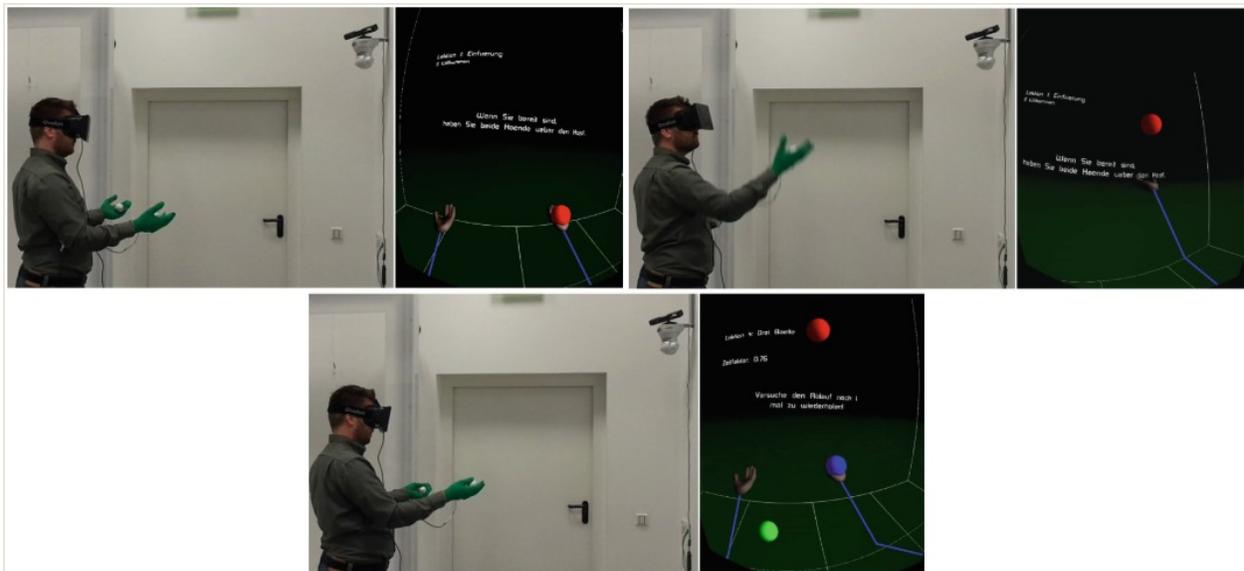


Figura 3. 16. Las imágenes de la izquierda muestran al participante, mientras que las imágenes de la derecha muestran lo que el participante ve actualmente: una vista del entorno de capacitación virtual. Las líneas blancas se utilizan para definir el área de entrenamiento. Una representación abstracta del usuario se muestra con líneas azules. Las manos se dibujan usando modelos 3D que indican si las manos están abiertas o cerradas. **Fuente:** Tomado de Stephanidis (2015).

Finalmente, la Tabla 3.6 presenta un resumen de las características de esta aplicación de RV para aprender malabarisimo. Estas características están relacionadas con los criterios de evaluación, por lo que serán de utilidad al realizar el análisis.

CATEGORÍAS	CRITERIOS		
Aspectos generales	País de desarrollo	Alemania	
	Nivel educativo	Otros	
	Año de publicación	2015	
Entorno inmersivo de RV	Objetivo de la aplicación:	Entrenar habilidades motoras que son aplicables al mundo real.	
	Feedback	Procesamientos de la tarea y sobre la tarea	
	Formas de interacción	Mediante el movimiento de su cabeza y de sus manos.	
Aspectos metodológicos / Educativos	Áreas de aplicación	Entrenamiento	
	Tipo de Actividad	Individual	
	Metodología de aplicación	Técnica Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> Sesión de capacitación Sesión de prueba
		Técnica evaluación	<ul style="list-style-type: none"> Cuestionarios Sesión en un entorno real.

Tabla 3. 6. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.

3.3.6 SIDEKIQ

SIDEKIQ es una herramienta de entrenamiento de Realidad Virtual, de fútbol americano, que ofrece al usuario una experiencia de entrenamiento realista a través de los siguientes aspectos: movimientos de alta fidelidad, renderizado inmersivo con seguimiento de la cabeza y una serie de jugadas cuidadosamente diseñadas. El objetivo del *SIDEKIQ* es evaluar la efectividad del entrenamiento de fútbol americano mediante RV. Diez jugadas de prueba fueron diseñadas por un entrenador de fútbol profesional para la evaluación. Cada sujeto usa gafas *Oculus Rift*³⁴ con la aplicación *SIDEKIQ*. El entrenador se coloca al lado del sujeto y controla la reproducción del juego usando un controlador *Xbox 360*³⁵ mientras observa en una plataforma *CAVE* la vista clonada del *HMD*. Esto le permite al entrenador observar hacia dónde mira el sujeto.

El diseño de interfaz de usuario (UI) de *SIDEKIQ*, se centró en la simplicidad. Como herramienta de autoría para crear jugadas, *SIDEKIQ* es utilizado principalmente por entrenadores de fútbol americano no expertos en informática. Se dispone de los elementos de interfaz visibles para el usuario, facilitando su uso: lista de reproducción, información del jugador, rutas del jugador y rutas de la pelota (Fig.3.18). Y éstos se ocultan fácilmente cuando la ventana gráfica del *render* cambia a pantalla completa para alcanzar un renderizado inmersivo. Con plantillas de juego precargadas, el entrenador puede elegir instantáneamente formaciones comunes como punto de partida y arrastrar a los/as jugadores/as en la vista de arriba hacia abajo para crear nuevas jugadas o modificar las existentes. Una vez familiarizado con la interfaz y las teclas de acceso directo, se puede crear una reproducción básica en menos de 3 minutos. Se utiliza un controlador inalámbrico *Xbox*, que facilita al entrenador poder estar detrás del alumno/a aprendiz, observando cada movimiento que éste realiza. Además brinda una función de grabación que ayuda a los entrenadores a grabar

³⁴ *Oculus rift*: casco de realidad virtual que está siendo desarrollado por Oculus VR.

³⁵ *Xbox 360*: videoconsola de sobremesa de la marca *Xbox* producida por Microsoft.

simulaciones con voces en off, que se convierten fácilmente en material de entrenamiento para el entrenamiento repetitivo uno a uno.

Para llevar a cabo la experiencia, el entrenador comienza el juego desde el principio con la formación de 22 jugadores (o un subconjunto de los/as jugadores/as relevantes para la evaluación). Se reclutaron 17 jugadores de fútbol, para esta evaluación. El objetivo era enfocarse en la capacidad de cada sujeto para hacer lecturas previas al pase inicial del balón e identificar correctamente al mejor receptor para lanzar la pelota, lo que describe en pocas palabras lo que hacen los mariscales de campo en un juego aéreo. El participante debe identificar inmediatamente al mejor receptor para lanzar la pelota, dentro de una ventana de 3 segundos después de que se le hizo la pregunta, y gana 1 punto si se responde correctamente. Si no se identifica el receptor correcto o si no responde la pregunta dentro de la ventana de 3 segundos, en ambos casos no se gana ningún punto. El límite de 3 segundos se debe a que demorar demasiado el pase puede dar a los defensores tiempo para bloquear el espacio y el ángulo de pase. Cada ensayo fue diseñado para que el sujeto pueda seleccionar la mejor respuesta posible (o respuestas) de una lista de 4 opciones, en donde 6 de cada 10 ensayos son preguntas de opción única. Cada uno de los 4 ensayos restantes tiene dos respuestas correctas, y una respuesta se considera correcta si el sujeto elige una de las dos opciones correctas.

Los participantes fueron invitados a participar en la evaluación durante una sesión de capacitación de 3 días. Cada día, los sujetos pasaron por el mismo conjunto de ensayos en un orden aleatorio, seguido de breves entrevistas del entrenador con el jugador, en la cual el entrenador le da un *feedback* y ayuda a cada sujeto a comprender la respuesta, por ejemplo, explicar por qué convenía pasar a un determinado receptor. Esto era acompañado de rebobinar el juego hasta el momento del pase de la pelota.

Se observó una experiencia de aprendizaje muy positiva, pudiendo obtener una buena tasa de retención para la evaluación. Todos los sujetos dieron su opinión después del ensayo, describiendo el estudio "súper genial, muy realista y muy interesante". El estudio fue muy bien recibido dado el hecho de que la tecnología de RV es muy popular.

La evaluación del usuario muestra que la mayoría de los sujetos eran más capaces o respondían correctamente las preguntas de evaluación al tercer día en comparación con el primero. Se observó que varios jugadores mejoraron su toma de decisiones hasta en un 60%, incluida la mejora en las lecturas previas al pase inicial.

Por otro lado, el entrenador Longshore (fig.3.20), que también fue parte de la capacitación en RV, cree firmemente que *SIDEKIQ* ha contribuido sustancialmente al éxito para obtener las preparaciones y repeticiones mentales, él afirma: "...para el puesto de mariscal de campo, la experiencia lo es todo".

El entrenamiento de RV cierra de manera efectiva la brecha entre la pizarra del juego y la experiencia de vista en perspectiva real que el jugador espera en el campo.

En comparación con el método tradicional de uso de libros de jugadas, la capacitación con RV simplemente permitió que los participantes reciban una capacitación más eficiente. Un beneficio significativo del entrenamiento de RV es proporcionar a los/as alumnos/as la capacidad de seguir ensayando su preparación mental sin la necesidad de reunir a varios jugadores para practicar en el campo. Otro gran beneficio, es la prevención de lesiones del entrenamiento en el campo, para reducir de manera efectiva y proactiva los impactos físicos repetidos, especialmente en la cabeza del jugador.

A continuación las Figuras 3.17, 3.18, 3.19 y 3.20 muestran *SIDEKIQ* ejecutándose en *Oculus Rift* sobre la plataforma *CAVE* de 4 paredes *EON I Cube*³⁶.

³⁶ *EON I Cube*: es un sistema 3D inmersivo de cuatro paredes que permite a los/as estudiantes 'entrar' en un escenario de aprendizaje e interactuar con entornos de capacitación, realistas.



Figura 3. 17. *SIDEKIQ* se ejecuta en la plataforma *CAVE* de 4 paredes *EON I Cube* para sesiones de entrenamiento inmersivo. **Fuente:** Tomado de Huang, Churches, & Reilly, (2015)



Figura 3. 18. Arriba: diseño de la interfaz con elementos de interfaz de usuario minimalistas, lo que facilita la creación de jugadas para entrenadores de fútbol no expertos en informática. Abajo: modo de vista de casco habilitado para *Oculus*, simulando exactamente lo que el jugador ve en el campo. **Fuente:** Tomado de Huang, Churches, & Reilly, (2015)



Figura 3. 19. Dos alumnos evaluados con Oculus Dk1 durante el estudio de la aplicación. **Fuente:** Tomado de Huang, Churches, & Reilly, (2015).



Figura 3. 20. Una sesión de entrenamiento individual dirigida por el entrenador Longshore en nuestra configuración EON I Cube tipo CAVE durante la entrevista de CBS. **Fuente:** Tomado de Huang, Churches, & Reilly, (2015)

Finalmente, la Tabla 3.7 presenta un resumen de las características de *SIDEKIQ*. Estas características están relacionadas con los criterios de evaluación, por lo que serán de utilidad luego realizar el análisis.

CATEGORÍAS	CRITERIOS	
Aspectos generales	País de desarrollo	Francia
	Nivel educativo	Jugadores de fútbol americano
	Año de publicación	2017
Entorno inmersivo de RV	Objetivo de la aplicación:	Evaluar la efectividad del entrenamiento de fútbol americano mediante RV.
	Feedback	Procesamiento de la tarea y sobre la tarea

	Formas de interacción	Mediante el movimiento de su cabeza.	
Aspectos metodológicos / Educativos	Áreas de aplicación	Entrenamiento	
	Tipo de Actividad	Individual	
	Metodología de aplicación	Técnica Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Sesión de capacitación • Sesión de prueba
		Técnica evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Cuestionarios • Entrevista luego de cada sesión de entrenamiento.

Tabla 3. 7. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.

3.3.7 Entornos virtuales en la educación superior: la inmersión como una construcción clave para el aprendizaje 4.0

El objetivo principal de este estudio es poder medir Experiencia de usuario (UX) en los entornos virtuales inmersivos de RV y su relación con el desempeño de la tarea. De este modo, se proporciona más evidencia de cómo los usuarios valoran los entornos virtuales inmersivos y qué aspectos influyen en el desempeño de la tarea (Fig. 3.21).

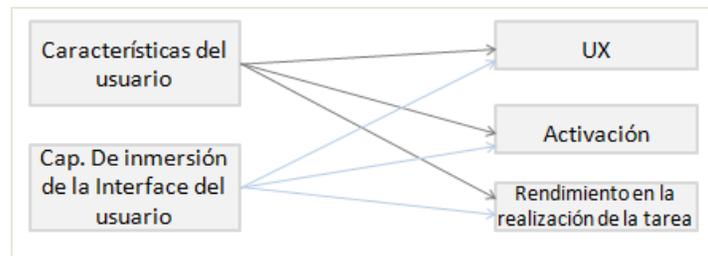


Figura 3. 21. Efectos entre las características del usuario, características de interfaz de usuario y UX, acciones y rendimiento en las tareas. **Fuente:** Tomado de Janssen, Tummel, Richert, & Isenhardt (2016)

Para comprender qué factores de usuario y de la interfaz de usuario influyen en la experiencia de usuario, en la acción y en el rendimiento de tareas dentro de un entorno virtual educativo desarrollado, se lleva a cabo un experimento controlado (Fig.3.22). En esta experiencia, *Minecraft*³⁷, fue utilizado como un entorno de aprendizaje virtual, debido a que es adecuado para el uso en diferentes contextos de aprendizaje académico, como Ingeniería, Física o Geografía, así como para escenarios de aprendizaje no técnicos como la creatividad, el trabajo en equipo o habilidades específicas (Reem, 2014; Schifter, 2013; Short, 2012). La concepción de Minecraft como escenario del entorno virtual de aprendizaje sigue los pasos de diseño del juego (Pivec, 2008; Morsi, 2007): se define el grupo objetivo, se definen los resultados del aprendizaje esperado del juego, y la concepción del juego. Se le da forma a la idea del juego, se elabora el argumento, y se procede con la implementación (técnica). Los/as estudiantes universitarios/as y los/as estudiantes de secundaria de 16 a 18 años constituyeron el grupo objetivo, por ser la próxima generación que ingresa al mercado laboral en unos pocos años.

³⁷ **Minecraft:** es un videojuego de construcción, de tipo «mundo abierto» o sandbox creado originalmente por el sueco Markus Persson, y posteriormente desarrollado por su empresa, Mojang AB. <https://www.minecraft.net/es-es/>



Figura 3. 22. Diseño de la prueba experimental. **Fuente:** Tomado de Janssen, Tummel, Richert, & Isenhardt (2016)

La experiencia consta de una tarea de resolución de problemas, en la que los participantes tienen que resolver una tarea de problema logístico. La tarea se integra en una historia en una fábrica industrial donde los/as estudiantes son empleados/as de una empresa que produce refrescos, especialmente limonada. La tarea experimental simula un proceso de resolución de problemas, en donde se requiere una forma activa y autónoma de encontrar soluciones. En esta experiencia, los/as estudiantes deben construir una ruta para transportar la carga de un almacén a una fábrica. Como requisitos para resolver la tarea, los participantes deben construir la ruta de transporte sobre rieles de una manera eficiente, que ahorre recursos y sea rápida. Antes de trabajar en ello, los participantes tienen la opción de ingresar a un tutorial para conocer el entorno virtual y el sistema de control para la locomoción y el campo de visión. Los/as estudiantes que están en el grupo objetivo también pueden usar el tutorial para familiarizarse con el HMD y el efecto inmersivo.

La experiencia se orientó al alcance de los siguientes objetivos:

- **Orientación espacial:** al principio, los/as estudiantes deben obtener una visión general del área industrial, donde deben construir la ruta de transporte.
- **Toma de decisiones:** después de obtener una visión general del área y las diversas posibilidades para construir la ruta de transporte, deben tomar una decisión en términos de los requisitos de la tarea, considerando la eficiencia y la rapidez.
- **Resolución de problemas:** existen ciertas barreras en el área industrial, como por ejemplo el caudal de automóviles, que deben considerarse, al elegir y construir la ruta de transporte.
- **Habilidades psicomotoras:** los/as estudiantes deben usar el hardware de manera apropiada y navegar por el entorno virtual.

Para el análisis del desempeño de la tarea por cada estudiante, se utilizó una herramienta específicamente programada, que registra los siguientes parámetros de desempeño: tiempo, número de rieles usados, errores en la forma del número de rieles retirados y la distancia recorrida de cada participante. Además, un software de captura de pantalla está grabando el movimiento del estudiante dentro del entorno virtual de aprendizaje, mientras resuelve la tarea. Para medir la fisiología de los participantes durante la tarea, los sensores de *biofeedback*³⁸ toman mediciones tres veces durante el experimento.

Los diversos métodos (autoinforme, cuestionarios cuantitativos, mediciones fisiológicas objetivas) constituyen una descripción compleja y detallada de la UX, consciente y subconsciente, de los/as estudiantes en el entorno virtual de aprendizaje.

Durante el procesamiento de la tarea, un software de captura de pantalla registra el movimiento de los/as estudiantes en el VLE. Las grabaciones se analizan cualitativamente en términos de las estrategias elegidas para construir la ruta de transporte sin conductor. Se identifican tres estrategias diferentes:

1. Proporcionar una descripción general en la posición actual antes de comenzar la tarea.
2. Proporcionar una descripción general antes de comenzar la tarea mientras camina en el área industrial.

³⁸ *Biofeedback*: técnica basada en un sistema de sensores gracias a los cuales el usuario es consciente en tiempo real de varios parámetros fisiológicos que describen el funcionamiento de su cuerpo.

3. Colocar los rieles directamente sin obtener una descripción general.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la segunda estrategia fue la más utilizada. No hay diferencias significativas en el número de rieles usados, ni en la condición inmersiva. No se pudo encontrar una conexión entre las estrategias y el tiempo de los parámetros de rendimiento de la tarea, el número de rieles usados, los errores en relación con el número de rieles eliminados y la distancia recorrida de cada participante.

En cuanto a los efectos de los rasgos del usuario en el entorno virtual educativo inmersivo, los resultados iniciales han demostrado que existe un impacto. En particular, los usuarios que tienen características más inciertas, ansiosas o nerviosas experimentan el entorno virtual educativo menos positivo y no están tan comprometidos como los usuarios que tienen un carácter más activo y abierto. Estos resultados indican que esas características tienen un impacto clave positivo o negativo en la experiencia de entorno virtual de aprendizaje, y también un efecto en el rendimiento de la tarea y, por lo tanto, en el proceso de aprendizaje. Sin embargo, se necesita más investigación para determinar qué rasgos del usuario tienen realmente una función central en este contexto.



Figura 3. 23. Escenario de experimentación. **Fuente:** Tomado de Janssen, Tummel, Richert, & Isenhardt (2016).

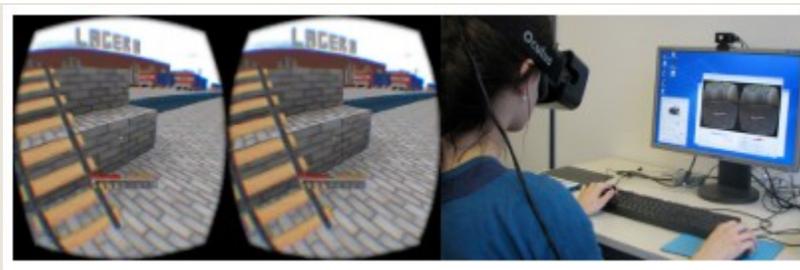


Figura 3. 24. Estudiantes realizando la experiencia. **Fuente:** Tomado de Janssen, Tummel, Richert, & Isenhardt (2016)

Finalmente, la Tabla 3.8 presenta un resumen de las características del proyecto. Estas características están relacionadas con los criterios de evaluación, por lo que serán de utilidad luego de realizar el análisis.

CATEGORÍAS	CRITERIOS	
Aspectos generales	País de desarrollo	Alemania
	Nivel educativo	Secundario/ Universitario
	Año de publicación	2016

Entorno inmersivo de RV	Objetivo de la aplicación:	Medir Experiencia de usuario (UX) en los entornos virtuales inmersivo de Realidad Virtual y su relación con el desempeño de la tarea		
	Feedback	Procesamientos de la tarea, sobre la tarea, <i>biofeedback</i>		
	Formas de interacción	Mediante el movimiento de la cabeza, teclado y mouse.		
Aspectos metodológicos / Educativos	Áreas de aplicación	Entrenamiento		
	Tipo de Actividad	Individual		
	Metodología de aplicación	Técnica Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Sesión de capacitación • Sesión de prueba 	
		Técnica evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Autoinforme • Cuestionarios cuantitativos • Mediciones fisiológicas objetivas 	

Tabla 3. 8. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.

3.3.8 TactileVR



Figura 3. 25. *TactileVR*: sistema que permite a los usuarios moverse e interactuar libremente con objetos físicos y juguetes, que coexisten en un mundo virtual, una presencia inmersiva y retroalimentación táctil en la realidad virtual. **Fuente:** Tomado de Shapira, Amores, & Benavides (2016).

TactileVR crea una experiencia inmersiva e intuitiva de realidad virtual para niños/as, mediante un conjunto de escenarios recreativos y educativos, en donde un niño/a puede caminar libremente por el mundo virtual, ver sus manos y pies virtuales y a otros/as participantes. Además, puede explorar e interactuar moviendo, sacudiendo, lanzando, girando y tocando los objetos táctiles, jugando de manera simple y familiar (Fig.3.25). El proyecto integra la información de seguimiento del espacio, como el movimiento de la cabeza, manos y pies del usuario. Cada objeto del mundo virtual tiene una apariencia y un comportamiento únicos, por ejemplo, en un laboratorio de circuitos eléctricos, se utilizan bloques de juguetes que funcionan como interruptores, baterías y bombillas (Fig. 3.26). Al rastrear e integrar juguetes y otros objetos cotidianos en la realidad virtual, se pueden crear experiencias educativas y recreativas para los/as niños/as, a través del juego y la exploración autónoma. Además en *TactileVR* todos pueden participar, tanto los/as niños/as con las gafas de RV como los que no.



Figura 3. 26. Cada objeto físico se rastrea y es representado en el mundo virtual. La apariencia y la funcionalidad del objeto pueden cambiar según el escenario. Como se muestra en la imagen (desde la parte superior izquierda y en el sentido de las agujas del reloj): un bloque puede ser un par de binoculares, una casa en un pueblo tranquilo, una réplica exacta del bloque real o el componente de un circuito eléctrico. **Fuente:** Tomado de Shapira, Amores, & Benavides (2016).

TactileVR consiste en una gran sala con sistema de rastreo. Para cada participante, se rastrea la posición y orientación de su dispositivo VR montado en la cabeza, así como sus manos y pies mediante un pequeño conjunto de marcadores reflectantes. También se rastrea un gran conjunto de bloques de colores suaves, autos de juguete y otros objetos simples, para que los/as niños/as experimenten e interactúen. (Fig.3.27)

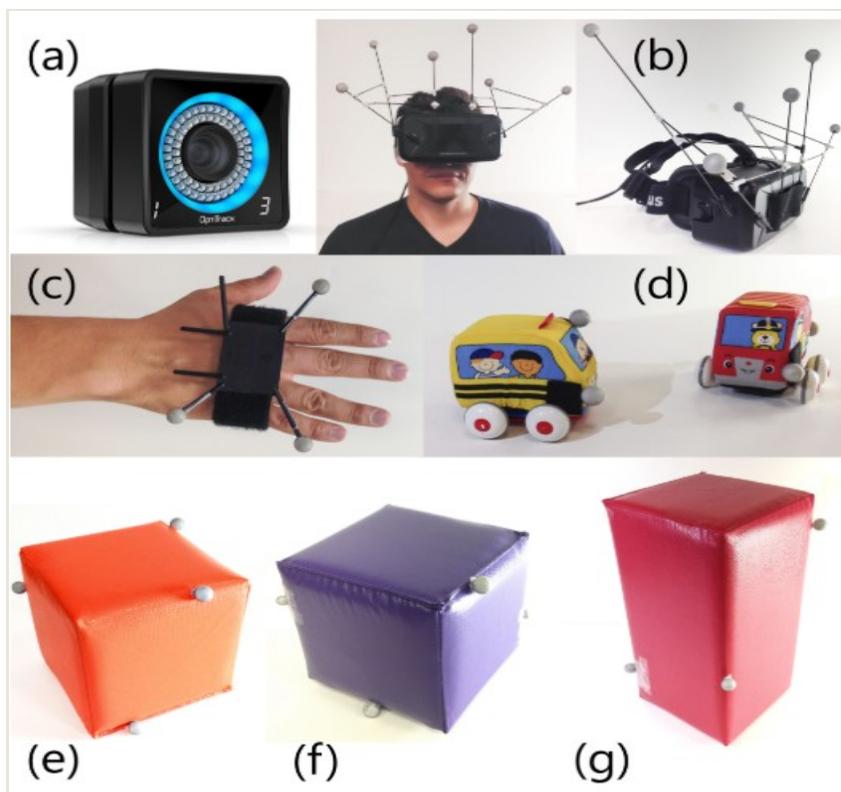


Figura 3. 27. Configuración *TactileVR*: (a) Un conjunto de doce cámaras, (b) Una casco de RV montado en la cabeza, (c) Rastreadores de manos y pies, (d-g) Un conjunto de bloques de colores y otros juguetes. **Fuente:** Tomado de Shapira, Amores, & Benavides (2016).

En la experiencia, se midió el desempeño de los/as niños/as en las tareas mediante entrevistas con ellos/as.

El objetivo de *TactileVR* es el desarrollo de:

1. Obtener una aplicación fácil de implementar con un sistema de retroalimentación háptica de bajo costo.
2. Proponer una forma novedosa de usar interacciones naturales, con objetos simples para conducir simulaciones de RV complejas.
3. Realizar un estudio de cómo los/as niños/as interactúan con mundos virtuales y la importancia de la auto-locomoción y la retroalimentación háptica³⁹ para su sensación de confort y confianza.

Se llevó a cabo este estudio para validar las siguientes preguntas de investigación, prestando especial atención a las dos primeras:

1. ¿Prefieren los/as niños/as interactuar con objetos físicos?
2. ¿El manejo de objetos físicos mejora la precisión y la velocidad?
3. ¿Cuán comprometidos y curiosos son los/as niños/as dentro de los escenarios de realidad virtual?

Debido a que el estudio trata con niños/as pequeños/as, se aseguró que se sintieran seguros/as y no experimenten ningún tipo de incomodidad (Sharples, 2008). Cada participante en el estudio estuvo acompañado por sus padres en todo momento. Los padres firmaron un formulario de consentimiento y se les animó también a probar en qué consiste la Realidad Virtual y *TactileVR* por sí mismos. A los/as niños/as se les dio tiempo para familiarizarse con el sistema, y se les preguntó con cierta frecuencia si querían quitarse

³⁹ La tecnología **háptica**, también conocida como comunicación cinestésica, proporciona una forma de recrear el sentido del tacto mediante la aplicación de una serie de fuerzas, vibraciones y movimientos a la persona.

los auriculares, descansar unos minutos y si se sentían bien. Cabe señalar que ninguno de los participantes experimentó molestias al usar *TactileVR*.

En un estudio piloto se invitó a un grupo de niños/as a visitar el laboratorio en diferentes ocasiones. El grupo piloto consistió en una niña de 7 años que participó tres veces durante dos semanas. Una niña de 5 años (dos veces) y un niño de 8 años (una vez). En todos los casos, se supervisaron y registraron sus comportamientos, desempeño de tareas, comentarios y disfrute usando el sistema. Después de probar el sistema, se les preguntó a los/as niños/as sobre su experiencia, lo que pensaban, sobre posibles mejoras de la experiencia general y sobre escenarios futuros con los que les gustaría interactuar.

Durante el estudio piloto se observaron diversos problemas técnicos: debido al tamaño físico de los/as niños/as, al tener brazos cortos, sostenían los objetos mucho más cerca del HMD que las personas adultas. Debido a su ligero marco, también fue necesario ajustar la configuración de las esferas reflectantes en el HMD. Cada niño/a en el estudio piloto participó en las siguientes configuraciones y escenarios de realidad virtual:

- Utilizó las gafas de RV, sentado, con un controlador de juego, experimentando una de varias experiencias VR disponibles.
- Utilizó *TactileVR*, experimentando los escenarios creados (principalmente *Mushroom Land* - La tierra de los hongos).
- Utilizó *TactileVR*, con rastreadores de manos y pies.

Se observó a cada niño/a y se realizaron entrevistas con ellos/as sobre sus impresiones, su comodidad al usar el sistema y cómo lo mejorarían. Con base en las respuestas que se obtuvieron en el estudio piloto, se efectuaron mejoras y se diseñó el estudio formal del usuario.

El estudio formal fue llevado a cabo, con 11 niños/as de 5 a 11 años. Los/as niños/as fueron introducidos/as a la realidad virtual en un entorno clásico (sentados con un controlador), y luego se les presentó el laboratorio *TactileVR*. Cada uno de ellos/as realizó un conjunto de tareas, tanto con objetos táctiles como virtuales. Los/as niños/as también experimentaron distintos escenarios, descubriendo por sí mismos las diferentes interacciones posibles. Se observaron sus comportamientos, actividades, tipos de juego, atención y compromiso. Cada sesión fue supervisada y se grabaron videos para analizar comportamientos y resumir actividades después del estudio. La sesión de cada participante fue de entre 45 a 60 minutos. Previo a la prueba, cada participante tuvo una introducción de cinco minutos a la realidad virtual y al equipo que estaban a punto de usar.

Durante la sesión, los/as niños/as participaron en las siguientes tareas:

- Tarea 0: usar un casco de realidad virtual, sentado, con un controlador de juego, experimentar una versión no táctil de escenario "*Mushroom Land*" (Fig.3.28). Disponen de joystick con el cual al mirar a su alrededor y puede "*sacudir las casas mirándolas y presionando el botón x*".
- Tarea 1: en esta tarea y en todas las siguientes, el/la niño/a usó un casco de RV con seguimiento y un rastreador de manos y pies en el laboratorio *TactileVR*. El/la niño/a tuvo que interactuar con cuatro bloques virtuales (sin contrapartes físicas) y transferirlos (al agarrarlos virtualmente) a objetivos designados en el piso. Cuando el/la niño/a cerró sus manos (virtualmente) alrededor de un bloque, el bloque virtual se unió a un punto p entre sus manos, moviéndose junto con el/la niño/a. Cuando el/la niño/a separó sus manos a la extensión de 3 cm del bloque, se separó de sus manos y nuevamente estuvo sujeto al sistema de física del mundo virtual. Hay que considerar que los objetivos designados en el piso se marcaron en diferentes colores (que coinciden con los cubos) y contenían un cuadrado blanco punteado que significaba el centro del objetivo. Se utilizaron objetivos idénticos en la tarea 2. Ver figura 8 (a).
- Tarea 2: el/la niño/a interactúa con cuatro bloques físicos (y sus servidores proxy virtuales), transfiriéndose a objetivos designados en el piso. Se rastreó cada bloque físico y su proxy virtual (del mismo tamaño, forma y color), se fijó en su posición y orientación. Ver figura 8 (b)
- Tarea 3: el/la niño/a interactúa con cuatro bloques físicos, construyendo una torre estable.

- Tarea 4: exploración libre, cada niño/a tenía 20 minutos para jugar en los diferentes escenarios, incluidos *Mushroom Land*, *Race Track*, *Electric Circuit* y *Darts*.

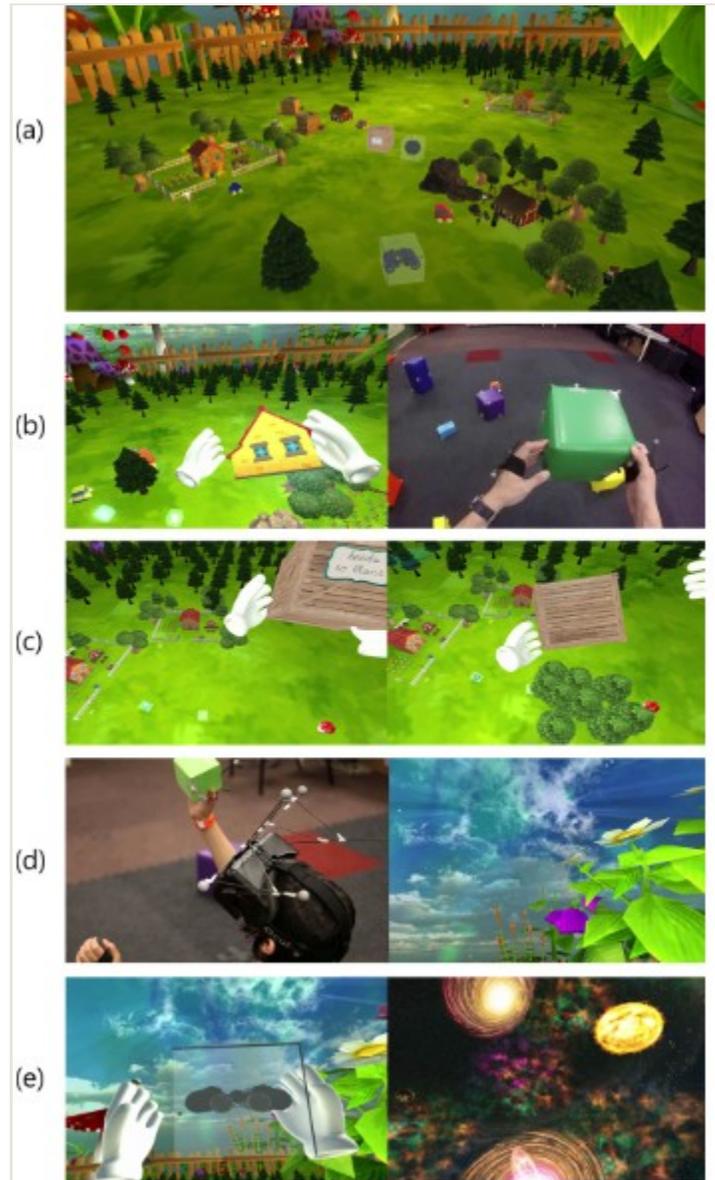


Figura 3.28. (a) *Mushroom land* es un escenario exploratorio con muchas interacciones diferentes, el usuario puede: (b) sacudir una casa para cambiar su apariencia o apilarlas y así formar apartamentos de varios pisos, (c) plantar semillas de una caja y cultivar nuevos árboles, (d) sacudir un clima (cubo) y hacer que nieve, (e) levantar los binoculares a sus ojos y ver la galaxia. **Fuente:** Tomado de Shapira, Amores, & Benavides (2016).

Ocho de participantes participaron en la Tarea 0, con una configuración de RV "clásica". Seis de estos no tenían experiencia previa con la RV. Se los entrevistó, consultando sobre sus impresiones acerca de la RV y cómo se sintieron. Cinco de los ocho participantes sintieron náuseas después de unos minutos con las gafas de RV, diciendo "*Estoy enfermo/a*" y "*Me siento un poco mareado/a*". En general, los/as niños/as disfrutaron mirar alrededor del mundo virtual, pero dijeron que "*desearía poder acercarme a las casas*" y "*es difícil señalar las casas*".

Antes de cada tarea, a cada niño/a se le daba tiempo para experimentar e interactuar con los objetos. Para las tareas 1 y 2, se cronometraron los tiempos y se midió la precisión que lograron al colocar los bloques (táctiles o virtuales) dentro de los objetivos. El orden de las tareas 1 y 2, se cambió para la mitad de los/as niños/as. A todos los participantes les fue bien en la tarea 3, y lograron ampliar al menos cuatro bloques, de manera estable en menos de 40 segundos. La mayoría de los/as niños/as agarraron espontáneamente más bloques y los agregaron a la torre. En la tarea 4, los/as niños/as experimentaron con los diversos escenarios. Los escenarios fueron diseñados, para involucrarlos en la experiencia de RV, de forma tal de poder analizar su comportamiento y probar diferentes técnicas de interacción con diferentes motivaciones (por ejemplo, exploración, aprendizaje, control). Se monitorean todas las modalidades de interacción con las que los participantes experimentaron, pero principalmente se observó el comportamiento. En el escenario de *Mushroom Land*, cada niño/a participó (en promedio) en 4.5 interacciones de 7 posibles (binoculares, cambiar el clima, plantar semillas, cortar árboles, explotar bombas, sacudir casas para cambiarlas y apilar casas).

Luego se entrevistó a los/as niños/as, después de cada una de las tareas 1-3, y después de la parte de exploración (tarea 4). Cuando se les preguntó acerca de la tarea 1, dijeron: "*Es como agarrar el aire*", "*Cuando eran los cubos reales era fácil jugar, pero cuando no podía sentirlos era raro...*". En cuanto a la tarea 2, dijeron: "*... es más simple porque puedes sentir los cubos...*". Los/as niños/as no expresaron fatiga y dijeron: "*No me sentía cansado/a en absoluto, ¿puedo volver a jugar?*". También se les preguntó qué mundos inventarían si pudieran convertir los objetos en algo. Se obtuvieron respuestas e ideas muy interesantes sobre cómo proceder: "*Me encantó mover las casas, desearía poder tocar a la gente*", "*¿Puedes hacer un mundo de Candyland?*", "*¿Quizás un mundo de la ciencia?, donde puedes hacer experimentos y ser científicos*". Los/as niños/as disfrutaron especialmente los circuitos eléctricos y *Mushroom Land*, donde podían afectar más el contexto. Además se les pidió que calificaran varios aspectos del entorno *TactileVR* del 1 al 10. La satisfacción media con el sistema fue de 8,7 / 10.

Con base en las observaciones y entrevistas, se obtuvieron algunas ideas fundamentales:

- Los/as niños/as sin experiencia previa en RV (casi todos), se sumergieron sin dudar y en unos pocos momentos corrían y desafiaban los límites del sistema. Su confianza parece estar relacionada tanto con la capacidad de tocar físicamente los diversos elementos en el mundo virtual, como con la capacidad de caminar por el entorno.
- Los/as niños/as parecían tener una vara mucho más baja (que las personas adultas) para aceptar y adoptar nuevas formas de interacción. De hecho, la manera despreocupada e incluso brusca que los/as niños/as manejaron con los objetos de *TactileVR* sorprendió. Los/as niños/as arrojaron los juguetes, los pisaban y les sacaron provecho. Por otro lado, las personas adultas que usaron el sistema, requirieron un período de adaptación mucho más largo antes de comenzar a caminar y alcanzar los objetos físicos, para confiar en el sistema.
- La combinación de seguimiento preciso, movimiento libre y retroalimentación física del entorno y los objetos táctiles contribuyeron a una experiencia mayormente libre de náuseas para todos los/as niños/as, incluidos aquellos participantes que sintieron esto previamente.
- Cuando los/as niños/as juegan, a menudo los objetos cotidianos se convierten en algo más en su imaginación: una funda de almohada se convierte en una capa, un cartón de leche se convierte en una nave espacial. *TactileVR* crea una manifestación física para este proceso creativo. Se observó esto más evidentemente en el comportamiento multijugador espontáneo que surgió. Incluso cuando solo un niño/a tenía auriculares VR, los otros/as niños/as todavía disfrutaban jugando con los juguetes, ayudando a construir torres, etc. Los/as niños/as se llamaban entre sí, creaban pequeños juegos y construían su propio mundo de fantasía.
- *TactileVR* inspiró a los/as niños/as y generó nuevas ideas y opciones de juego que no habían considerado antes.

En la Fig. 3.29 y 3.30 se puede observar a los/as niños/as y su interacción con *TactileVR*.



Figura 3. 29. En este circuito, el participante debe colocar los componentes eléctricos que faltan en una placa de circuito virtual. En este sencillo ejemplo, faltaban la bombilla y la batería. **Fuente:** Tomado de Shapira, Amores, & Benavides (2016).

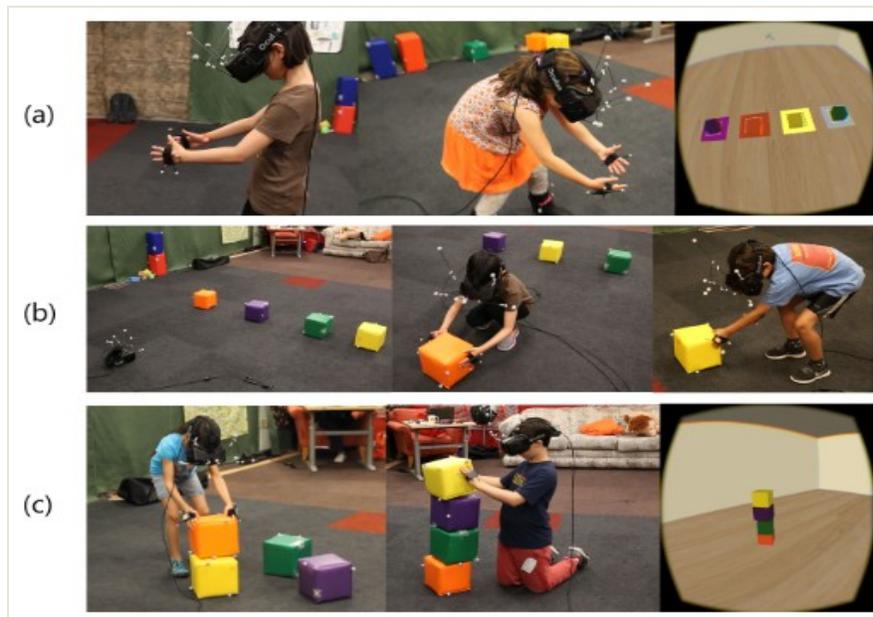


Figura 3. 30. (a) Los participantes están tomando los bloques virtuales y colocándolos en los lugares objetivos (como se muestra a la derecha), (b) Los participantes colocan los bloques táctiles en los objetivos, y en (c) Los participantes apilan bloques táctiles (los resultados virtuales se muestran a la derecha). **Fuente:** Tomado de Shapira, Amores, & Benavides (2016).

Finalmente, la Tabla 3.9 presenta un resumen de las características de *TactileVR*. Estas características están relacionadas con los criterios de evaluación.

CATEGORÍAS	CRITERIOS	
Aspectos generales	País de desarrollo	Estados Unidos
	Nivel educativo	Inicial

	Año de publicación	2016		
Entorno inmersivo de RV	Objetivo de la aplicación:	Permitir a los usuarios moverse e interactuar libremente con objetos físicos y juguetes, que coexisten en un mundo virtual, para jugar y aprender de forma autónoma.		
	Feedback	Procesamientos de la tarea, afectivo y sobre la tarea		
	Formas de interacción	Mediante el movimiento de su cabeza, manos y pies. Además, en algunos circuitos, también a través del joystick.		
Aspectos metodológicos / Educativos	Áreas de aplicación	Inicial y primario		
	Tipo de Actividad	Individual y grupal		
	Metodología de aplicación	Técnica Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Sesión de capacitación • Sesiones de prueba 	
		Técnica evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Autoinforme por observación • Entrevistas 	

Tabla 3. 9. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.

3.3.9 CAP VR - Simulación inmersiva de experiencias arquitectónicas espaciales

El entorno de Realidad Virtual de la Facultad de Arquitectura y Planificación (*CAP VR*) permite a un usuario no sólo navegar por modelos tridimensionales de tamaño infinito, mientras que físicamente sólo puede desplazarse en un entorno de 9x9 metros. (30 pies). El entorno *CAP VR* consiste en un casco de RV y un sistema de seguimiento que conoce la posición exacta del usuario en el espacio real y la mapea en el modelo 3D. Además, un dispositivo de seguimiento de orientación (giroscopio) mantiene un registro de la orientación / dirección de la cabeza del usuario. Adicionalmente, los usuarios cuentan con una suerte de bastón inalámbrico en su mano con seguimiento que lo ayuda a moverse por el entorno a diferentes velocidades y en cualquier dirección, además de otras funciones. También, los usuarios pueden compartir la experiencia con otros, para eso se ha conectado el sistema de RV a una pantalla gigante con proyección. Los usuarios experimentan un nivel de presencia realmente alto dentro del entorno virtual, debido a los recursos multimedia que se integran. Estos modelos contienen imágenes fotorrealistas, iluminación y sombras, incluyendo avatares animados, que aumentan la sensación de presencia en el espacio virtual, y así el nivel de inmersión.

La hipótesis de trabajo que guía esta investigación supone que los entornos inmersivos de RV pueden apoyar de manera efectiva el proceso de diseño de experiencias arquitectónicas espaciales y su percepción a través de artefactos arquitectónicos de mayor calidad, a diferencia de los espacios diseñados utilizando métodos de representación tradicionales. Para este propósito, se llevó a cabo un experimento con estudiantes

de segundo año de diseño arquitectónico a quienes se les asignó la tarea de rediseñar el espacio exclusivo de una clínica médica local.

Para la realización de esta experiencia, una clase de 15 estudiantes se dividió en dos grupos: el grupo de control y el grupo experimental. El grupo de control consistió en 3 equipos de estudiantes y el grupo experimental consistió en 4 equipos de estudiantes. La designación de grupos y equipos fue realizada por los/as estudiantes que fueron guiados por su preferencia en el uso de los medios.

El experimento comenzó proporcionando una sesión informativa sobre diseño a los participantes. El contexto seleccionado para el proyecto, fue una sala de espera para una clínica de salud local que los/as estudiantes visitaron durante una excursión. El espacio de la sala de espera se caracterizaba en que en la clínica estaba limitado a una ubicación interna específica en el segundo piso, con muy poca luz. Dado el problema de diseño, en primer lugar, los/as estudiantes investigaron los efectos de las condiciones ambientales en las salas de espera (Evans & McCoy, 1998) y siguieron recomendaciones especializadas para aliviar el estrés y fomentar el bienestar entre los pacientes (Leibrock & Harris, 2011).

Se les dio un modelo digital en 3D del área para su renovación y utilizaron el entorno *CAP VR* para recorrer una versión simplificada en entorno virtual de la clínica que representaba la sala de espera actual, sin muebles y una mínima referencia a colores o texturas en las superficies.

El proceso de diseño para ambos grupos de investigación fue progresivo, a través de iteraciones de dibujo y modelado. Por un lado, el grupo de control utilizó modelos físicos en diferentes etapas de finalización para la especulación del diseño, pero principalmente para fines de presentación. También utilizaron un modelo digital 3D proporcionado al comienzo de la experiencia para implementar el diseño y crear las representaciones finales. El grupo experimental, por otro lado, si bien utilizó el modelo 3D original para introducir modificaciones en la geometría según fuera necesario, así como para incorporar elementos de mobiliario, además pudieron representar sus modelos digitales 3D en el entorno *CAP VR*, previo a una capacitación sobre la aplicación. En la mayoría de los casos, los equipos del grupo experimental implementaron todo el proceso desde el modelado, la exportación y visualización, reiteradas veces, antes de obtener la calidad deseada (incidencia de luz, ajuste de color, simplificación de los objetos complejos, racionalización de número de objetos, etc.)

Una vez finalizada la etapa de diseño, los/as estudiantes presentaron sus proyectos para la etapa de revisión convencional. Los proyectos fueron revisados por un jurado que, al hacerlo, proporcionó datos para la investigación. Estos datos fueron analizados para determinar los resultados del experimento. Todo el proceso de investigación duró 6 semanas desde el inicio del proyecto hasta que se recopilaron los datos del jurado para su posterior análisis.

En la fig.3.31 se pueden observar algunas vistas tomadas del entorno de modelado de realidad virtual de los cuatro proyectos diferentes en el grupo experimental.



Figura 3. 31. Distintos proyectos resultantes de la simulación de RV. **Fuente:** Tomado de Ângulo & Velasco (2013)

Después de completar el diseño, se les pidió a los/as estudiantes que comunicaran sus soluciones produciendo un tipo idéntico de planos. El grupo de control preparó modelos físicos finales para la presentación y el grupo experimental estaba listo con los modelos de RV que se mostraron en el entorno CAP VR. Se realizaron dos revisiones: (1) una revisión del proyecto convencional, realizada por un revisor invitado y todos los compañeros de clase, y (2) una revisión del jurado que consistió en 4 revisores. La revisión del proyecto convencional se realizó en dos entornos. Primero en un aula convencional para los equipos que pertenecen al grupo de control. En segundo lugar, la revisión del proyecto continuó en el entorno CAP VR para que los equipos del grupo experimental pudieran demostrar sus proyectos virtuales utilizando el sistema VR. Los integrantes del jurado realizaron la evaluación de manera individual y no grupal, utilizando la información cargada en la web y completando formularios en papel. La información de cada proyecto consistía en diagramas, dibujos ortográficos, representaciones y fotografías de modelos físicos o de vistas de los modelos de realidad virtual, según el tipo de grupo al que pertenecían. El jurado no conocía la identidad de los/as diseñadores/as de los proyectos, tampoco utilizaron el entorno CAP VR para ningún tutorial ni vieron los proyectos de realidad virtual en la gran pantalla proyectada. El jurado llenó dos formularios para cada proyecto: un cuestionario sobre evaluación afectiva del espacio y un cuestionario sobre evaluación ambiental del espacio.

El mejor proyecto fue el que mejor se asociaba con la hipótesis de la investigación (1) evaluaciones afectivas más positivas del área de espera, y (2) evaluaciones más positivas de las características ambientales en comparación con otros diseños. La evaluación afectiva del área de espera se ha utilizado como una herramienta para evaluar el espacio desde un punto de vista subjetivo. El cuestionario enumeró 11 elementos como un conjunto de adjetivos bipolares (es decir, abierto/cerrado, relajado/tenso, agradable/desagradable, etc.).

La evaluación ambiental del área de espera, se implementó a través de un formulario que enumeraba 14 elementos específicos relacionados con características específicas e identificables dentro del entorno, por ejemplo, la efectividad de la circulación, el diseño adecuado de los muebles, el sentido de la naturaleza, etc. Los criterios de evaluación enumerados en los formularios se determinaron en colaboración con los/as estudiantes y se discutieron hasta llegar a un consenso.

En la evaluación afectiva de los espacios, solo se utilizaron los adjetivos positivos y sus puntuaciones para la tabulación para determinar la simpatía del espacio. El Grupo 1 (VR - Equipo de realidad virtual) obtiene el puntaje más alto, seguido por el Grupo 6 (PM- Equipo de modelo físico). En cuanto a la evaluación ambiental, el jurado determinó nuevamente que el Grupo 1 (equipo VR) obtuvo el puntaje más alto. De acuerdo a los resultados obtenidos, los dos puntajes más altos los logran los equipos del grupo experimental (VR), al mismo tiempo que los dos puntajes más bajos se atribuyen a los equipos en el grupo de control (PM).

Se ha obtenido evidencia que sugiere que los proyectos que usan el entorno CAP VR pueden apoyar efectivamente el diseño de experiencias espaciales arquitectónicas. También se observó que el uso de entornos inmersivos de RV puede ampliar el papel de las revisiones de estudio para ser más participativo y colaborativo. Los entornos inmersivos de realidad virtual pueden proporcionar retroalimentación en el tiempo para mejorar el diseño espacial y pueden mejorar la comprensión de las experiencias arquitectónicas del espacio que conducen a resultados significativos.

Finalmente, la Tabla 3.10 presenta un resumen de las características de CAP VR.

CATEGORÍAS		CRITERIOS		
Aspectos generales	País de desarrollo	Estados Unidos		
	Nivel educativo	Universitario		
	Año de publicación	2014		
Entorno inmersivo de RV	Objetivo de la aplicación:	Mejor el proceso de diseño de experiencias arquitectónicas espaciales y su percepción, mediante entornos de Realidad Virtual.		
	Feedback	Procesamientos de la tarea		
	Formas de interacción	A través del movimientos el movimientos de su cabeza.		
Aspectos metodológicos / Educativos	Áreas de aplicación	Arquitectura		
	Tipo de Actividad	Individual y grupal		
	Metodología de aplicación	Técnica Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Sesión de capacitación • Sesión de prueba 	
		Técnica evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas • Cuestionarios cuantitativos 	

Tabla 3. 10. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.

3.3.10 VR School

El propósito de este proyecto es relevar cuestiones claves al incorporar realidad virtual inmersiva en el aprendizaje, en las clases de TIC y Ciencias, en las escuelas secundarias de bajos recursos de “*Callaghan College*”, afrontando distintos desafíos, como problemas académicos y prácticos. La investigación con métodos mixtos utilizó un enfoque participativo con los docentes como con investigadores/as. Se exploraron tres áreas: (i) los problemas éticos y de seguridad del uso de RV inmersiva en las aulas; (ii) negociar el contexto organizacional de un sistema escolar y resolver problemas dentro del contexto de restricciones institucionales al acceso a internet; y (iii) reflexiones educativas sobre aprendizaje colaborativo y dinámicas de género.

El *VR School Study* (en adelante, *VR School*) es un método de estudio de caso mixto de Entornos Virtuales Inmersivos en aulas de asignaturas de ciencia de secundaria, implementado en dos escuelas secundarias de bajos ingresos. El estudio se guía por las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué sucede cuando los/as estudiantes y los docentes usan la RV inmersiva para aprender?
2. ¿Cómo se puede adaptar el plan de estudios para utilizar las posibilidades de RV inmersiva y cómo se puede evaluar si mejora el aprendizaje, incluida la colaboración?
3. ¿Cuáles son las oportunidades y los desafíos de usar la última tecnología RV inmersiva en comunidades escolares de bajos ingresos?
4. ¿Cómo experimentan los/as estudiantes y los docentes la RV inmersiva en sus aulas?
5. Dadas las etapas de desarrollo de los/as alumnos/as, ¿cómo se puede usar este tipo de tecnología de manera segura y ética en las escuelas?

VR School fue una investigación participativa: hizo hincapié en la naturaleza práctica y colaborativa de la investigación. El equipo de investigación consistió en: investigadores/as universitarios/as de los campos de la Sociología y Psicología educativas, y la Informática; y docentes ejecutivos y de aula de la comunidad escolar. El equipo de investigación colaboró durante un período de dos años para desarrollar las preguntas de investigación y el protocolo de estudio, y recopilar y analizar datos. El Estudio *VR School* no tenía ningún precedente en el que basarse, para abordar cuestiones éticas, de seguridad y prácticas, asociadas con la incorporación de RV inmersiva de alta gama en las aulas reales como parte regular de las lecciones. Por lo tanto, el equipo de investigación tomó la decisión de realizar el estudio en dos fases. La Fase 1: se concentró en el esfuerzo considerable de resolver desafíos técnicos, de seguridad y pedagógicos: probar el hardware y el software, desarrollar recursos educativos y de otro tipo para mitigar el riesgo, y darle tiempo a los/as estudiantes y docentes para jugar con el aprendizaje y las posibilidades de la RV. La Fase 2 tuvo un enfoque más sustancial en el uso de RV inmersiva, para mejorar los resultados del aprendizaje a través del plan de estudios nacional de ciencias.

El estudio se realizó en dos escuelas secundarias gubernamentales, en Newcastle, Australia. Los/as estudiantes estaban en los años 7 a 10 (con entre 12-15 años de edad). Ambas se consideran escuelas de bajos ingresos con entre 44% y 48% de estudiantes del cuartil del estado socioeconómico más bajo (SES). Mientras que el 2.3% de la población de Australia se identifica como indígena (Koshy, 2016), el 12% -15% de los/as estudiantes en las escuelas son indígenas. La investigación basada en puntajes de exámenes estandarizados indica que, en general, existen brechas persistentes y significativas de entre 2do y 3er año en el rendimiento de alfabetización y aritmética entre los/as estudiantes con alto nivel socioeconómico y aquellos de bajo nivel socioeconómico (Cobbold, 2018). En el contexto de las dificultades económicas de sus estudiantes, la comunidad escolar de *Callaghan College* se ha centrado en la pedagogía con el deseo de comprender y utilizar la tecnología para maximizar los resultados de los/as estudiantes y las oportunidades de vida.

Cincuenta y cuatro estudiantes participaron en la fase 1 del estudio, provenientes de dos clases de ciencias de 8º año (de 13 a 14 años) y una clase electiva de TIC de 9º año (de 14 a 15 años).

Se establecieron tres redes *Oculus* y se conectaron en red las salas de RV adjuntas a las aulas de cada escuela. (Fig.3.32). El entorno de RV inmersivo utilizado fue la versión de Windows 10 de *Minecraft* usando *Oculus Rift* con controladores táctiles que se ejecutan en computadoras portátiles listas para RV. La actividad de aprendizaje para las clases de ciencias involucró a grupos de tres estudiantes trabajando juntos en

Minecraft para construir un modelo de una planta para demostrar la comprensión de la respiración y la fotosíntesis. Se les pidió a los/as estudiantes que investiguen la estructura y la función de las partes de las plantas y las explicaran a través de una presentación en video o una visita virtual guiada en tiempo real. La tarea de aprendizaje para la clase de TIC consistió en investigar y construir un café de RV y explicar los elementos de diseño de manera similar.



Figura 3. 32. Representa una sala de RV con los participantes siendo parte de la experiencia. **Fuente:** Tomado de Southgate et al. (2019)

El estudio utilizó métodos mixtos que incluyen: observación; grabación de audio y video de estudiantes en el entorno de RV inmersiva y captura de pantalla; encuestas de participación de estudiantes; muestras de trabajo de estudiantes que incluyeron una reflexión sobre la experiencia y calificaciones de RV inmersiva; entrevistas semiestructuradas a estudiantes realizadas en estilo de clase "vox pop" con los que experimentaron la RV inmersiva; y reflexión escrita de docentes e investigadores/as.

Se observó que los/as estudiantes a veces estaban más involucrados en experimentar el entorno virtual que en la tarea de aprendizaje. Esto fue confirmado por la observación de docentes e investigadores/as universitarios y por los videos y las capturas de pantalla. Algunos/as estudiantes se centraron en la tarea, produciendo trabajos que demostraron un profundo conocimiento y comprensión (Fig.3.34). Uno de los mejores ejemplos fue un elaborado conjunto de campanillas que se basaron en una investigación profunda con un niño, enseñando a otros sobre la planta al llevarlos a una visita guiada en RV inmersiva. Durante este recorrido, el/la alumno/a guio a otros al proporcionar explicaciones detalladas de las partes y la función de la planta utilizando las etiquetas como indicaciones: su conocimiento profundo era obvio mientras hablaba de memoria, es decir, sin referirse a ninguna nota. En la clase de ciencias, algunos/as estudiantes estaban menos involucrados en la actividad de investigación y conceptualización de su planta que en el aula, pero más involucrados en la construcción de la planta en RV inmersiva. Por ejemplo, un grupo de estudiantes que parecían bastante desconectados en la parte no virtual, de la actividad, estaban altamente autorregulados durante en el contexto de RV de la lección y se animaron y apoyaron mutuamente mientras construían su flor en *Minecraft* VR. Desafortunadamente, como el trabajo previo de este grupo estaba menos enfocado, su modelo era menos detallado y no mostraban el mismo conocimiento sofisticado que otros/as estudiantes más comprometidos. Otro grupo de estudiantes se centró en colaborar, pero en lugar de construir una planta, desvió su atención a construir una casa conjuntamente. Algunos grupos alternaron entre emprender la tarea y buscar sensaciones (por ejemplo, coordinar sus avatares para saltar simultáneamente las plantas muy altas

que habían construido) o demostrar actividades fantásticas con agentes virtuales como volar con un caballo por encima del paisaje.

Es posible concluir que los efectos educativos producidos por la RV inmersiva sobre los/as estudiantes, en primer lugar, reflejaron que "perdieron" la noción del tiempo de la mesa en *Minecraft* VR e informaron un sentimiento disociativo: "como si no estuvieras allí" o "sintiéndote como alguien más". Estas respuestas sugieren que se debe prestar más atención a respuestas afectivas y cognitivas de los/as estudiantes en RV inmersiva, cómo pueden interferir con la atención a la tarea y el procesamiento de la información relacionada con la tarea, y si dichos efectos persisten a medida que los/as estudiantes se familiarizan más con el entorno virtual y sus posibilidades. En segundo lugar, es interesante que incluso cuando los/as estudiantes no realizaban la tarea de aprendizaje, la mayoría estaban involucrados en actividades de colaboración. Esto sugiere que la sociabilidad incorporada por la RV inmersiva, en red, podría aprovecharse para un aprendizaje efectivo. El tema clave entre el hallazgo de una investigación y la traducción a la práctica es cómo transformar la motivación para colaborar en estrategias pedagógicas que mejoren el comportamiento en la tarea mientras se mantiene la "diversión" de la RV inmersiva.

Se llega a la conclusión de que las aulas, como lugares socialmente activos y, a veces, impredecibles, brindan ideas únicas y creíbles sobre el despliegue de una RV altamente inmersiva para el aprendizaje.

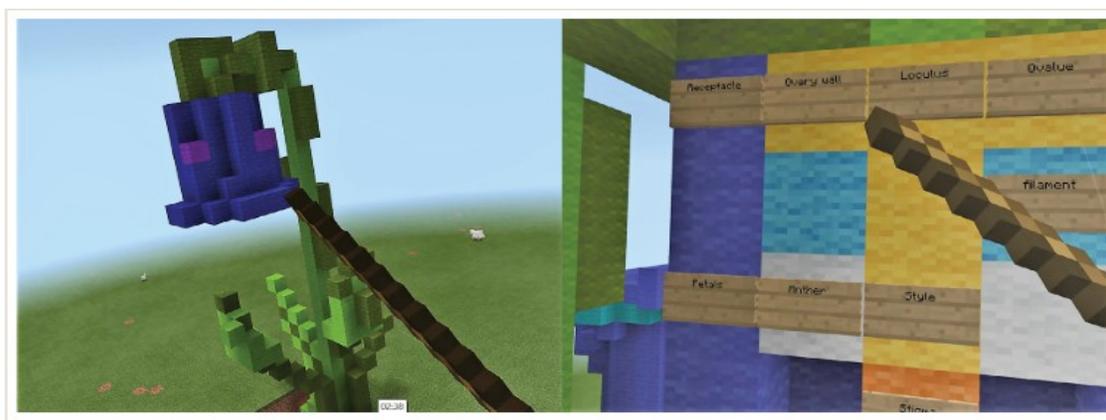


Figura 3. 33. (Izquierda) Capturas de pantalla de una campanilla azul volando a una determinada distancia. (Derecha) Primer plano de una sección transversal etiquetada de una campanilla azul. **Fuente:** Southgate et al. (2019)

Finalmente, la Tabla 3.11 presenta un resumen de las características de *VR School*.

CATEGORÍAS	CRITERIOS	
Aspectos generales	País de desarrollo	Australia
	Nivel educativo	Secundario
	Año de publicación	2019
Entorno inmersivo de RV	Objetivo de la aplicación:	Identificar cuestiones clave al incorporar Realidad Virtual inmersiva el aprendizaje.
	Feedback	Procesamientos de la tarea
	Formas de interacción	Mediante el movimiento de la cabeza y joystick.
Aspectos	Áreas de aplicación	TIC y Ciencias

metodológicos / Educativos	Tipo de Actividad		Individual y grupal
	Metodología de aplicación	Técnica Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Sesión de capacitación • Sesión de prueba
		Técnica evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Observación • Grabación de audio y video de estudiantes en el entorno de RV inmersiva y captura de pantalla. • Encuestas de participación de estudiantes. • Muestras de trabajo de estudiantes que incluyeron una reflexión sobre la experiencia y calificaciones de RV inmersiva. • Entrevistas semiestructuradas a estudiantes realizadas en estilo de clase "vox pop" con estudiantes directamente que experimentaron la RV inmersiva. • Reflexión escrita de docentes e investigadores/as.

Tabla 3. 11. Resumen del análisis a partir de los criterios definidos.

3.4. Análisis de los criterios de las experiencias analizadas

En esta sección se expone en detalle, un análisis de los criterios evaluados por cada categoría, para cada una de las experiencias que se describieron en la sección 3.3, luego al final, se presenta una conclusión de acuerdo a los resultados observados, con el objetivo de identificar las investigaciones que se vienen realizando en los últimos años.

3.4.1 Aspectos Generales

A continuación, en la Fig.3.34, se muestran los **países** en los cuales se llevaron a cabo las diversas experiencias analizadas y el **año en el cual fueron publicados** Fig.3.35. Para indicar la cantidad de experiencia por cada país, se usa como símbolo un ícono de gafas de cartón por cada experiencia en el país.

Se puede observar que los trabajos que fueron seleccionados, se llevaron a cabo en cuatro de los cinco continentes. Estados Unidos lidera en el continente Americano, seguido de Alemania en el continente Europeo, también India se hace presente en el continente Asiático y Australia en Oceanía. Así se han encontrado experiencias de RV inmersiva presentes en diferentes partes del mundo.

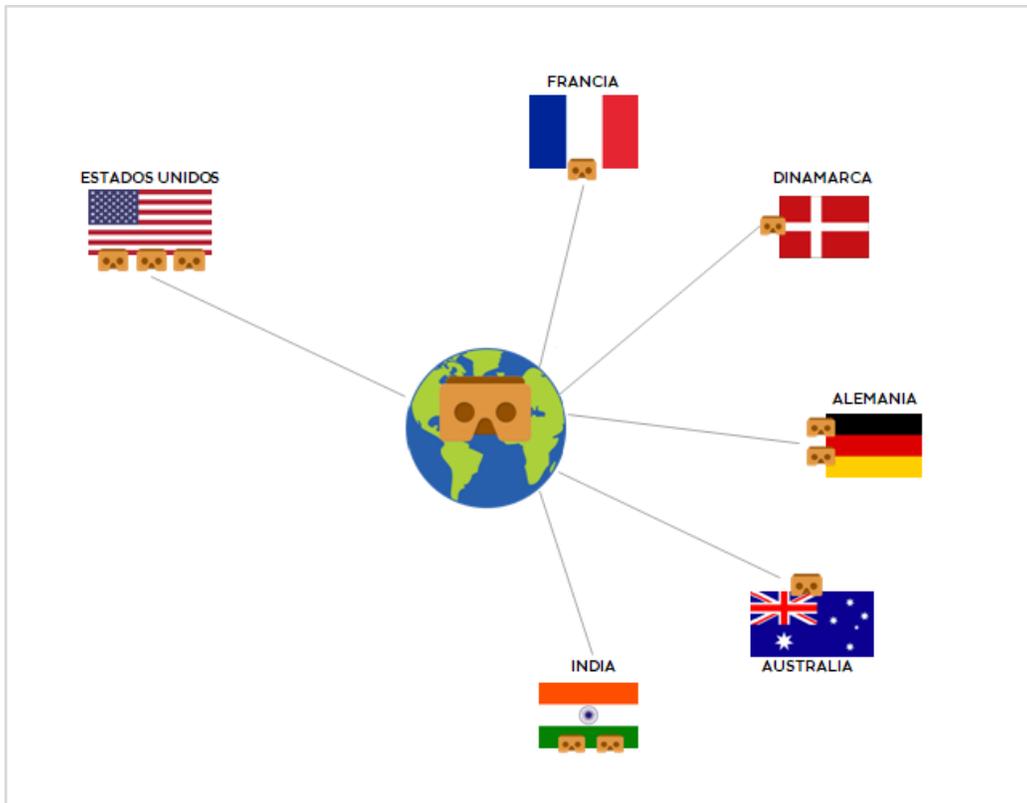


Figura 3. 34. La imagen muestra el país donde se llevó a cabo cada una de las experiencias analizadas. **Fuente:** elaboración propia.

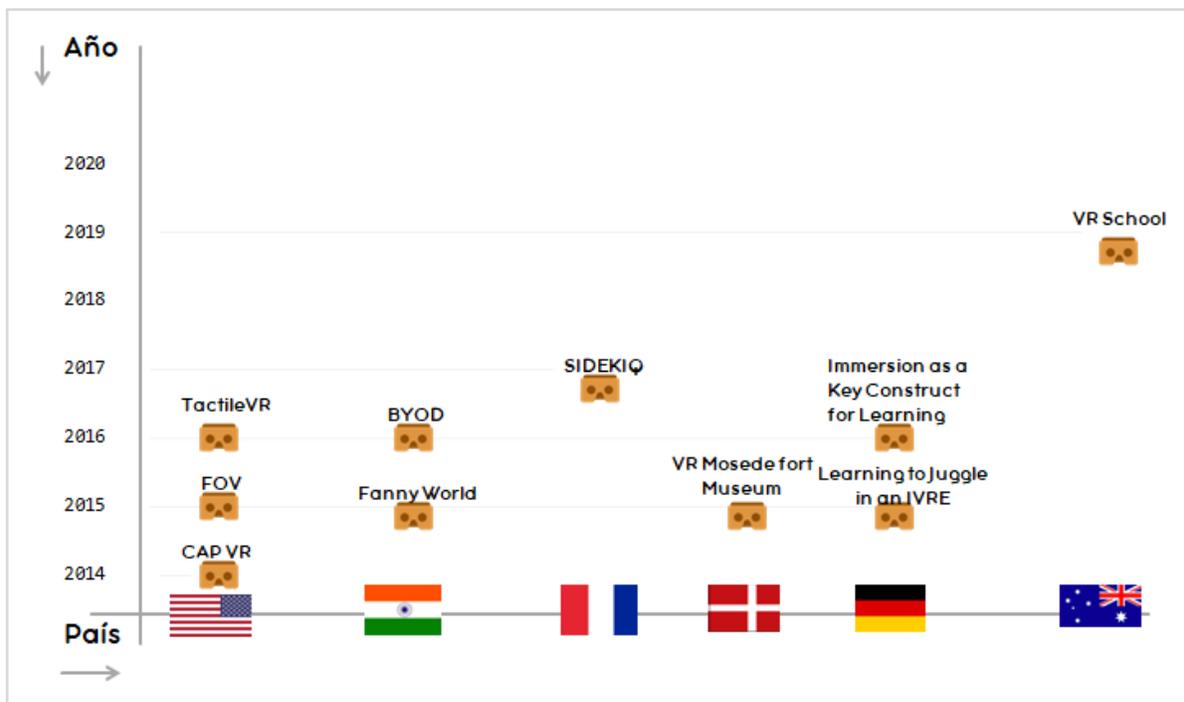


Figura 3. 35. La imagen muestra el año en el cual se publicaron los artículos de las distintas experiencias analizadas. **Fuente:** elaboración propia.

Por otro lado, otro criterio interesante que se analizó, es el **nivel educativo** representado en la Fig.3.36. El enfoque de este criterio está basado en obtener una referencia sobre los niveles educativos al que se orientan las experiencias revisadas, también se analiza si las actividades educativas son aplicadas a distintas poblaciones, o si han sido desarrolladas específicamente para cubrir una población determinada.

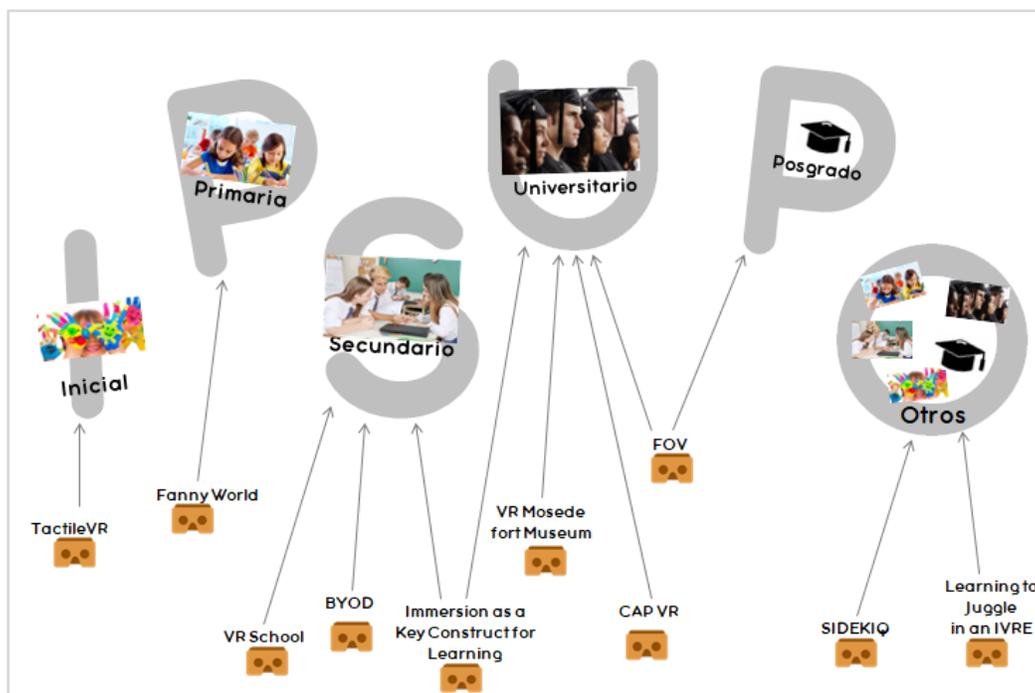


Figura 3.36. La imagen muestra el nivel educativo para el cual fue desarrollada cada una de las experiencias.
Fuente: creación propia

En primer lugar, en relación al nivel educativo observado, se encontró balanceada la selección ya que se cubrieron todos los niveles educativos, aunque secundario y universitario fueron los que tuvieron más de una experiencia, 3 y 4 respectivamente. Por otro lado, se observó, que la experiencias: *VRSchool* y *Fanny World*, si bien están orientadas a un determinado nivel educativo, fueron pensadas y desarrolladas para cubrir una población determinada, escuelas secundarias de bajos ingresos y escuelas primarias rurales, respectivamente.

Debido a que se considera como parte de la experiencias de análisis, aplicaciones de entrenamiento y desarrollo de habilidades: *SIDEKIQ* y *Learning to Juggle in an IVRE*, si bien no califican para un nivel educativo en particular, resultaron interesantes ya que dan una visión más amplia de las posibilidades de aplicación de la RV inmersiva, estando orientados por un lado al entrenamiento de fútbol americano, y personas mayores de 18 años.

3.4.2 Entorno Inmersivo de Realidad Virtual

En la Fig.3.37, se pueden visualizar gráficamente las experiencias seleccionadas, junto a su objetivo.

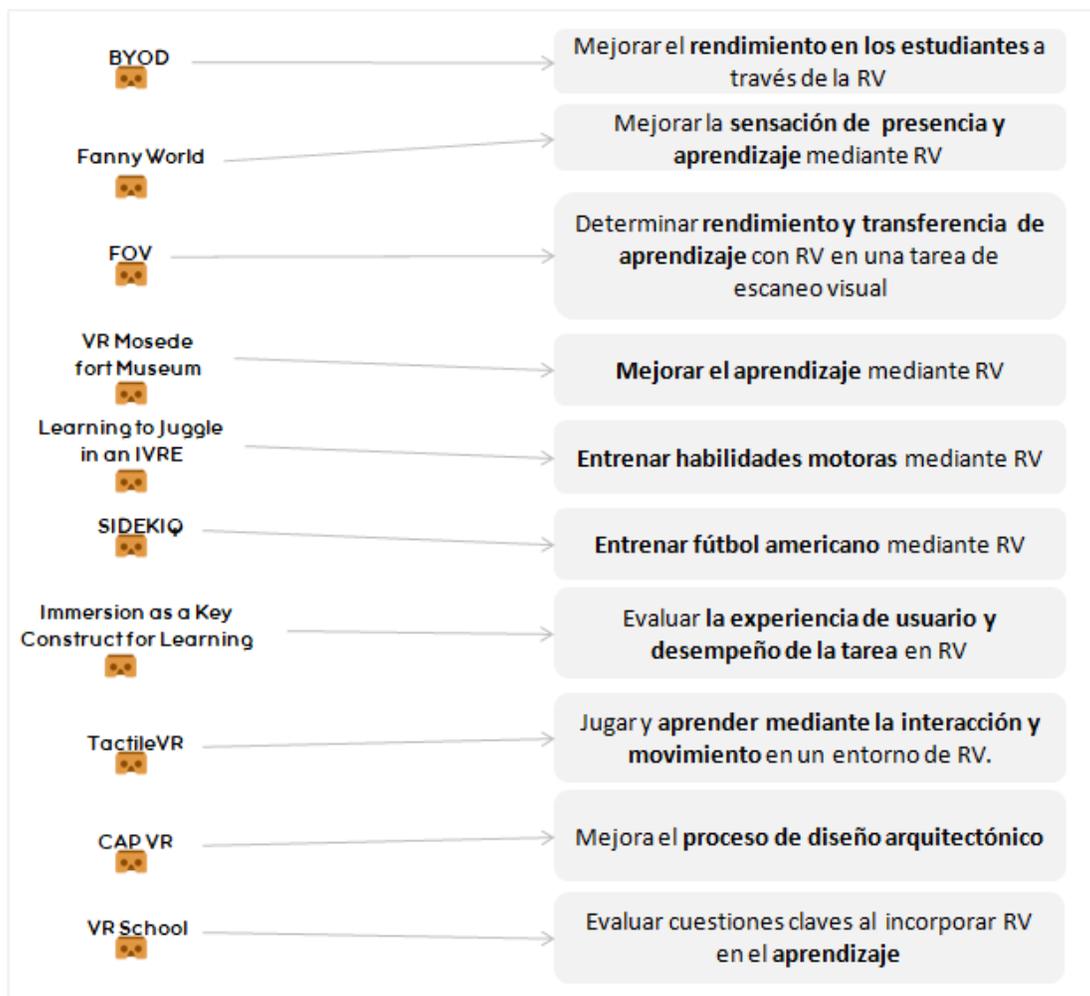


Figura 3. 37 La imagen indica por cada experiencia analizada, sus objetivos. Fuente: elaboración propia.

Las experiencias de RV inmersivas buscan: identificar cuestiones claves de RV para ser incorporadas en el ámbito educativo y evaluar su efectividad en cuanto a mejorar el aprendizaje, el desempeño, el rendimiento, transferencia de conocimiento, incentivar el trabajo colaborativo, entrenamiento de habilidades, y jugar y al mismo tiempo aprender.

A continuación se describen brevemente los resultados obtenidos, además de información adicional que aporta positivamente al campo de investigación, de cada una de las experiencias analizadas.

Para el caso de *BYOD*, los datos recopilados durante las sesiones demostraron que el grupo de estudiantes que utilizó el sistema de RV tuvo un importante aumento en el rendimiento a medida que avanzó en el experimento, pero además se determinó: accesibilidad al recurso de RV ya que cada visor de cartón resultó accesible, al ser un gasto único, facilitando la accesibilidad para un instituto; usabilidad, ya que el visor una vez montado resultó fácil de usar, y la única interacción fue colocar el teléfono inteligente en su interior. La mayoría de las acciones se manejaron intuitivamente con un solo clic o gestos con la cabeza.

Fanny World demostró, que la conciencia espacial de los/as estudiantes en relación con un sitio histórico particular, se puede mejorar a través de la RV, cuando se usa como un recurso adicional a los métodos de enseñanza.

FOV, en su análisis, demostró tener un efecto significativo del realismo visual tanto en la transferencia de estrategias al mundo real como en el desempeño de las tareas de entrenamiento. Los sistemas de

entrenamiento para escaneo visual y tareas similares deberían, cuando sea posible, usar un elevado nivel de realismo visual que sea lo más cercano posible al entorno real para garantizar una buena transferencia de aprendizaje.

En *VR Mosede fort Museum*, los resultados indicaron que el uso de eventos y mediación implícita a través de los diálogos de los personajes en el contexto virtual, como estrategia de aprendizaje, puede ser útil para ayudar a las personas a retener información, ya que permiten recordar más detalles de estos eventos y, en general, se muestra una mejor comprensión de los conceptos en las respuestas. Por otro lado, se observó que preguntas sobre fechas y años fueron más difíciles de retener. Se determinó que una razón por la que esto puede funcionar mejor en una exposición explícita, podría ser porque las personas están habituadas a escuchar a un narrador, en lugar de prestar atención a una conversación, pero también podría ser que los participantes simplemente estaban distraídos en la representación implícita. Es importante destacar, que la mediación de la información se vio afectada significativamente por la experiencia en general, ya que la experiencia de probar la nueva tecnología de juegos de RV pareció mejorar el enfoque de los participantes en el propósito educativo del experimento. Esto se relaciona estrechamente con la idea planteada por Egenfeldt-Nielsen (2006), de que un juego educativo basado en la investigación y en una teoría cognitivista que trabaja para facilitar la motivación intrínseca, puede conducir a un fuerte sentido de la experiencia del jugador, donde el jugador se enfoca más en el juego que en el contenido educativo inmerso en el mismo.

Con *Learning to Juggle in an IVRE*, se demostró el progreso del aprendizaje combinando un entorno virtual con los movimientos del usuario en el mundo real. Y además, se pudo constatar que las habilidades motoras aprendidas en el entorno virtual, pueden transferirse al mundo real.

En *SIDEKIQ*, experiencia orientada al entrenamiento, se afirma que en comparación con el método tradicional del uso de libros de jugadas, la experiencia con RV permitió que los/as estudiantes reciban una capacitación más eficiente, además de proporcionarles la capacidad de seguir practicando su preparación mental sin la necesidad de reunir a varios jugadores para practicar en el campo. Y otro gran beneficio, fue la prevención de lesiones del entrenamiento en el campo, reduciendo de manera efectiva y proactiva los impactos físicos, especialmente en la cabeza del jugador.

Con *Immersion as a Key Construct for Learning*, se concluyó que existe un impacto entre los rasgos de usuario en la experiencia de RV y el entorno virtual educativo inmersivo. En particular, los usuarios que tienen características más inciertas, ansiosas o nerviosas experimentan el entorno virtual educativo menos positivo y no están tan comprometidos como los usuarios que tienen un carácter más activo y abierto. Estos resultados indican que esas características tienen un impacto clave positivo o negativo en la experiencia de entorno virtual de aprendizaje y tienen un efecto en el rendimiento de la tarea y, por lo tanto, en el proceso de aprendizaje.

De *TactileVR*, se obtuvieron algunas ideas fundamentales: los/as niños/as sin experiencia previa en RV (casi todos), se sumergían sin dudarlo en el entorno y en unos pocos momentos corrían y desafiaban los límites del sistema. Los/as autores/as afirman que la confianza de los/as niños/as parece estar relacionada tanto con la capacidad de tocar físicamente los diversos elementos en el mundo virtual, como con la capacidad de caminar por el entorno. Ellos/as tienen una vara mucho más baja (que las personas adultas) para aceptar y adoptar nuevas formas de interacción, en comparación de las personas adultas que probaron el sistema que se tomaron un período de adaptación mucho más largo para confiar en éste. Cuando los/as niños/as juegan, a menudo los objetos cotidianos se convierten en algo más en su imaginación: una funda de almohada se convierte en una capa, un cartón de leche se convierte en una nave espacial. Además, *TactileVR* propició un comportamiento multijugador espontáneo, cuando solo un niño/a tenía el casco de RV, los/as otros/as niños/as todavía disfrutaban jugando con los juguetes, ayudando a construir pilas, etc. Los/as niños/as se llamaban entre sí, creaban pequeños juegos y construían su propio mundo de fantasía. *TactileVR* inspiró a los/as niños/as y generó nuevas ideas y opciones de juego que no se habían considerado antes.

En *CAP VR*, la experiencia evidenció que los proyectos que usan el entorno *CAP VR* pueden apoyar efectivamente el diseño de experiencias espaciales arquitectónicas. También se observó que el uso de entornos inmersivos de RV permitió revisiones más participativas y colaborativas.

La experiencia, *VR School*, abordó además cuestiones éticas, de seguridad y prácticas, asociadas a la incorporación de RV inmersiva en las aulas reales como parte regular de las lecciones. En las distintas sesiones, se observó que los/as estudiantes a veces están más involucrados en experimentar el entorno virtual que en la tarea de aprendizaje en sí, algunos grupos alternaron entre emprender la tarea y buscar sensaciones. Por otro lado, se detectó que cuando los/as estudiantes no realizaban la tarea de aprendizaje, la mayoría estaban involucrados en actividades de colaboración. Esto sugiere que la sociabilidad incorporada por la RV inmersiva, podría aprovecharse para un aprendizaje efectivo y colaborativo, características que fueron observadas también en: *CAP VR*, *VR Mosede fort Museum* y *TactileVR*.

Al analizar el criterio sobre el tipo de *feedback* que manejan cada una de las experiencias, se observó que se manejaron 4 tipos de *feedback*: procesamiento de la tarea, sobre la tarea, afectivo y uno en particular conocido como *biofeedback*. Por un lado, 8 de las experiencia recibieron *feedback* “**Sobre la tarea**”, 7 recibieron *feedback* “**Procesamiento de la tarea**”, ya que el participante en la mayoría de las experiencias, disponía de una guía o fase de instrucción, con los pasos a seguir antes o durante la experiencia para lograr cumplir con el objetivo que le planteaba la aplicación, 3 recibieron *feedback* “**afectivo**”, éstas últimas son aplicaciones desarrolladas para nivel inicial, primario y de entrenamiento, por último, en una de las experiencias, los participantes recibieron “*biofeedback*”, una técnica basada en un sistema de sensores gracias a los cuales el participante es consciente, en tiempo real, de varios parámetros fisiológicos que describen el funcionamiento de su cuerpo.

3.4.2 Aspectos metodológicos / educativos

Esta categoría, involucra tres criterios: identificar las áreas en las cuales la RV se está empleando, la dinámica de trabajo y el enfoque de aprendizaje aplicado.

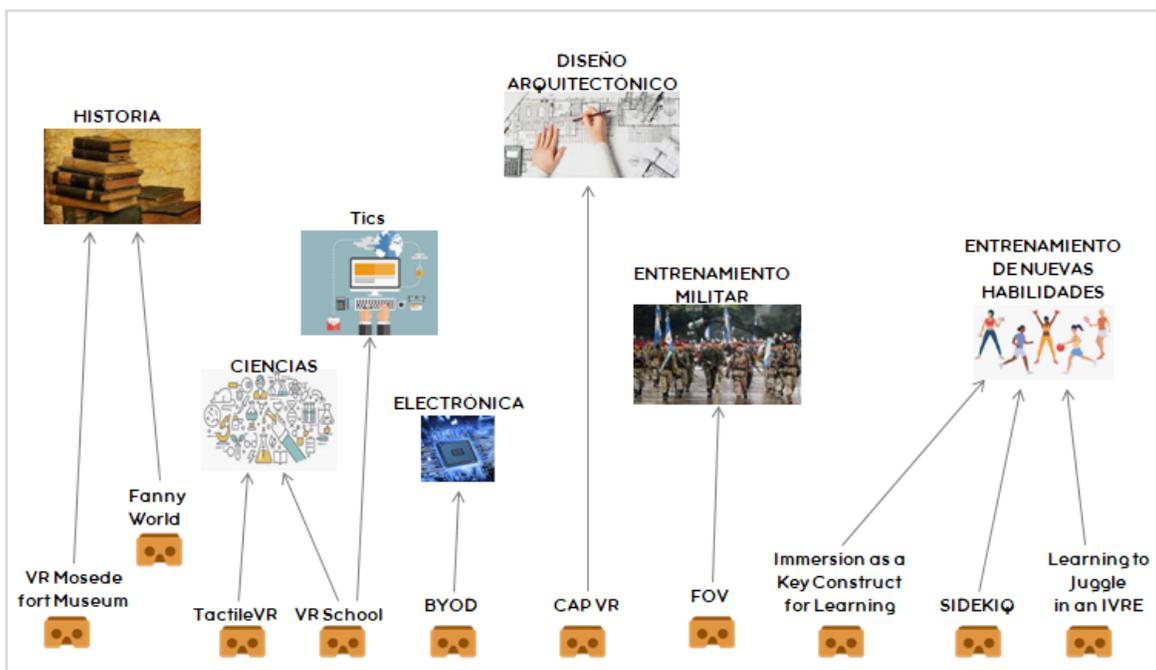


Figura 3.38. La imagen muestra el área de aplicación de las experiencias analizadas. Fuente: elaboración propia.

Se puede observar, en la fig.3.38, que el alcance de la RV no sólo se da dentro del ámbito educativo en una variedad de áreas de aplicación y niveles educativos, sino también dentro de áreas como el entrenamiento y la adquisición de nuevas habilidades motoras. Si bien este trabajo no abarca este tipo de aplicaciones, es importante mencionar que se encontraron estudios en el área relacionada con la mejora de las habilidades sociales de las poblaciones y muchos/as investigadores/as han trabajado en el uso de entornos virtuales inmersivos para mejorar aspectos de habilidades sociales en los/as niños/as con trastorno del espectro

autista: comunicación no verbal, iniciaciones sociales y cognición social, a través de historias sociales presentadas en entornos virtuales inmersivos (Cheng et al. 2015; Matsentidou y Poullis 2014). También se usan sistemas inmersivos de redes sociales con tareas que se centran en actividades sociales en la escuela y en el hogar (Lorenzo et al. 2013). Otro trabajo encontrado, lo hace a través de un sistema inmersivo tipo *CAVE* para capacitar en la adaptación social de niños/as en edad escolar (Ip et al., 2016). Por otro lado, Park y col. (2011) han desarrollado un sistema inmersivo de realidad virtual para capacitar a personas con esquizofrenia en habilidades sociales como la conversación, la asertividad y la expresión de emociones a través de juegos de roles.

El análisis de la técnica de evaluación evidenció que todas las experiencias estudiadas presentan una evaluación en relación al uso de la aplicación en el marco de la experiencia. Algunas de las evaluaciones fueron formales, y se utilizaron distintas técnicas y enfoques. Entre las más utilizadas se identificaron: la observación, filmación para su análisis posterior, cuestionarios, encuestas previas y pos experiencia, entrevistas con los participantes, evaluación por jurados, y evaluaciones de aprendizaje. Se destaca la experiencia *“Immersion as a Key Construct for Learning”*, en la cual se trabajó con algunas estrategias y herramientas propias además de las mencionadas, específicamente programadas para: registrar parámetros para medir el desempeño de la tarea, software de captura de pantalla para grabar el movimiento del estudiante dentro del entorno virtual de aprendizaje, sensores de *biofeedback* para medir la fisiología de los participantes durante la tarea, y mediciones fisiológicas objetivas.

Se observó que varias experiencias fueron probadas previamente con otros/as usuarios (pruebas piloto), antes de llevar a cabo la prueba real con el grupo objetivo o experimental. En general todas las experiencias, fueron realizadas con dos grupos, un grupo control y un grupo objetivo, el grupo de control estaba conformado por participantes que realizaban la misma tarea de la forma convencional, mientras que el grupo objetivo utilizaba RV inmersiva. Las sesiones abarcaron desde 30 minutos de duración a seis meses, en alguno de los casos y de acuerdo al alcance y objetivos de la experiencia. Se realizaron experiencias individuales y grupales, algunas de ellas comprendidas por varias fases, y guiadas, mientras que otras estaban más destinadas al que el participante explore y tome sus propias decisiones, de acuerdo a la complejidad presentada.

3.5 Análisis general de todas las experiencias estudiadas

A continuación se expondrá en términos generales un análisis que considera a todos los artículos que califican como experiencias de RV inmersivas (28) recuperadas en la revisión sistemática. Con el objetivo de dar una idea general del estado del arte en relación a los siguientes criterios: País, nivel educativo y Área de aplicación.

Son considerados como “experiencias” en esta tesis, a aquellas investigaciones en las cuales su estructura está conformada por: objetivos y área de aplicación definida, hipótesis, estudio de caso, método de prueba, participantes, desarrollo de la app dedicada o adaptación de una existente, herramientas y técnicas de aplicación y evaluación, exposición de resultados y conclusiones. Las que no se contemplaron para el análisis detallado (18/28) no presentaban descripción detallada de algunos de estos aspectos.

ARTÍCULO	AÑO DE PUBLICACIÓN	PAÍS	NIVEL EDUCATIVO	ÁREA DE APLICACIÓN
Experiencias para un análisis general				
Giving Students Real-World Experience via Virtual-Reality Learning	2019	EE. UU	Posgrado	Otros
VR Locomotion in the New Era of Virtual Reality: An Empirical Comparison of Prevalent Techniques	2019	EE. UU	Otros	Otros
Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement	2018	Reino Unido	Universitario	Ciencias

Investigating potential relationships between adolescents' cognitive development and perceptions of presence in 3D, haptic-enabled, virtual reality science instruction	2017	EE. UU	Primario	Medicina
An Empirical Study Investigating the Effectiveness of Integrating Virtual Reality- based Case Studies into an Online Asynchronous Learning Environment	2017	EE. UU	Primario	Ingeniería
Education Student Perceptions of Virtual Reality as a Learning Tool	2017	EE. UU	Posgrado	Arte
Design of a Simulated Michelson Interferometer for Education Based on Virtual Reality	2015	China	Primario	Física
Declarative knowledge acquisition in immersive virtual learning environments	2015	EE. UU	Otros	Otros
Short- and long-term effects of embodied experiences in immersive virtual environments on environmental locus of control and behavior	2014	EE. UU	Otros	Ciencias
Virtual reality to train diagnostic skills in eating disorders	2016	España	Universitario	Medicina
Mirror Worlds: Examining the Affordances of a Next Generation Immersive Learning Environment	2017	España	Otros	Otros
Design and Evaluation of a Learning Assistant System with Optical Head-Mounted Display (OHMD)	2015	Canadá	Universitario	Idiomas
Training in VR: a preliminary study on learning Assembly/Disassembly sequences	2015	Italia	Otros	Otros
Neutrino-KAVE: An Immersive Visualization and Fitting Tool for Neutrino Physics Education	2014	EE. UU	Universitario	Física
Mobile Virtual Reality as an Educational Platform: A Pilot Study on the Impact of Immersion and Positive Emotion Induction in the Learning Process	2018	España	Primario	Ciencias
CREATING 360° EDUCATIONAL VIDEO: A CASE STUDY	2017	Nueva Zelanda	Primario	Otros
Designing Adaptable Virtual Reality Learning Environments	2017	Francia	Primario	Ciencias
Experiencias usadas en el análisis específico				
TactileVR	2016	EE. UU	Inicial	Ciencias
FOV	2015	EE. UU	Universitario	Otros
FOV	2015	EE. UU	Posgrado	Otros
CAP VR	2014	EE. UU	Universitario	Arquitectura
Byod	2016	India	Secundario	Electrónica
Fanny World	2015	India	Primario	Ciencias
SIDEKIQ	2017	Francia	Otros	Otros
VR Mosede fort museum	2015	Dinamarca	Universitario	Ciencias

Immersion as a key construct for learning	2016	Alemania	Secundario	Otros
Immersion as a key construct for learning	2016	Alemania	Universitario	Otros
Learning to juggle in an IVRE	2015	Alemania	Otros	Otros
VR School	2019	Australia	Secundario	Ciencias

Figura 3. 39. Realidad Virtual inmersiva - Experiencias de Realidad Virtual inmersiva. **Fuente:** elaboración propia

3.5.1 País

En el siguiente gráfico 3.40, se puede observar el estado de la RV inmersiva en experiencias educativas y de formación de acuerdo a su país de realización.

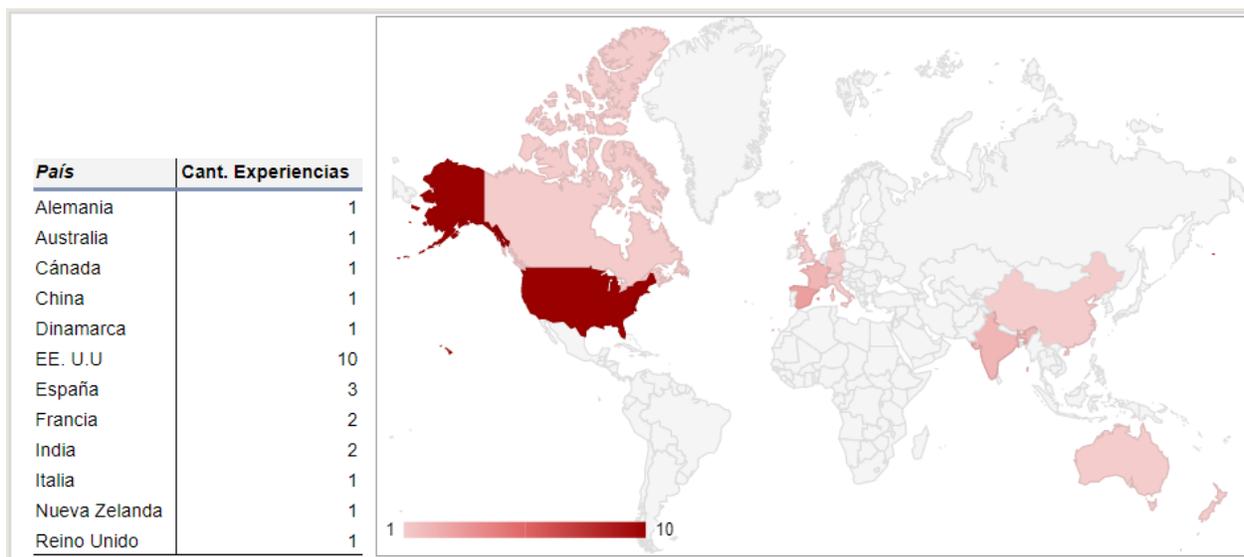


Figura 3. 40. Realidad Virtual inmersiva - cantidad de experiencias por países. **Fuente:** elaboración propia.

Como se puede observar, América del norte, en particular EE.UU se encuentra en el primer lugar en relación con las investigaciones de RV, siendo Europa el segundo continente con numerosos desarrollos e investigaciones en el campo. Si bien como parte de esta investigación los artículos seleccionados respetaron determinados criterios (indicados en el capítulo I). Es posible afirmar la investigación y aplicación de RV inmersiva, está siendo transversal en todo el mundo, y además, con alcance a todo tipo de poblaciones.

3.5.2 Nivel Educativo

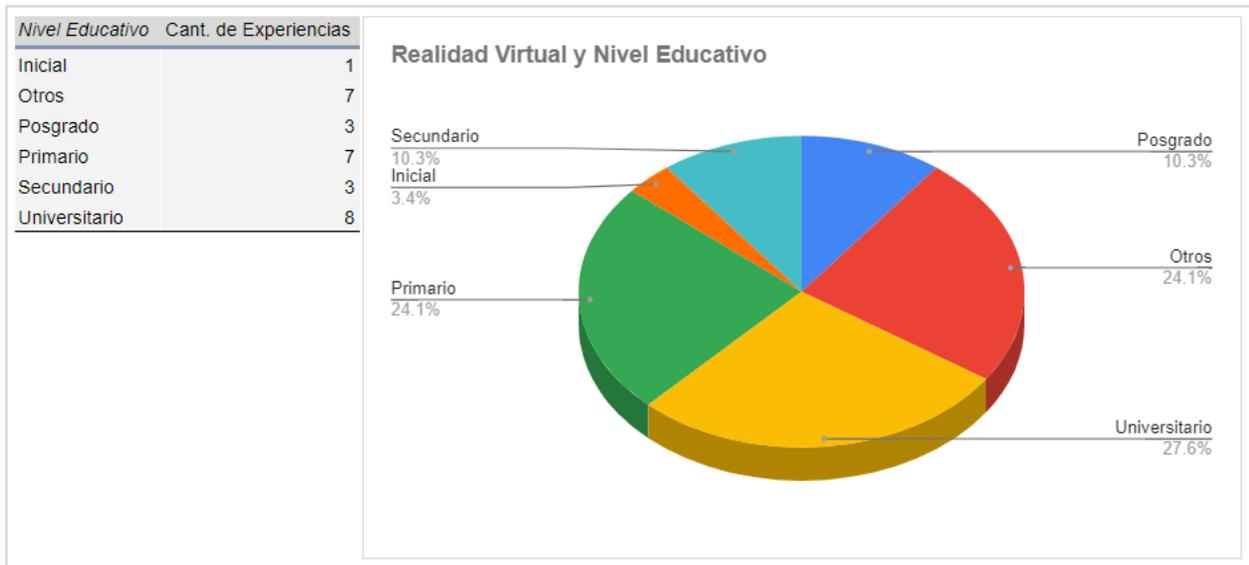


Figura 3. 41. Realidad Virtual inmersiva - cantidad de experiencias por países. **Fuente:** elaboración propia.

En el gráfico anterior se visualiza la relación con el nivel educativo, el nivel universitario es el que lidera, seguido por el nivel primario que aparece con igual frecuencia que el nivel “otros”, clasificación orientada a experiencias destinadas a la capacitación o entrenamiento. La RV está siendo realmente útil en áreas específicas como fábricas donde los participantes pueden moverse con seguridad por lugares peligrosos, aprendiendo a lidiar con las emociones mientras experimentan las mejores soluciones y están lejos de los peligros reales.

Por otro lado, solo se encontró una “experiencia” orientada al nivel inicial, una de las razones para el uso muy limitado de la realidad virtual con los/as niños/as más pequeños/as es probablemente porque todavía están creciendo y la visión en 3D, así como la coordinación manos y vista, y el equilibrio aún están en desarrollo.

3.5.3 Área de aplicación

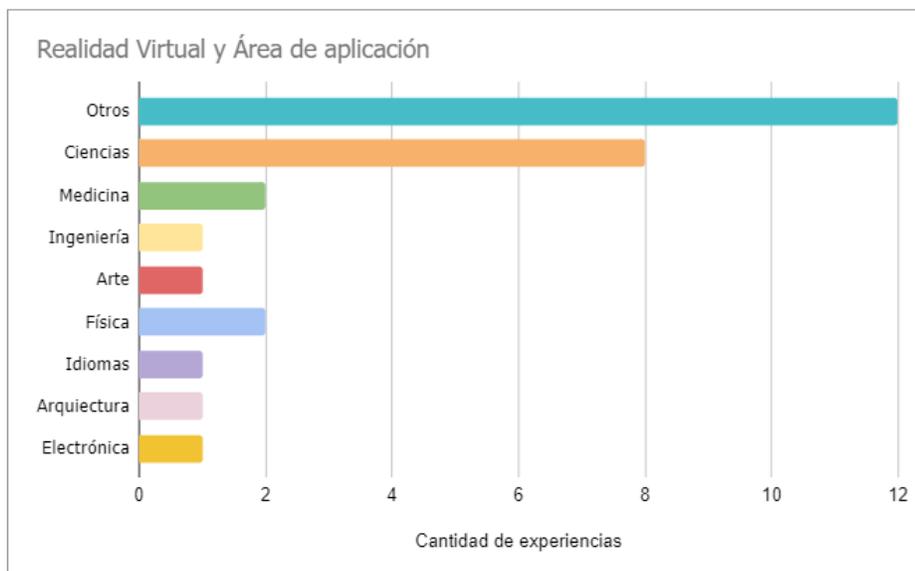


Figura 3. 42. Realidad Virtual inmersiva - cantidad de experiencias por Área de aplicación. **Fuente:** elaboración propia.

En la Fig.3.42, se muestra que el área de aplicación “otros”, tiene el primer lugar en este caso. En este contexto, “otros” hacen referencia a experiencias que no están relacionadas con un área educativa en particular, sino que son experiencias destinadas a la formación profesional dirigida a trabajadores y la adquisición de nuevas habilidades de niños/as, adolescentes y personas adultas.

Por otro lado, las ciencias (naturales y sociales) conforman el área en la cual la RV impacta fuertemente, esto se debe a que muchos temas resultan necesarios de representaciones virtuales para que los/as alumnos/as puedan comprenderlos mejor, además de eximirlos del peligro del entorno real. Se realizan por ejemplo, experimentos que involucran reacciones físicas, estudios químicos y de laboratorio, entre otros. Las demás áreas observadas, dan una idea que la aplicación de la RV inmersiva, no solo es transversal a nivel mundial sino que también a distintos tipos de temáticas.

3.6 Resumen y Conclusiones

Este capítulo ha presentado un recorrido por un conjunto de experiencias de realidad virtual inmersiva. Para la selección de las experiencias se consideraron los criterios de inclusión y exclusión planteados en el capítulo 1. Además se efectuaron dos tipos de análisis, uno referido a 10 experiencias que presentaban información completa desde sus objetivos, destinatarios, forma de desarrollo, evaluación, y resultados, luego se amplió a un total de 28 experiencias con otras 18 que no incluían todos estos aspectos, pero aportaron a algunos ejes de interés.

Para llevar a cabo, el análisis de las experiencias se realizó en base a un conjunto de criterios que se agruparon en 3 categorías, y estos fueron revisados en cada caso. La Fig. 3.43 sintetiza los hallazgos del capítulo en base a los criterios de análisis planteados, y da información integral de los aspectos observados, analizados y presentados.

El capítulo, a continuación, está orientado a alcanzar el objetivo 6, de los planteados en el capítulo I.

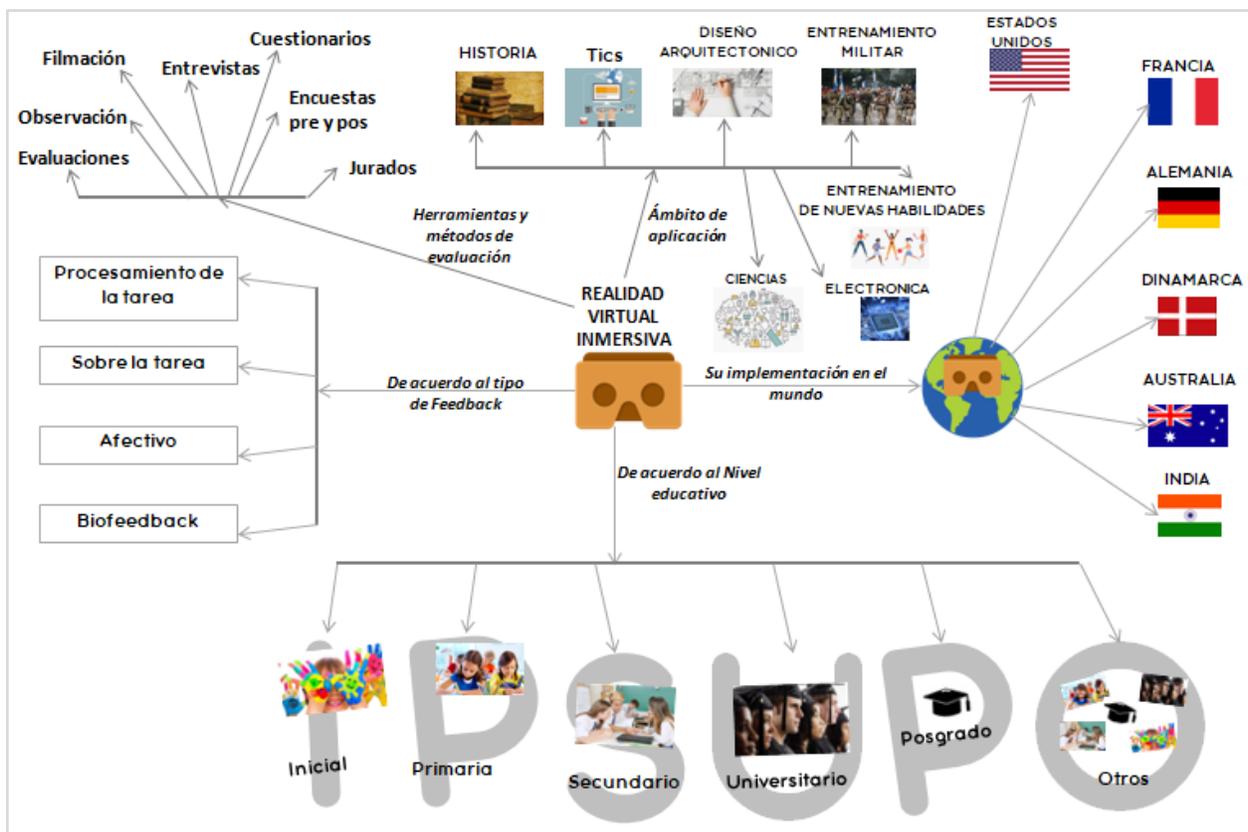


Figura 3.43. Mapa conceptual que resume el análisis de los criterios aplicados a las experiencias. Fuente: creación propia

Capítulo IV: Diseño y desarrollo de HuVi

Resumen

En este capítulo, se presenta HuVi, una aplicación de realidad virtual con dinámica de juego, orientada al aprendizaje y a la diversión, que ha sido desarrollada por la autora de esta tesis, como parte de los objetivos planteados al inicio del trabajo. Se describen aquí la motivación y el contexto que da origen a la creación de HuVi, se detalla también la conformación del equipo interdisciplinario que trabajó en los contenidos, y en su diseño, para poder alcanzar posteriormente el desarrollo. Además, se da una descripción detallada de la funcionalidad de HuVi, sus objetivos, y sus principales características. Se finaliza el capítulo, con la exposición del software y hardware utilizado para su desarrollo y se comentan las pruebas de laboratorio llevadas a cabo, previas a realizar el estudio de caso, que se abordará en el capítulo siguiente.

4.1 Motivación para la creación de HuVi y objetivos de la aplicación

“HuVi” surge dentro de un proyecto de extensión de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de La Plata, vinculado a la Licenciatura en Turismo y denominado “Huellas Patrimoniales”. Como parte de este proyecto se trabaja en un grupo interdisciplinario perteneciente a la Facultad de Ciencias Económicas, la Facultad de Informática y la Facultad de Artes. Así Huellas Patrimoniales, es un proyecto interdisciplinario que promueve la inclusión educativa e identitaria de niños/as en situación de exclusión social a partir del turismo y del uso de nuevas tecnologías. Más específicamente, la propuesta se apoya en las oportunidades que brinda la RV como mediadora para la enseñanza y aprendizaje (Cap.II), a partir de la realización de “viajes interactivos”, que ponen el acento en la generación de experiencias en función de los aspectos identitarios más característicos del patrimonio y cultura nacional. En este punto surge la motivación del desarrollo de una aplicación de RV: HuVi (Huellas Virtuales), con contenidos audiovisuales que toman de referencia a los sitios argentinos inscritos a la Lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO⁴⁰. HuVi se propone como una experiencia que combina aprendizaje y juego para acercar el patrimonio.

4.1.1 Objetivos de HuVi

El principal objetivo de HuVi es acercar el patrimonio argentino a niños/as en situación de vulnerabilidad social. Para esta tesis sólo se ha desarrollado uno de los recorridos por el Parque Nacional Iguazú, pero el proyecto integrará en futuras implementaciones, otras manifestaciones patrimoniales.

Como objetivos educativos de HuVi, se busca que los usuarios logren:

- A. Vivenciar algunas características del Parque Nacional Iguazú
- B. Reconocer su valor como patrimonio
- C. Conocer quiénes habitaron en esas tierras previo a la llegada de los españoles
- D. Identificar con qué país limítrofe se comparten las Cataratas del Iguazú
- E. Conocer al conquistador que descubrió las tierras donde está el Parque Nacional Iguazú;
- F. Reconocer a la tecnología de RV como mediadora de vivencias y aprendizajes.

Los videojuegos presentan un contexto de aprendizaje que colocan al jugador en un mundo concreto, con sus reglas que obligan a entender y aprender con los otros/as jugadores para poder continuar y avanzar (Shaffer, Squire, Halverson, Gee, 2005). El aprendizaje inmersivo es una característica fundamental de los

⁴⁰ UNESCO: La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), es un organismo especializado de las Naciones Unidas, fundada el 16 de noviembre de 1945, y cuyo objetivo es contribuir a la paz y a la seguridad en el mundo mediante la educación, la ciencia, la cultura y las comunicaciones.

videojuegos, porque proporcionan una combinación de vivencia, toma de decisiones y análisis de las consecuencias, y esto resulta prometedor para el mundo educativo (De Freitas & Oliver, 2006). HuVi es un videojuego de RV cuyo objetivo es recolectar y ganar huellas a partir de desafíos que se presentan a lo largo del recorrido. Cada desafío plantea un interrogante al jugador, al cual puede responder correctamente si descubre las pistas, dentro de gemas azules, presentes en el recorrido, las que dan información en vinculación con los objetivos educativos antes mencionados. Al resolver el interrogante, el jugador gana el desafío obteniendo como premios tales como: la huella dorada de ese desafío y gemas doradas con videos en 360°.

4.2 Características de HuVi

Tal como se indicó con anterioridad, HuVi proviene de Hu = Huellas Vi = Virtuales. Se buscó un acrónimo, que tenga relación con el nombre del proyecto “Huellas Patrimoniales”, del que forma parte la aplicación por eso se toma, “Hu” que hace referencia a Huellas, y por otro lado, que guarde relación con la tecnología de Realidad Virtual, por eso Vi de “Virtuales”. El nombre fue elegido en conformidad con todos los integrantes del proyecto. A continuación se listan otras decisiones que ha formado parte del equipo en función de los objetivos del proyecto en que se enmarca.

Logo: diseñado por el equipo de la Facultad de Artes.



Figura 4. 1 . Logo de HuVi.
Fuente: elaboración propia.

Tipo de Aplicación: aplicación móvil de Realidad Virtual.

Destinatarios: principalmente niños/as en situación de vulnerabilidad, a partir de los 6/7 años.

Características del proyecto y de la aplicación:

- **Multimedial:** la producción del material audiovisual contempla sitios argentinos reconocidos como Patrimonio Mundial por la UNESCO. El contenido audiovisual se genera como parte del proyecto de extensión con videos HD, 360° y fotos de alta calidad que toma el equipo en cuestión.
- **Experiencial:** durante el desarrollo de HuVi, el diseño y la producción de contenidos, estuvo enfocada para que sea de carácter educativo, lúdico y recreativo.
- **Territorial:** HuVi, fue pensado para que esté al alcance de personas en situación de vulnerabilidad, y con ellos/as poder realizar talleres. Así se trabaja en talleres con instituciones con niños/as y jóvenes con el objetivo de sensibilizar, reflexionar e introducir nociones generales de patrimonio, del turismo, identidad e historia.
- **Accesible:** HuVi, está pensado para que sea de acceso y descarga libre y además contempla atender algunos aspectos de accesibilidad y la inclusión del tema “discapacidad” dentro de algunos de los talleres como forma de sensibilización. Por ahora, se ha incluido audio a lo largo de todo el recorrido para facilitar a aquellos que tienen dificultades para la lectura.

Requerimientos técnicos: gafas de RV y un celular con sensores giroscopio y acelerómetro.

Sistema Operativo: al momento sólo Android.

4.3 HuVi - Diseño y Desarrollo

4.3.1 Equipo de diseño y desarrollo

Para la creación de HuVi se formó un grupo interdisciplinario de trabajo, que involucra a docentes y estudiantes de la Licenciatura de Turismo, de la Facultad de Ciencias Económicas, quienes se encargan por un lado, de la producción multimedial a través de videos y fotografías de cada patrimonio, y un grupo encargado de realizar los talleres en distintas instituciones.

El guión, diseño y desarrollo de HuVi estuvo a cargo de la autora de la presente tesis, dirigida por la directora Dra. Cecilia Sanz, co-directora del Proyecto, y el Lic. Sebastián Dapoto, como asesor profesional, de la Facultad de Informática de la UNLP, en el marco de la Maestría en Tecnología Informática Aplicada en Educación.

Dos graduados y un estudiante de la Facultad de Artes que son los encargados de la edición de los videos, imágenes, diseño de avatares y el logo de la aplicación.

También colaboraron durante el desarrollo de HuVi, una niña de 6 y un niño de 8 años, que pusieron las voces a los personajes y otros objetos 3D. Además formaron parte de los testeos de la aplicación.

Todo el equipamiento para el desarrollo del proyecto fue proporcionado por el laboratorio III LIDI⁴¹, de la Facultad de Informática.

4.3.2 Descripción de los avatares

HuVi cuenta con diferentes avatares, permitiéndole al jugador que elija jugar con el que se sienta más identificado o le guste, ya que el avatar lo representará durante el juego. Se prestó especial cuidado en el diseño de los avatares, para atender a la diversidad cultural, presentando diferentes rasgos, y características. Los mismos tienen características no solo asociadas a la identidad socio-cultural del patrimonio seleccionado, sino también a la diversidad (discapacidad, sin género, etc.), como se puede ver en la siguiente Fig. 4.2 que muestra el diseño de los avatares.

⁴¹ El **III-LIDI** (Instituto de Investigación en Informática LIDI) es una Unidad de Investigación, Desarrollo y Transferencia reconocida por el Consejo Superior de la Universidad Nacional de La Plata, que funciona en la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata.



Figura 4. 2. Avatares de HuVi. **Fuente:** elaboración propia.

La Fig. 4.2 muestra los distintos avatares que puede seleccionar el jugador, por ejemplo, uno vestimenta típica del norte argentino, uno que utiliza silla de ruedas, lentes, otros que aluden a las nuevas tendencias “hipster”, sin buscar precisar el género u orientación sexual, entre otros.

4.3.3 Diseño de los Escenarios

Escenario Inicial

La pantalla inicial del juego, consiste de un escenario 360° a partir de una imagen de la “Garganta del Diablo”, una superficie circular en el centro del escenario, en donde se encuentra un cartel con diferentes opciones para la selección del avatar y el comienzo del juego, la silueta del avatar en la parte izquierda, que representará al jugador, y una esfera sobre la superficie que representa la opción para finalizar el juego.

En la Fig. 4.3 se puede ver este escenario con sus componentes.

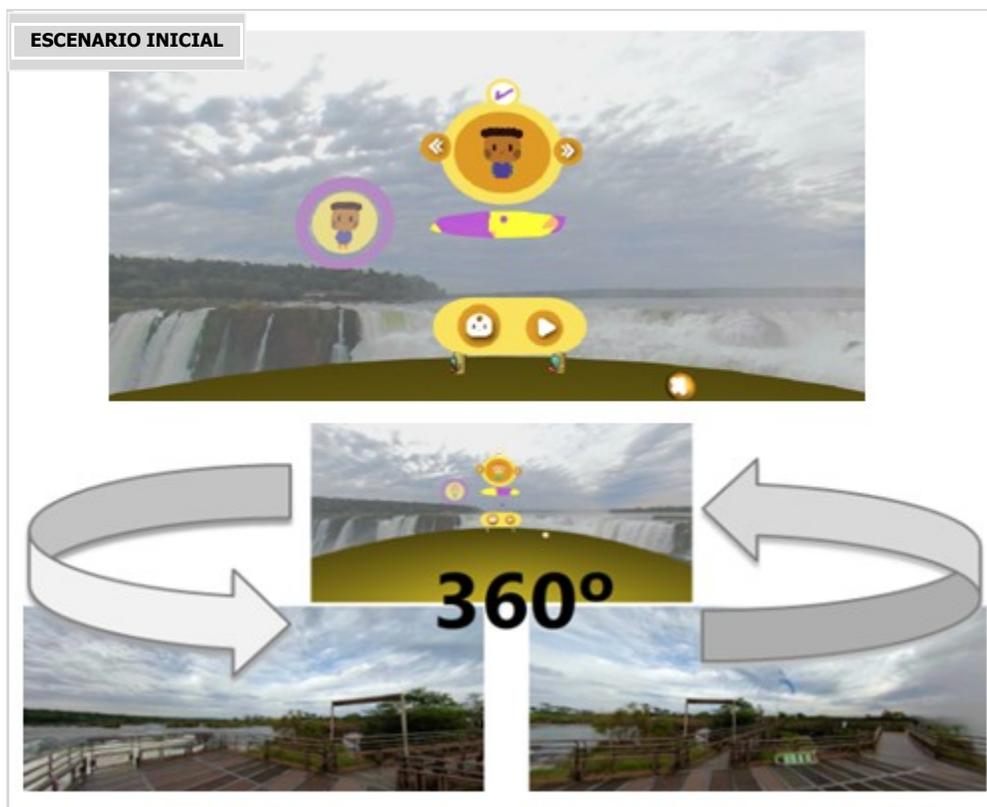


Figura 4. 3. Escenario Inicial 360. **Fuente:** elaboración propia.

Explorando Argentina

“Explorando Argentina”, es el segundo de los escenarios en HuVi, consiste en un escenario 360° con una superficie con forma del territorio de Argentina (mapa), en el centro se ubica un cartel de viaje, en el cual se encuentran los diferentes destinos hacia los patrimonios, y luego se ubican los diferentes portales, entradas a cada patrimonio, sobre el mapa.

A continuación en la Fig. 4.4 se puede ver este escenario con sus componentes.

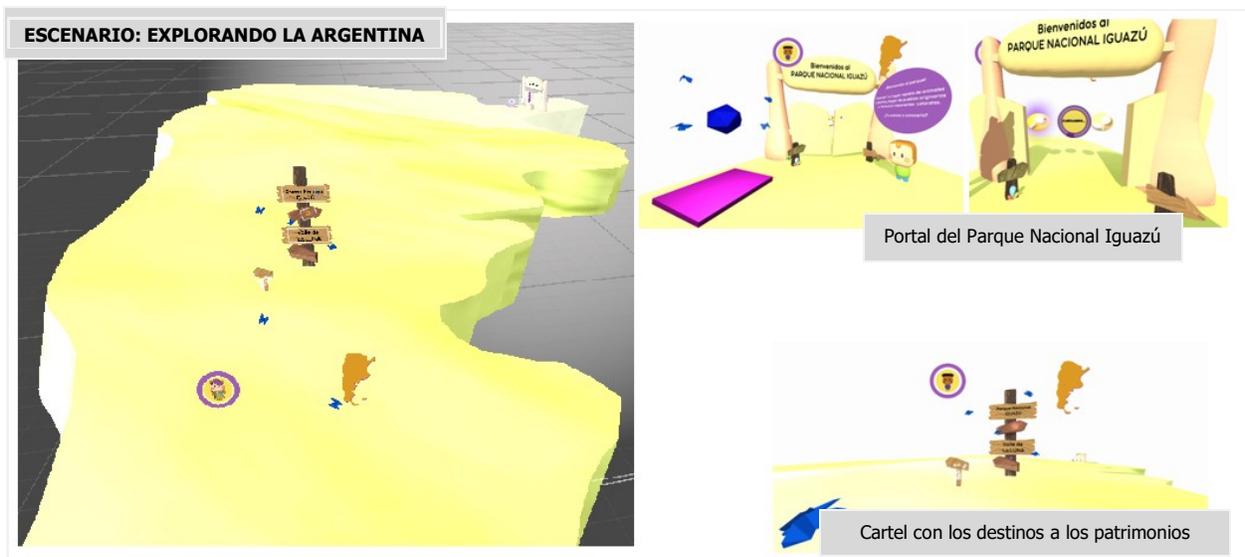


Figura 4. 4. Escenario: “Explorando Argentina”. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, aparecen otros componentes que van a reconocerse a lo largo del juego, “Gema Azul”, que representan acciones sobre el escenario, de acuerdo al contexto sobre el cual se esté, en este caso, la presentación de un video y apertura del portal, un cartel con forma de flecha que representa “salir”, y un personaje, que brinda información sobre el patrimonio en particular.

La Fig. 4.5 se puede ver este escenario con sus componentes.



Figura 4. 5. Explorando Argentina: componentes del escenario. Fuente: elaboración propia.

Descubriendo el Parque

“Descubriendo el Parque”, es el escenario en donde transcurre la aventura para un determinado patrimonio, en la mecánica del juego se describirá su objetivo. Aquí el jugador se sumerge dentro de la historia del patrimonio, descubriendo información relevante del mismo, conociendo su fauna y flora, y participando de desafíos a través de los cuales se recupera información que se aporta a lo largo del recorrido para fortalecer su conocimiento. En este contexto aparecen nuevos componentes, gemas doradas, tótems, desafíos, animales y vegetación.

La Fig.4.6, muestra un plano de este escenario, con la dirección del recorrido, la posición de los tótems indicando que se desplegará un desafío y las gemas. Mientras que en la Fig. 4.7 se presentan el tótem y el desafío.

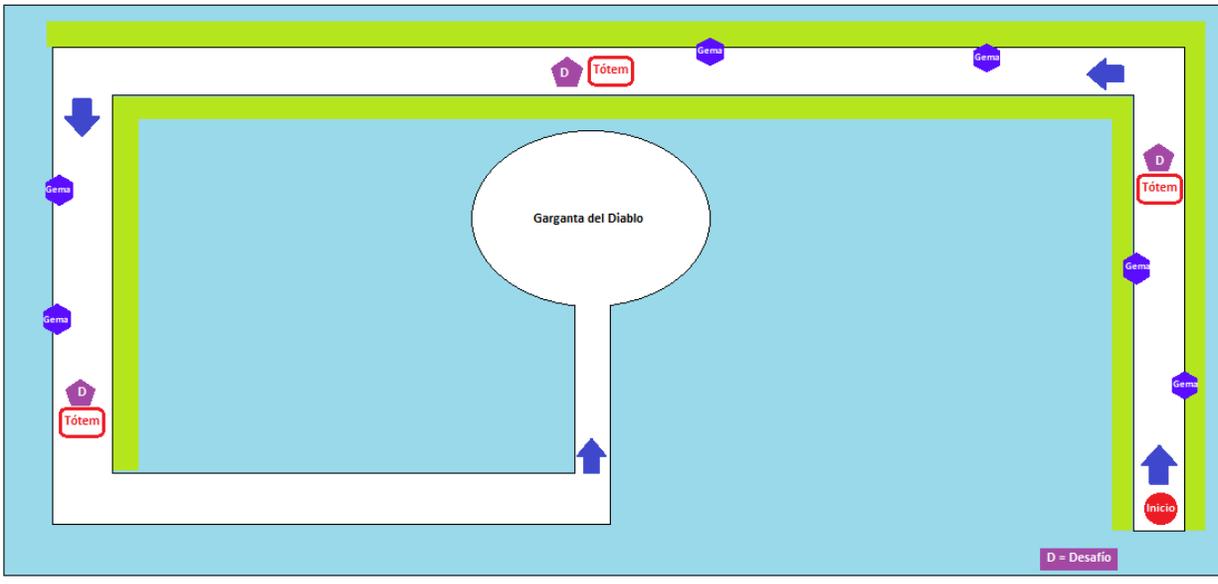


Figura 4. 6. Plano del Parque Iguazú, que describe el recorrido del jugador. Fuente: elaboración propia



Figura 4. 7. Componentes correspondientes al Tótem y desafío. Fuente: elaboración propia

4.3.4 Audios y Sonido

Se utilizaron audios acordes a cada escenario: para el escenario Inicial se buscó una melodía de videojuego que sea tranquila y acorde al público para el cual está pensado HuVi. El escenario “Explorando Argentina”, toma de fondo una melodía asociada a un contexto “explorador” relacionada con un safari, para que el usuario se sienta en un contexto de exploración. Los audios anteriormente mencionados fueron cuidadosamente seleccionados y se descargaron del sitio *FreeSound*⁴².

Las melodías utilizadas para escenario del patrimonio, en este caso “El Parque Nacional Iguazú”, se utilizaron audios propios del lugar, cantos de aves y el sonido de las cataratas, grabados por el grupo de Turismo. Además, se buscaron otros sonidos, para acompañar a cada elemento de interacción que así lo requiera, sonido de descubrimiento, sonidos de explosión, entre otros.

⁴² *FreeSound*: repositorio colaborativo de muestras de audio con licencia Creative Commons y una organización sin fines de lucro, con más de 400,000 sonidos y efectos, y 8 millones de usuarios registrados. <https://freesound.org/>

Voces de los personajes y audios de información en objetos 3D

Los objetos que proveen información al usuario, como lo es el personaje que recibe al jugador en el portal, las esferas de los diferentes recorridos, las pistas que recibe el usuario al descubrir una gema, el tótem, las consignas presentes en los desafíos, entre otros elementos de interacción, además de manejar subtítulos, disponen de audios. Estos audios fueron grabados por una niña de 6 años y un niño de 8 años, que colaboraron en varias etapas del proyecto. Se pensó en voces de niños/as, debido a la población para la cual está pensada la aplicación.

4.3.5 Modelo de interacción

HuVi es una aplicación móvil de realidad virtual, desarrollada con *Unity*, cuyo modelo de interacción es el movimiento de la cabeza del usuario. Mediante el movimiento de la cabeza, es posible desplazarse y acceder a las diversas interactividades dentro de la aplicación, utilizando una mira o punto de control (Fig. 4.8). Se planificó este modelo de interacción para evitar el uso de dispositivos externos, más allá de las gafas de RV con el dispositivo móvil dentro. De esta manera, se busca facilitar la interacción. También, se atendió a características de un grupo de personas discapacitadas de IDANI con quienes se realizó una prueba piloto, y algunos/as de ellos/as tenían problemas motrices, y alguna dificultad con sus manos, pero tenían facilidad para el movimiento de la cabeza.



Figura 4. 8. Imagen ilustrativa de un niño moviendo la cabeza. Fuente: <https://www.shutterstock.com/>

4.3.6 Alcance y mecánica del juego

En esta primera versión, HuVi pone al alcance del jugador un primer recorrido del Parque Nacional Iguazú (PNI): “Descubrimiento del parque”, que promueve la puesta en valor del paisaje y ambiente.

En la próxima versión de HuVi, se procura el diseño e implementación de dos recorridos más en el parque: “Cuidando la biodiversidad” y “Con las manos en la tierra”. En el primero de ellos, el jugador, tendrá que

poner en práctica, habilidades para resolver desafíos relacionados con el comportamiento de los visitantes en su contacto con la fauna. De esta forma, se dan a conocer las problemáticas asociadas al turismo y a la protección y conservación del sitio. Por otro lado, “Con las manos en la tierra”, propone relacionar los valores patrimoniales intangibles y recuperar las tradiciones culturales, mediante desafíos que involucren al jugador en la elaboración de la yerba mate –producto típico y autóctono de la zona de Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay- y además lo involucren en las tradiciones culturales del patrimonio.

En este sentido, los distintos recorridos del videojuego tienen un carácter interactivo con el entorno virtual, a través del aprendizaje en relación al patrimonio.

Mecánica del juego

Huvi es un juego de RV pensado para un solo jugador. El juego está conformado por diferentes patrimonios, y cada uno presenta ejes o recorridos según los objetivos educativos planteados. Por cada eje, se presentan desafíos que el jugador debe pasar para así avanzar hacia el objetivo final de ese eje. Por ejemplo, en el caso del Parque Nacional Iguazú, se presentan tres ejes: “Descubre el parque”, “Descubre la fauna”, “Reconoce la flora”.

El juego no finaliza hasta que el jugador completa el recorrido de un eje, o cuando selecciona la opción “salir” que lo conduce hacia la escena anterior o finaliza el juego. Para completar uno de los ejes de un patrimonio se tendrá que pasar por los desafíos: cada desafío consiste en responder de forma correcta a la consigna que se le plantea y así ganar la huella dorada. Para esto deberá descubrir las pistas que se encuentran en el recorrido en las “gemas azules” que dan información que permite conocer diferentes aspectos históricos, culturales, y otros del patrimonio. Si el jugador responde de forma correcta avanza en el recorrido.

A continuación se describe como la funcionalidad de la aplicación con el primer recorrido del Parque Nacional Iguazú.

“Descubrimiento del parque”

La aplicación inicia en un escenario de 360° de las Cataratas del Iguazú (Fig.4.9.A). En este escenario el usuario puede observar la Garganta del Diablo girando su cabeza. Además puede seleccionar el avatar que lo representará, para luego lanzarse a la aventura.

Una vez elegido el avatar, se puede dar comienzo al juego. El jugador usuario pasa a la siguiente escena (Fig. 4.9.B), en ella podrá desplazarse sobre el territorio argentino, y a su paso encontrar carteles que guiarán su recorrido a las manifestaciones patrimoniales de la Argentina. Al enfocar con la mira uno de ellos, el usuario viaja al portal de su entrada. Mariposas azules lo acompañan durante toda la aventura, a su derecha aparece la silueta de la República Argentina que indica el punto en el cual se encuentra, y a su izquierda la figura del avatar.

Al seleccionar un destino, el jugador viaja al punto de entrada (Fig.4.9.C). Un personaje recibe al visitante y le presenta el patrimonio, en este caso el parque. El personaje para este patrimonio es una especie de guardaparque y da la bienvenida con texto y audio. Esta forma de interacción con el personaje se repite cada vez que se ofrece información en el recorrido. Es importante aclarar que todas las interacciones del recorrido presentan texto y audio expresado por el guardaparque. A la izquierda, en el ingreso al parque aparece una gema azul rodeada por mariposas que invita al usuario a que interactúe con ella, ésta es la llave para abrir el portal (Fig. 4.9.D). Al tocarla se presenta un cartel que abre un video de bienvenida.

Al volver al escenario, las puertas del parque se encuentran abiertas y dan a conocer sus tres posibles recorridos a realizar (Fig.4.9.E): “Descubrir el parque”, “Conocer la fauna”, y “Conocer la flora”.

Al seleccionar uno de los recorridos, el jugador pasa a la tercera escena del juego: “Descubriendo el parque” (Fig.4.9.F). Allí comienza su gran aventura, la cual consiste en llegar a la Garganta del Diablo, pero

para eso deberá atravesar distintos desafíos vinculados a conocer información sobre este patrimonio, éstos se encuentran en los Tótem que el jugador ira encontrando a medida que avanza en la pasarela. El jugador inicia el recorrido por un parque simulado, con pasarelas de madera, vegetación y sonidos de aves y agua. El entorno es gráfico y sintético, incluye objetos de interacción, siendo las gemas las claves del juego. Éstas se presentan en dos colores: azul y dorado, las primeras dan pistas con información relevante que ayudan al jugador a avanzar en el recorrido y acceder a los desafíos de cada tótem, mientras que las gemas doradas presentan videos HD o 360º del lugar, como premios en el recorrido, y sumergen aún más al jugador dentro del contexto del parque. Como se dijo, las mariposas azules lo acompañan y lo orientan en los objetos que presentan interactividades, posicionándose cercanas a estos.

Cada tótem (Fig.4.9.G), conducirá al jugador a un desafío (Fig.9.H), el cual permitirá su avance hacia otra pasarela en el juego, además con cada desafío ganado, el jugador se hace de una huella dorada.

Al pasar los tres desafíos de este eje el usuario llega a la última pasarela que lo conduce a la Garganta del Diablo (Fig.4.9.I). Durante su recorrido hay estrellas doradas, cada una de ellas, abre un video HD de diferentes saltos de agua del parque, mientras que la estrella que se encuentra frente a la Garganta del Diablo, permite el acceso a un video 360º, con vistas de ésta.

El jugador puede volver al inicio del portal o juego, en cualquier momento, mediante la interacción de carteles con flechas de regreso (Fig.4.10).



A. Escenario Inicial de HuVi.



B. Segundo escenario de HuVi: Explorando la Argentina



C. Portal del Parque Nacional Iguazú.



D. Portal con sus puertas abiertas.



E. Tercer escenario: Descubriendo el Parque



F. Tótem que le presenta un desafío al jugador.



G. Desafío.



H. Pasarela que dirige al jugador a la "Garganta del diablo".

Figura 4. 9. Descripción de las diferentes escenas de HuVi. **Fuente:** elaboración propia



Figura 4. 10. Carteles para salir de la escena actual. Fuente: elaboración propia.

4.3.7 Mapa de Navegabilidad

En la Fig.4.11 se puede ver el mapa de navegación de HuVi, de los diseñados al momento. Cabe recordar que a futuro el proyecto incluirá otras manifestaciones patrimoniales.

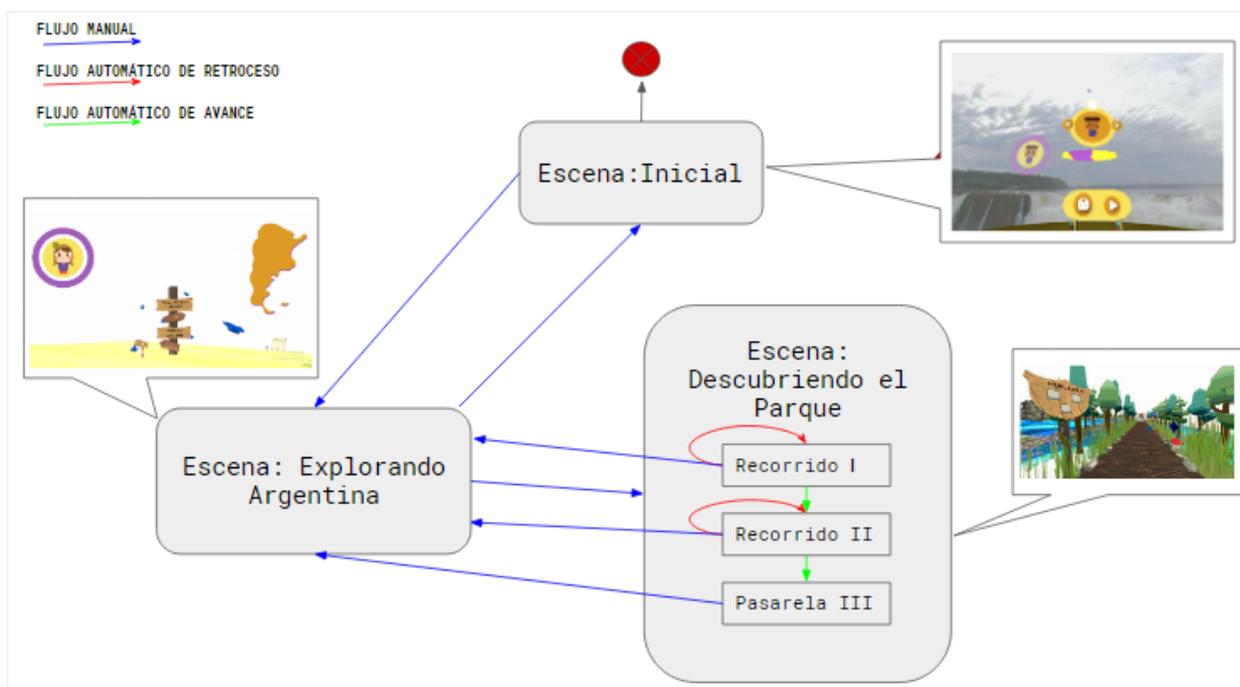


Figura 4. 11. Mapa de navegación de HuVi. Fuente: elaboración propia

Como se puede ver en la Fig.4.25, Huvi está conformado solo por tres escenas o pantallas distintas, la escena inicial desde la cual se puede ir a la escena “Explorando Argentina” que da comienzo al juego o cerrar el juego. La escena “Explorando Argentina”, desde la cual se puede volver a la escena “Inicial” y mediante la cual se puede pasar a la tercera escena del juego “Descubriendo el Parque”, esta última, se divide en tres recorridos y desde cualquiera de ellos se puede volver a “Explorando Argentina”; dentro de estos recorrido los pasajes entre ellos se producen de forma automática (en el gráfico se expresa con una flecha verde y roja), es decir el jugador no podrá avanzar al siguiente si no completa el desafío. El total de huellas a ganar en este primer recorrido es 3.

4.3.8 Disponibilidad de HuVi

HuVi ya se encuentra disponible a todo el público y se puede descargar desde el *Google Play*.

URL:

- https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Company.HP_VR&hl=es

Requerimientos del dispositivo móvil:

- S.O: desde la versión 4.4 - API 19 o más.
- Hardware: Arquitectura ARM64.
- Sensores necesarios: Giroscopio y acelerómetro.

4.3.9 Herramientas de desarrollo

4.3.9.1 Software

Unity

Para el soporte de software y diseño de la interfaz, se optó por utilizar herramientas de RV de distribución gratuita. En este caso se decidió utilizar la plataforma de desarrollo de videojuegos *Unity 3D*. *Unity 3D* es un motor de desarrollo creado por *Unity Technologies* que se lanzó por primera vez en 2005. Desde entonces, se ha convertido en la plataforma de desarrollo 3D y 2D más popular del mundo. Es ampliamente utilizado para desarrollar videojuegos para computadoras de escritorio, consolas, dispositivos móviles e incluso sitios web. Dispone de una versión gratuita y una paga.



Figura 4. 12. Logo de Unity. **Fuente:** elaboración propia.

Algunas de las características que se valoraron para su uso son las siguientes:

- **Fácil de usar:** plataforma de desarrollo, con la que se crea contenido al momento. Su curva de aprendizaje para crear juegos básicos y sencillos en 2D y 3D es rápida. El editor de Unity tiene un alto potencial y mientras el desarrollador más lo usa, se familiariza más y obtiene más soltura para realizar ajustes o nuevos niveles en su videojuego.
- **Documentación:** *Unity 3D* dispone de documentación ampliamente desarrollada sobre cómo usarlo y sobre el desarrollo de XR⁴³ específicamente. Al ser una herramienta tan popular y utilizada, se dispone en la web de gran variedad de videos y tutoriales para desarrolladores principiantes y avanzados.
- **Lenguaje de programación:** *Javascript* y *C#*.
- **Asset Store:** *Unity 3D* dispone de una tienda online muy completa de objetos 2D/3D, desde escenarios, sonidos, módulos de control, gran variedad de elementos que permiten crear juegos visualmente impactantes, facilitando la tarea a los desarrolladores a la hora de crear los videojuegos.
- **Multiplataforma:** brinda la posibilidad de realizar un código para diferentes plataformas es uno de los puntos fuertes que presenta *Unity*. Se puede exportar un juego a 17 plataformas diferentes, incluidas *iOS*, *Android*, *Windows*, *Web*, *Playstation*, *Xbox*, *Wii* y *Linux*. Sin embargo, en este punto, hay que ser cuidadoso ya que el peso de los gráficos que poseen los videojuegos es de vital importancia para su funcionamiento en diferentes plataformas, es decir, si se tiene un videojuego que no fue

⁴³ **XR:** término genérico utilizado para agrupar tecnologías de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Realidad Mixta.

pensado para móvil, el peso de gráficos es de seguro muy alto, por lo se recomienda que se haga una versión específica para un dispositivo móvil.

- **Soporte de Gráficos:** con la API de gráficos *OpenGL*, *Unity* ofrece gráficos muy buenos para todas las plataformas que admite.

Visual Studio

Visual Studio es un IDE (siglas en inglés de entorno de desarrollo interactivo) que soporta diferentes lenguajes de programación como C++, C#, *Visual Basic .NET*, F#, *Java*, *Python*, *Ruby* y *PHP*. Se utilizó, para crear los scripts necesarios para el juego.

Blender

Para el diseño de los avatares se utilizó, *Blender*. Es un programa informático multiplataforma, dedicado especialmente al modelado, iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos tridimensionales.

Paint 3D

Para el diseño de varios de los objetos 3D presentes en los distintos escenarios, se utilizó *Paint 3D*, una herramienta integrada en Windows 10, que simplifica la creación, gestión y edición de contenidos en 3D y soporta de forma nativa el formato abierto para contenido 3D.

4.3.9.2 Hardware

- **PC de desarrollo:** para el desarrollo de HuVi, se utilizó una PC con hardware adecuado para el soporte de la plataforma de desarrollo, con las siguientes características:
 - S.O: Windows 10.
 - CPU: Arquitectura X64 con soporte de instrucción SSE2.
 - Tarjeta Gráfica: Intel HD *Graphics*.
- **Gafas de Realidad Virtual:** pueden ser tipo *cardboard*, ya que no necesita ningún control manual para su manejo.
- **Dispositivos Móvil:**
 - S.O: desde la versión 4.4 - API 19 o más.
 - Hardware: Arquitectura ARMv7 con soporte Neon (32-bit) o ARM64.
 - Sensores necesarios: Giroscopio y acelerómetro.

4.4 Pruebas de laboratorio

HuVi pasó por varias fases de diseño y desarrollo, en cada una de las cuales se evaluó su usabilidad, jugabilidad y objetivos educativos, hasta lograr la versión estable actual para su presentación al público destinatario, con el objetivo de potenciar su carácter educativo. Las pruebas se realizan en el III LIDI.

Debido a los contextos en los cuales es deseable que llegue HuVi, se generaron las condiciones para que su uso y jugabilidad no dependan de conexiones a internet, dando independencia para trabajar en contextos de vulnerabilidad social con problemas de conectividad. Durante las pruebas se trabajó con diferentes tipos de usuarios: niños/as, integrantes del proyecto Huellas Patrimoniales, e incluso también se desarrolló una prueba piloto con personas de la institución IDANI⁴⁴ en el marco de un taller del proyecto Huellas Patrimoniales de cierre de año. Las pruebas en el laboratorio resultaron de mucha utilidad, se observaron aspectos relacionados con la usabilidad, el diseño del recorrido, las preguntas de los desafíos, los audios, etc.

⁴⁴ **IDANI:** una entidad civil, sin fines de lucro, para la atención y rehabilitación integral a favor de las personas con capacidades diferentes

4.4.1 Pruebas experimentales de HuVi en la asociación IDANI

Durante el desarrollo de la aplicación, se realizó un taller como parte del proyecto Huellas patrimoniales, destinado a las personas de la asociación IDANI, en la cual además de varias actividades que se describen a continuación, se llevaron a cabo pruebas con HuVi.

Diseño y desarrollo de la taller

Lugar del Taller: Facultad de Ciencias económicas de La Plata

Destinatarios: Personas de la asociación IDANI de La Plata

Responsables y tutores del taller: integrantes del proyecto Huellas Patrimoniales, co directora del proyecto y directora de la tesis junto con la autora de la misma.

Materiales para el desarrollo del taller: material audiovisual, materiales para dibujar y realizar collages, celulares y gafas para HuVi.

Temática del taller: Patrimonio de la Argentina.

Descripción del Taller

Actividad inicial: presentación del Valle de la Luna mediante imágenes montadas en el hall ubicado al lado del salón en donde se llevó a cabo el taller, esto es en el primer piso de la Facultad de Ciencias Económicas de La Plata.

Actividad Principal: luego de la actividad inicial los participantes fueron dirigidos al salón en donde transcurrió el taller, se realizó la presentación de los participantes y de los integrantes del proyecto, luego se presentó un video de diferentes manifestaciones patrimoniales de la Argentina, y al finalizar se realizó un debate con los participantes acerca de los que habían observado en el video y lo que llamó su atención.

Actividad de recreativa: luego de la actividad principal, se los invitó a una actividad recreativa, en la cual los participantes podían expresar lo que habían vivido y también cómo se sentían, pintando imágenes relacionadas con la temática, dibujando y además los tutores de HuVi invitaban a los participantes a utilizar la aplicación. Se asistía en la colocación de las gafas, y se ayudaba en algunos movimientos. Se notó mucho entusiasmo por la experiencia. Al finalizar la actividad se realizó una merienda.

Actividad Final: se llevó a los participantes a la sala de microcine y se les pasó un video como finalización del taller.

Resultados de las pruebas con HuVi en el taller

Al ser una de las primeras pruebas experimentales con HuVi (antes se realizaron pruebas de laboratorio), solo se utilizó el registro fotográfico y la observación para la toma de datos, ya que aún no se disponía de la última versión apta para el público, sino que se contaba con una versión Beta. Sin embargo, esta experiencia resultó muy útil para determinar problemas de usabilidad y accesibilidad especialmente. Por un lado, lo primero que se observó fue el entusiasmo por el uso de la aplicación, sin embargo, se vio cierta dificultad el uso del casco, y en particular con la interacción con el juego, como por ejemplo, la interacción con los elementos mediante el uso de la mira, requería precisión en algunos casos. Los videos 360° en los cuales solo se necesita del movimiento de la cabeza, tuvieron una excelente aceptación con manifestaciones de alegría. Si bien la RV posibilita estas experiencias a personas con capacidades diferentes, es necesario atender a las necesidades de cada participante de acuerdo a sus posibilidades.

Cabe aclarar que luego de estas pruebas (laboratorio y en el taller), se llega a la versión utilizada en el estudio de caso.

4.5 Resumen del capítulo

En este capítulo se realizó una descripción del diseño y desarrollo de HuVi, se comenzó por la descripción de la motivación que da origen al juego, se presentó el equipo interdisciplinario que forma parte del proyecto para luego presentar a HuVi, sus características principales, un recorrido por la aplicación y el mapa de navegación. Se finaliza el capítulo con una sección destinada a las herramientas de desarrollo y las pruebas de laboratorio y en un taller en el marco del proyecto que da origen a HuVi, dando respuesta al objetivo específico 6.

El capítulo, a continuación, está orientado a alcanzar el objetivo 7, de los planteados en el capítulo I, y dará respuesta al grupo de preguntas formuladas en la sección 1.4.3.2, del capítulo I.

Capítulo V: Estudio de Caso

Resumen

En este capítulo se presenta el estudio de caso que forma parte de esta tesis. Se comienza con la presentación de los objetivos, y se describen los instrumentos utilizados para la recolección de datos, el contexto en que se desarrolla, y luego se describe la dinámica, organización de los talleres que forman parte del estudio de caso. Además se analiza la función de HuVi dentro de estos talleres.

5.1 Objetivos del estudio de caso

A continuación se presentan los objetivos planteados para el estudio de caso:

- ¿Qué aportes y limitaciones se encuentran en experiencias de RV cuando se trabaja en nivel primario y/o inicial?
- ¿Cuáles son las valoraciones que realizan los/as niños/as de sus percepciones visuales, auditivas y de inmersión en general cuando trabajan en experiencias de RV educativas?
- ¿La inclusión de elementos lúdicos resulta atractiva para los/as niños/as en este tipo de aplicaciones?
- ¿Qué contenidos educativos trabajados durante la experiencia opinan o sienten los/as niños/as que fueron aprendidos?
- ¿Cómo se relaciona la opinión de los/as niños/as respecto de lo que aprendieron, con los objetivos educativos para los cuales se diseñó la experiencia de RV?

5.2 Técnica e instrumentos utilizados para la recolección de datos

A continuación, se describen las técnicas que se utilizaron para dar respuestas a los objetivos planteados anteriormente:

- A. Autoinforme 3E – Expresiones, emociones y experiencias: para realizar un análisis de las expresiones emociones y experiencia manifestada por los/as niños/as.
- B. IMI – Cuestionario de motivación intrínseca: para analizar la motivación intrínseca.
- C. Entrevistas grupales: para conocer la valoración que realizan los/as niños/as sobre HuVi y qué lograron aprender.
- D. Registro de observación: para atender a cuestiones de usabilidad.

5.2.1 Autoinforme 3E

3E (Tähti & Niemelä, 2006) es un método de autoinforme, en el que se proporciona a los/as niños/as una planilla pictográfica para expresar sus emociones y experiencias, en forma de cuerpo humano esbozado. El/la niño/a puede dibujar una cara a la figura humana proyectando su estado emocional sobre la misma. Para la experiencia se hace uso de una versión posterior del método, en la cual además se agregan dos burbujas tipo caricatura como se observa en la Fig.5.1. La nube tendrá como objetivo la representación de los pensamientos (pictóricos o verbales), mientras que la burbuja rectangular es para representar lo que los/as niños/as quieren expresar sobre la experiencia.

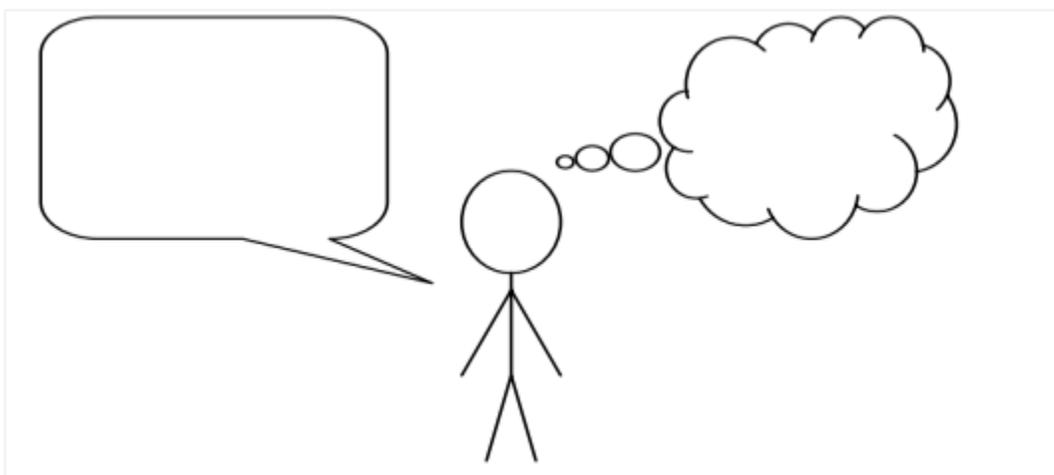


Figura 5. 1. Planilla pictórica, con la figura humana y dos burbujas, de pensamiento y expresión oral. **Fuente:** elaboración propia.

Se considera este instrumento de evaluación para la experiencia, con el objetivo de analizar qué emociones despierta HuVi en los/as niños/as y qué experimentaron, ya que ellos/as pueden expresar lo que sienten escribiendo y/o dibujando, según su edad y preferencia. Su enfoque ayuda a los participantes a expresar con seguridad las emociones negativas, lo que podría ser difícil de lograr con otro tipo de técnicas e instrumentos de evaluación.

5.2.2 IMI – Cuestionario de motivación intrínseca

El Inventario de Motivación Intrínseca (IMI) (McAuley, Duncan, & Tammen, 1989; Ryan & Deci, 2006) es un instrumento de medición multidimensional destinado a evaluar la experiencia subjetiva de los participantes. El instrumento evalúa el interés / disfrute de los participantes, la competencia percibida, el esfuerzo, el valor / utilidad, la presión y la tensión sentidas y la elección percibida al realizar una actividad determinada, obteniendo así seis puntajes de subescala. Se utiliza el cuestionario IMI para evaluar la motivación intrínseca de los/as niños/as durante el uso de HuVi. El cuestionario está dividido en tres categorías:- Interés/ Diversión, - Esfuerzo/ Competencia y - Tensión/ Presión sentidas. Cada una de las categorías está conformada por un grupo de preguntas, con una escala de *Likert* de 1 a 3: - si, - más o menos,- no. Esta adaptación fue realizada para facilitar la comprensión de los/as niños/as.

En la Fig. 5.2, se presenta el cuestionario IMI utilizado y presentado durante las entrevistas, para facilitar el registro.

Interés/ Diversión			
Pregunta/ Respuesta	SI	MÁS O MENOS	NO
¿Te pareció interesante el juego?			
¿Fue divertido?			
¿Disfrutaste el juego?			
¿Pensaste que podría ser aburrido?			
¿Fue agradable jugar?			
Esfuerzo/ Competencia			
Pregunta/ Respuesta	SI	MÁS O MENOS	NO

¿Crees que te desempeñaste bien en la app?			
¿Estás satisfecho con tu desempeño?			
¿Te sentiste hábil mientras jugabas, al recoger las gemas y ganar las huellas?			
Tensión/ Presión			
Pregunta/ Respuesta	SI	MÁS O MENOS	NO
¿Te sentiste nervioso mientras jugabas?			
¿Te sentiste tensionado?			
¿Te sentiste relajado/ tranquilo?			
¿Estabas ansioso?			
¿Sentiste presión?			

Figura 5. 2. Cuestionario IMI en forma de grilla. **Fuente:** elaboración propia.

5.2.3 Entrevistas grupales

El objetivo de las entrevistas grupales fue evaluar las posibilidades de la aplicación y dar respuesta a los interrogantes que se plantearon a lo largo del desarrollo de HuVi y de los cuales resultan las mejoras y cambios en la aplicación:

1. ¿Cuáles son las valoraciones que realizan los/as niños/as de sus percepciones visuales, auditivas y de inmersión cuando trabajan en experiencias de RV educativas? ¿Qué atrae más la situación de inmersión o los componentes lúdicos?
2. ¿La inclusión de elementos lúdicos resulta atractiva para los/as niños/as en este tipo de aplicaciones?
3. ¿Cómo se relaciona la opinión de los/as niños/as versus lo que aprendieron, en contraposición con los objetivos educativos para los cuales se diseñó la experiencia de RV?

5.2.3.1 Cuestionario I

El objetivo de este cuestionario, es dar respuesta al primer y segundo grupo de interrogantes que se plantearon en el punto anterior.

En la Fig. 5.3, se presenta el cuestionario en forma de grilla, para facilitar el registro en las entrevistas grupales.

¿Qué les gustó más de la escena?	¿Audios?	¿Qué llamó más tu atención en el entorno 3D?	¿Algún objeto 3D en particular?	Otras apreciaciones que puedan realizar los/as niños/as: girar, moverse, etc.
Inicio				
Explorando Argentina				
Descubriendo el Parque				
Desafíos				
Observaciones				

Figura 5. 3. Cuestionario grupal I en formato grilla. **Fuente:** elaboración propia

5.2.3.2 Cuestionario II

Con este cuestionario se busca dar respuesta al tercer interrogante, y determinar si HuVi cumple con los objetivos educativos para los cuales se diseñó la experiencia. En la Fig. 5.4, se presenta el cuestionario en forma de grilla, para facilitar el registro de las respuestas y opiniones de los/as alumnos/as durante la entrevista. Las preguntas de las columnas se utilizan para guiar a los participantes y ver qué recuerdan de lo trabajado en la experiencia con HuVi. Se trabaja con la recuperación de información.

¿Recuerdan acerca de qué trató el desafío?	¿Quién descubrió las cataratas?		¿Quiénes habitan en ese lugar?
	SI	NO	
DESAFÍO I			
¿Recuerdan acerca de qué trató el desafío?	SI	NO	¿En dónde se encuentra la garganta del diablo? ¿Con qué país compartimos las cataratas del Iguazú?
DESAFÍO II			
¿Recuerdan acerca de qué trato del desafío?	SI	NO	¿Cuál es la vista más famosa de las cataratas del Iguazú? ¿Cuántos metros tiene la garganta del diablo, más que la altura de ustedes?
DESAFÍO III			

Figura 5. 4. Cuestionario grupal II en formato grilla para el registro de las opiniones. Fuente: elaboración propia

5.2.4 Registro de Observación

Durante la observación participante, cada facilitador/a disponía de una planilla para el registro de los posibles problemas de uso que el/la niño/a pueda tener con HuVi. La Fig. 5.5 presenta el registro utilizado donde se indica para cada acción posible si la realizó solo o con ayuda o si preguntaba qué hago para llevar adelante alguna acción antes de intentarlo.

Registro (Indique con una X)	Caminar	Interacción	Salir	Volver	¿Qué hago?	Observaciones
Consultas/inconvenientes						
Solo						
Con Ayuda						

Figura 5. 5. Registro de observaciones. Fuente: elaboración propia

5.3 Diseño y organización de la sesiones con HuVi

Para cumplir con los objetivos que se plantean en el estudio de caso, se realizaron dos sesiones de trabajo con niños/as. El desarrollo de las sesiones involucró lo siguiente:

1. Diseño de la sesión
2. Presentación de HuVi dentro de la sesión
3. Desarrollo de la sesión
4. Evaluación

5.3.1 Diseño de la sesión

Para el diseño se determinaron en principio las instituciones:

- Primera sesión: "Asociación El Roble de la ciudad de La Plata".
- Segunda sesión: "Escuela N° 17, Ignacio Gorriti, de la ciudad de Berisso".

Para diseñar la actividad de las sesiones con HuVi, se tuvieron en cuentas las siguientes características:

1. Edad de los participantes.
2. Cantidad de participantes.
3. Espacio para llevar a cabo el desarrollo de la sesión.
4. Recursos tecnológicos disponibles:
 - a. 4 celulares.
 - b. 1 *chromecast*.
 - c. 1 proyector.
 - d. 1 *notebook*.
 - e. 1 *router* para crear un punto de acceso a internet.
5. Disponibilidad de tutores/facilitadores para asistir a los participantes.

De acuerdo a lo anterior se determinaron las características de las poblaciones de cada sesión:

- Primera Sesión: “*Asociación El Roble de la ciudad de La Plata*”
 1. Entre 6 y 12 años.
 2. 22 niños/as concurren diariamente a la asociación. Solo 10 completaron las herramientas de las cuales se analizan los resultados. Se puede deber a que el día de la sesión, no todos habían asistido o bien por razones particulares no completaron las herramientas.
 3. Hall de entrada de la institución y la sala de actividades, que se encuentra a su lado.
 4. 4 celulares, 4 gafas de RV, 1 *chromecast*, 1 proyector, 1 *notebook*, 1 *router* para crear un punto de acceso a internet.
 5. 10 tutores.
- Segunda Sesión: “*Escuela nº 17, Ignacio Gorriti, de la ciudad de Berisso*”.
 1. Entre 8 y 9 años.
 2. 18 niños/as forman parte de la clase. Solo 11 completaron los instrumentos para el análisis de los resultados, ya que en el momento de completar algunos instrumentos llegó la merienda y esto dispersó su atención.
 3. Salón de clase.
 4. 4 celulares, 4 gafas de RV, 1 *chromecast*, 1 proyector, 1 *notebook*, 1 *router* para crear un punto de acceso a internet.
 5. 8 tutores.

En base a las características anteriores, la sesión se organizó de la siguiente forma: presentación general de HuVi y un circuito formado tres estaciones de trabajo tratando la misma temática, “las manifestaciones patrimoniales de la Argentina”, pero con diferentes estrategias:

- Estación I: jugar con HuVi experimentado la “Cataratas del Iguazú” a través de la Realidad Virtual.
- Estación II: interactuar con un mapa de la Argentina y sobre él ubicar las expresiones patrimoniales.
- Estación III: colorear flora y fauna de algunos patrimonios y observar imágenes de estos y escuchar una breve historia del lugar.

En la Fig. 5.6 se puede observar de manera ilustrativa el circuito, acompañado de imágenes de las experiencias.

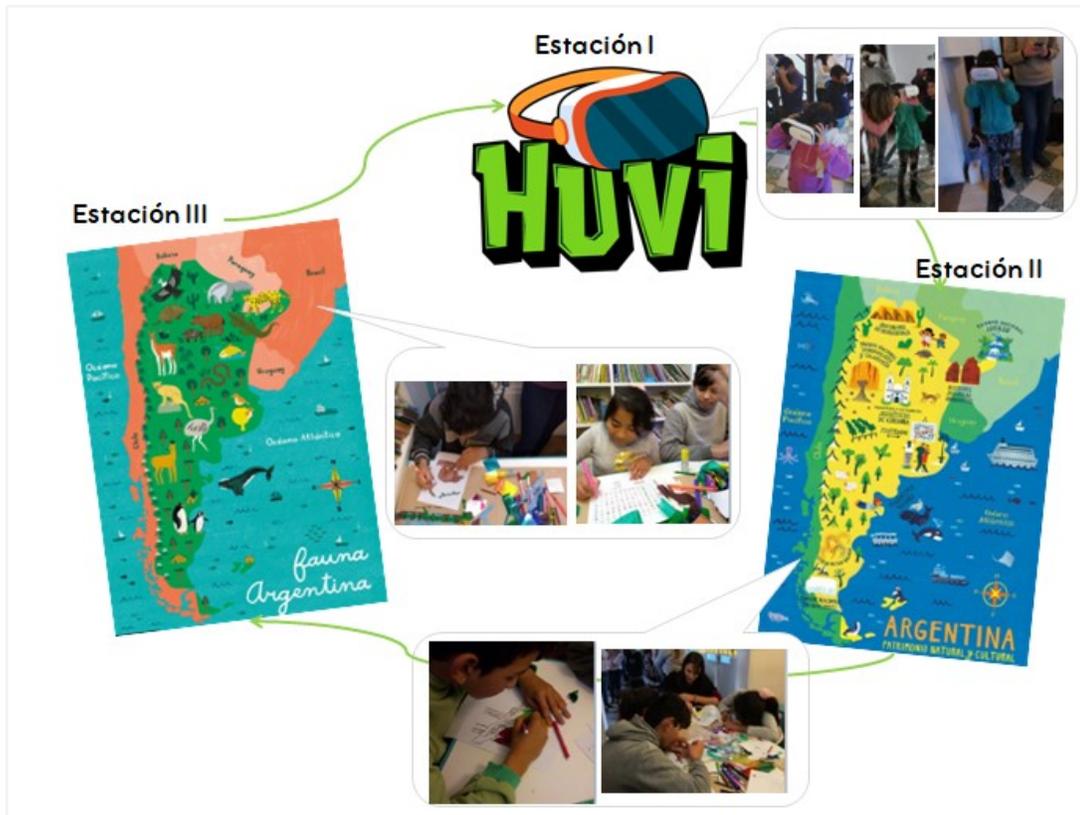


Figura 5. 6. Imagen que ilustra la organización de las sesiones de HuVi. **Fuente:** elaboración propia

5.3.2 Presentación de HuVi dentro de la sesión

La presentación de HuVi a los/as niños/as se realizó al comienzo de cada una de las sesiones: se los juntó a todos y se realizó una demostración de HuVi en vivo. Uno de los facilitadores se puso las gafas (Fig. 5.7) y comenzó a jugar con HuVi, la aplicación en ejecución se transmitió en un proyector, mediante un dispositivo *chromecast*, acompañado de otros/as de los integrantes que indicaba a los/as niños/as, cómo a través de la mira el avatar avanzaba e interactuaba con el contexto. Una vez terminada la demostración del uso de HuVi, se procede a comenzar con el circuito.



Figura 5. 7. (Izquierda) Tutora de la sesión explicando cómo jugar a HuVi. **(Derecha)**: tutoras les muestran a los participantes cómo se juega a HuVi con las gafas. **Fuente:** elaboración propia

5.3.3 Desarrollo de la sesión

Luego de la presentación de HuVi, los participantes se dividieron en 4 grupos, teniendo en cuenta que el grupo de la estación de HuVi debía estar comprendido solamente por 4 niños/as, debido a que solo se disponía de 4 celulares, para que en simultáneo usen la aplicación de RV. Los grupos de niños/as iban rotando por las distintas estaciones, una vez que todos pasaban finalizaba la sesión.

En cada una de la estaciones, un grupo de tutores acompañaba a los/as niños/as para asistirlos/as en las distintas actividades. De la misma manera, sucede para la estación de HuVi, 4 facilitadores acompañaron a cada niño que lo utilizó. El/la niño/a recibía una breve explicación inicial de cómo usar la aplicación y luego, se ponía las gafas y comenzaba a jugar. El tutor acompañaba participante en toda la experiencia, asistiendo si era necesario.

5.3.4 Evaluación

Para la evaluación de HuVi dentro de cada una de las sesiones, se aplicaron los instrumentos de recogida de datos presentados en la sección 5.2 y fueron planificados dentro de cada una de las sesiones de la siguiente forma:

- A. *Autoinforme 3E – Expresiones, emociones y experiencias:*
 - a. Metodología de implementación: al finalizar la experiencia, el/la niño/a recibe una hoja pictórica, un lápiz negro y lápices de colores, se le explica que en ella pueden expresar cómo se sintió durante la experiencia y qué emociones le despertó: a modo de ejemplo se les pregunta, ¿Cómo te sentiste cuando usaste HuVi?, ¿Estuviste alegre? ¿Aburrido/a? ¿Con miedo?, de modo de explicarles que pueden expresar libremente las emociones vividas. Además, se los deja observar mientras realiza sus expresiones en la hoja, para evitar que sientan incomodidad.

- B. *IMI – Cuestionario de motivación intrínseca:*
- a. Metodología de implementación: al finalizar la experiencia, el tutor que acompaña al/a la niño/a, le lee las afirmaciones del IMI y le explica en principio de qué se trata, indicando que cada pregunta tiene tres posibles respuestas: sí, más o menos, no, y le transmite tranquilidad para que no se sienta presionado en cuanto a sus respuestas.
- C. *Entrevistas grupales:*
- a. Metodología de implementación: luego que el grupo de niños/as finaliza con la experiencia de HuVi, se los/as reúne y uno de los tutores les explica que se les van a realizar una serie de preguntas y que todos pueden dar su opinión de lo que piensan, y luego se comienza con la realización de las preguntas.
- D. *Registro de observación:*
- a. Metodología de implementación: al momento en que los/as alumnos/as prueban de forma individual HuVi, están acompañados de un facilitador/a, quien cuenta con una planilla para realizar el registro durante la observación del participante. Allí completará los posibles problemas de uso que el/la niño/a pueda tener con HuVi.

En todas las sesiones hubo presencia de los docentes y tutores a cargo de los/as niños/as. Todas las acciones realizadas fueron consensuadas y aprobadas entre los participantes, docentes, directivos de las instituciones y tutores que formaron parte de la sesión. Para llevar a cabo la observación y el apoyo en las sesiones se contó con la presencia de entre 8 y 10 tutores, respectivamente, entre ellos/as la tesista junto a su directora.

La primera sesión se realizó en la Asociación Civil El Roble de la ciudad de La Plata, con una duración de aproximadamente 60 y 90 minutos, respectivamente. Se obtuvo una participación total de 10 estudiantes con edades entre los 6 y 12 años, junto a los directivos de la asociación. La segunda sesión fue realizada en la escuela nº 17, Ignacio Gorriti, de la ciudad de Berisso, con una duración aproximada de 90 y 120 minutos, en la que participaron 11 estudiantes de 3er grado de primaria con edades entre 8 y 9 años, junto a su docente. Las dos sesiones involucraron un espacio para la merienda compartida.

Los tutores siempre estuvieron atentos y disponibles en el caso de que los participantes necesitaran ayuda mientras realizaban la actividad.

Además de los instrumentos que se utilizaron para la recogida de datos sobre la experiencia, las observaciones fueron documentadas con material fotográfico siempre manteniendo el anonimato de cada uno de los participantes. Para el análisis se utilizó un método mixto de enfoques cualitativos y cuantitativos sobre los datos.

5.4 Resumen del capítulo

En este capítulo se describió el diseño del estudio de caso realizado a partir de una actividad educativa basada en acercar los patrimonios de la Argentina a través una aplicación de RV: HuVi. Para llevar a cabo la experiencia con HuVi, se realizó el planteo de los objetivos, la definición de técnicas e instrumentos para la recolección de datos y el diseño y organización de la actividad. La obtención de los datos se obtuvo al realizar dos sesiones de trabajo con niños/as de entre 6 y 12 años. Al finalizar, se describe la aplicación de los instrumentos de cada sesión con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados.

En el siguiente capítulo se presentarán los resultados obtenidos en estas sesiones, y así alcanzar el objetivo 8, de los planteados en el capítulo I.

Capítulo VI: Resultados

Resumen

En este capítulo se presentan y analizan los resultados de las sesiones llevadas a cabo como parte del estudio de caso. En primer lugar, se retoman con los instrumentos presentados en el capítulo anterior, pero desde el objetivo de su aplicación en el estudio de caso. Para luego exponer los resultados alcanzados. Se finaliza el capítulo con una conclusión de los principales aspectos observados.

6.1 Objetivos de la aplicación de los instrumentos de evaluación en HuVi

A continuación se listan los instrumentos que se utilizaron para evaluar la usabilidad, cuya descripción se realizó en el capítulo anterior, indicando el objetivo de su aplicación dentro de la sesión.

1. 3E - Expresiones emociones y experiencias: se consideró este instrumento de evaluación para poder analizar qué emociones despierta en los/as niños/as HuVi y qué experimentaron, ya que mediante dicho instrumento pueden expresar emociones y experiencias, escribiendo y dibujando, ayudando a diferentes usuarios a comunicar sus sentimientos de la forma que les sea más cómoda. Además su enfoque ayuda al alumno a expresar con seguridad las emociones negativas, lo que podría ser difícil en otro tipo de situaciones de evaluación, por ejemplo, en una entrevista.
2. IMI - Cuestionario de motivación intrínseca: se utiliza el cuestionario IMI para evaluar la motivación intrínseca de los estudiante en HuVi (McAuley, Duncan, & Tammen, 1989; Ryan & Deci, 2006). El cuestionario está dividido en tres categorías:- Interés/ Diversión, - Esfuerzo/ Competencia y - Tensión/ Presión sentidas. Cada una de las categorías está conformada por un grupo de preguntas, siguiendo una adaptación de la escala de Likert para su respuesta, acotada de 1 a 3: - sí, - más o menos,- no.
3. Entrevistas: el objetivo de las entrevistas grupales es evaluar determinados aspectos de la experiencia con la aplicación, respondiendo con ellas a los siguientes interrogantes que nos planteamos a lo largo del desarrollo de HuVi y de los cuales resultan las mejoras y cambios en la aplicación.
 - a. ¿Cuáles son las valoraciones que realizan los/as niños/as de sus percepciones visuales, auditivas y de inmersión en general cuando trabajan en experiencias de RV educativas? ¿Qué atrae más: la situación de inmersión o los componentes lúdicos?
 - b. ¿La inclusión de elementos lúdicos resulta atractiva para los/as niños/as en este tipo de aplicaciones?
 - c. ¿Cómo se relaciona la opinión de los/as niños/as vs lo que aprendieron, en contraposición con los objetivos educativos para los cuales se diseñó la experiencia de RV?
4. Registro de Observación: el objetivo de la observación participante es atender a cuestiones de accesibilidad y usabilidad de HuVi.

6.2 Presentación de los resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir del trabajo con los 21 niños/as que fueron parte de la experiencia. Para facilidad del lector los resultados se presentan y se organizan de acuerdo a lo obtenido en los distintos instrumentos.

6.2.1 Método 3E:

¿Qué expresan los/as alumnos/as al usar HuVi?

En general los/as niños/as usaron la forma de diálogo rectangular para volcar sus expresiones. En el gráfico 6.1 se puede observar que las opiniones sobre la experiencia en el uso de HuVi fueron positivas, las Cataratas fue una de las cuestiones que más les gustó a los/as niños/as, según lo que expresaron. Además, indicaron que disfrutaron del juego, se divirtieron y quieren conocer el lugar. Solo un niño no expresó nada y uno solamente dibujó una carita sonriente sin expresiones en los cuadros de diálogo.

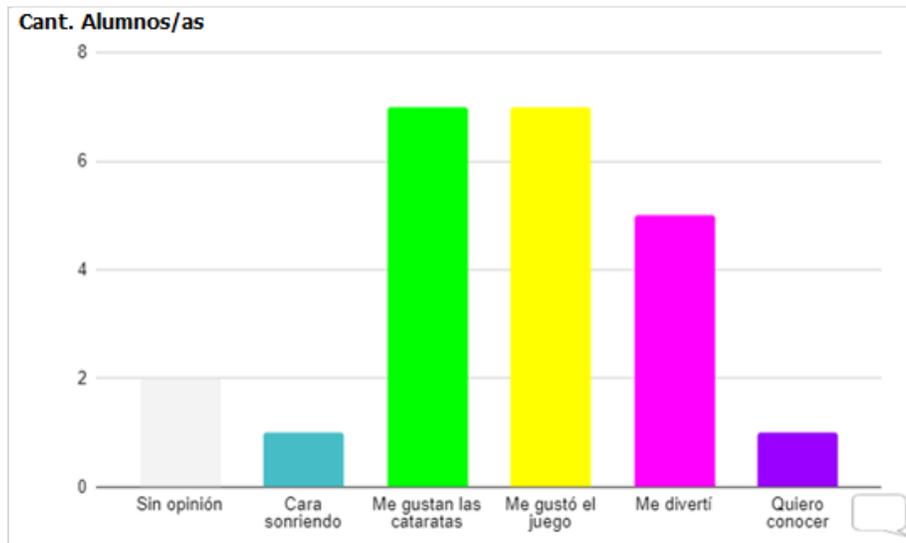


Gráfico. 6. 1. Opiniones de los/as alumnos/as respecto de HuVi. Fuente: elaboración propia

¿Cómo se sintieron los/as alumnos/as? (expresado mediante el dibujo de una carita)

Como se puede ver en el gráfico 6.2, el 81% de participantes, expresó a través de una sonrisa indicando cómo se sintió mientras jugaba, y un 19% lo hizo mediante una sonrisa más pronunciada.

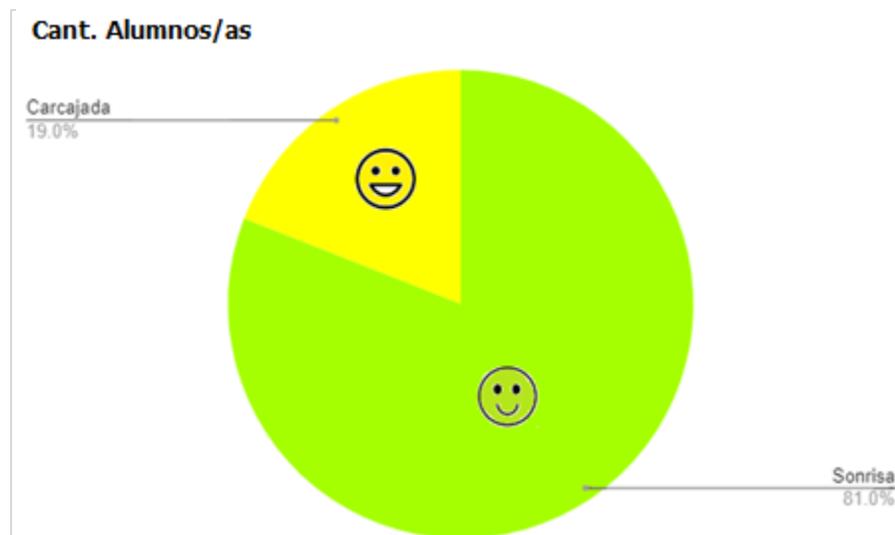


Gráfico. 6. 2. Representa cómo se sienten los participantes durante la experiencia. Fuente: elaboración propia

¿Qué piensan los/as niños/as acerca de HuVi?

En relación a la burbuja en la que se esperaba que escriban los que ellos/as pensaban, cuatro niños/as dejaron la burbuja de nube vacía, se puede inferir que o bien no se sintieron seguros/as de lo que debían expresar allí, o que ya lo habían realizado en la burbuja rectangular. Por otro lado, los/as niños/as que completaron la burbuja, en su mayoría indicaron a las Cataratas como lo sobresaliente que vivenciaron en la aplicación y en lo que se quedaron pensando luego de la experiencia, mientras que otros/as niños/as indicaron a los animales del lugar, el sendero en la escena del parque, los desafíos, el avatar que los representa, los audios y también mencionaron las gafas de 3D. En el gráfico 6.3, se presenta un gráfico con los resultados obtenidos.

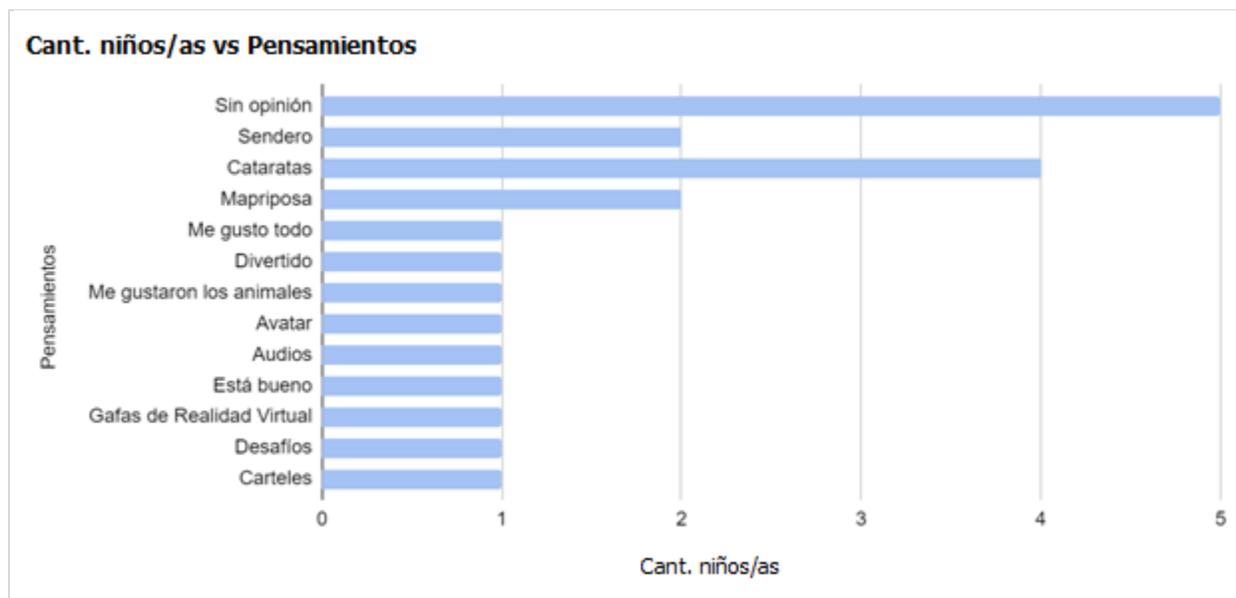


Gráfico. 6. 3. Representa lo que piensan los/as niños/as luego de la experiencia. **Fuente:** elaboración propia.

Se puede concluir en base a los 3 elementos de observación que conforman el método 3E que: las Cataratas del Iguazú fue una de las cuestiones que más expresaron los/as niños/as que les gustaron (ya sea a través de los videos HD o 360), seguida de la mención de que disfrutaron del juego y se divertieron. El 81% de los/as niños/as expresó a través de una sonrisa cómo se sintió mientras jugaba y un 19% lo hizo con una sonrisa más pronunciada. Los/as niños/as que completaron la burbuja, en su mayoría indicaron a las cataratas como lo sobresaliente de la aplicación y en lo que se quedaron pensando luego de la experiencia.

En el cuadro de la Fig.6.4 se dan a conocer los resultados obtenidos de las plantillas pictóricas de los 21 niños/as.

 A =Alumno/a		 A= Alumno/a; O=Observador/a
		A: Camino hacia el agua (hace referencia a la pasarela que lo lleva hacia las cataratas)
A:Me gustan las cataratas		A: Mariposa (hace referencia a lo que llamó su atención en el recorrido)
A: La cascada me gustó.		
A: las cataratas me gustan		

A: Me gustan las cataratas		O: pinta de celeste la burbuja (se puede pensar que el agua de las cataratas es algo que llamó su atención)
A: Me gustaron las cataratas mucho		O: pinta de celeste la burbuja (se puede pensar que el agua de las cataratas es algo que llamó su atención)
A: Cataratas		A: me gustó todo
A: Me gustó el juego		
A: Está bueno que instalaran el juego		A: es divertido
		
A: Me divertí		A: me gusta la mariposa
A: Me gustó mucho		A: quiero conocer las cataratas
A: Me gustaron las cataratas		
A: Me divertí con los acertijos y me divertí mucho.		A: encontrar animales que nunca vi, eso me re gustó.
A: Me pareció divertido		A: me pareció interesante el avatar y los audios. Me gustó mucho el parque
A: Estupendo y divertido. ¡Quiero conocer!		A: me sorprendí a medida que me acercaba a las cataratas y recorría el parque.
A: La mayoría me gustó		A: está bueno
A: Me gustó mucho la aplicación		A: estuve muy contenta de volver a ver las gafas de Realidad Virtual
		O: El/la alumno/a dibuja uno de los desafíos en los que se encuentran las cataratas.
A: para mí el juego está buenísimo y resulta divertido, pero a veces cuando seleccionas algún diamante o cartel no funciona		A: Yo pienso que no hay mucha atención en los carteles
A: les quiero decir que está bueno y que puedan mejorar		A: yo pienso que está muy bueno y que las cataratas también están buenas.

Gráfico. 6. 4. Resultados obtenidos de la planilla pictórica del instrumento 3E. **Fuente:** elaboración propia

6.2.2 IMI - *Intrinsic Motivation Inventory*

A continuación se exponen los resultados de los 21 niños/as que fueron parte de la experiencia. Los resultados fueron calculados de la siguiente manera. Se calcula la puntuación sumando las contribuciones de puntuación máxima que puede brindar cada afirmación. El puntaje corresponde al rango de 1 a 3, siendo 3 el

puntaje máximo de cada elemento. Para las afirmaciones negativas (inversas) el puntaje se invierte; 3→1, 2=2, 1→3. A continuación se analiza cada categoría.

Interés/Diversión

Como se puede observar en el gráfico 6.5, HuVi tuvo resultados muy positivos en relación con el interés y diversión que despertó en los/as niños/as que formaron parte de la experiencia, de manera unánime todos los participantes respondieron que HuVi fue interesante y que les fue agradable jugar, por otro lado, muy pocos fueron los que indicaron que más o menos fue divertido y disfrutaron. En este caso la única afirmación negativa también obtuvo muy buenos resultados, ya que muy pocos niños/as pensaron que HuVi podría ser aburrido.

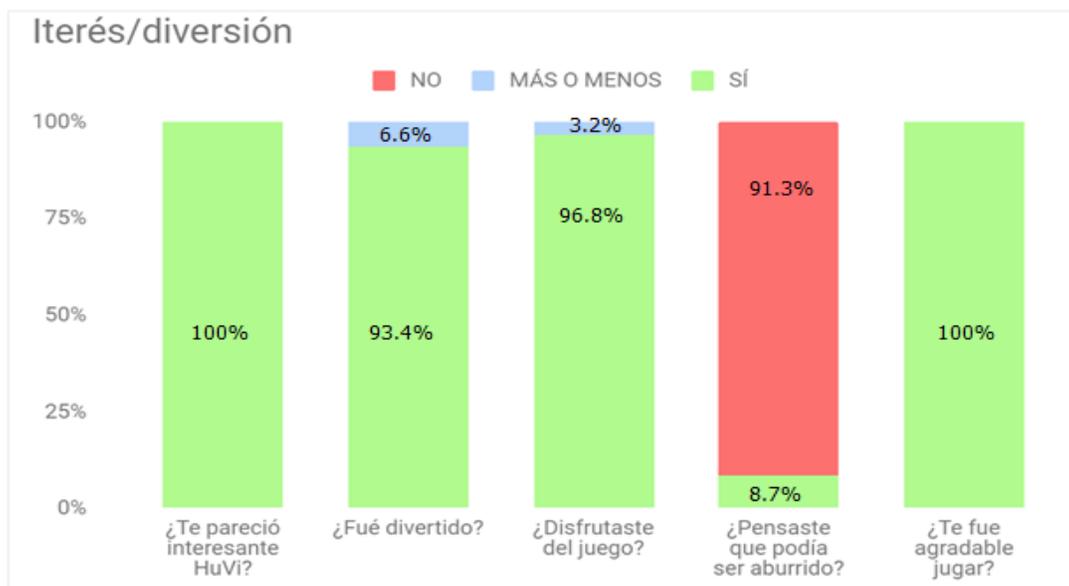


Gráfico. 6. 5. Muestra la categoría de Interés/Diversión según las respuestas de los/as niños/as. **Fuente:** elaboración propia

Esfuerzo/ Competencia

En el gráfico 6.6 se presentan los resultados para el caso del Esfuerzo/ competencia, HuVi vuelve a obtener una aceptación muy positiva de los/as niños/as, si bien no se tiene una afirmación con unanimidad, en su gran mayoría los/as alumnos/as respondieron de forma positiva a cada interrogante, sintieron que jugaron y se desempeñaron bien durante la experiencia y además se mostraron hábiles respecto de los desafíos al ganar las huellas.

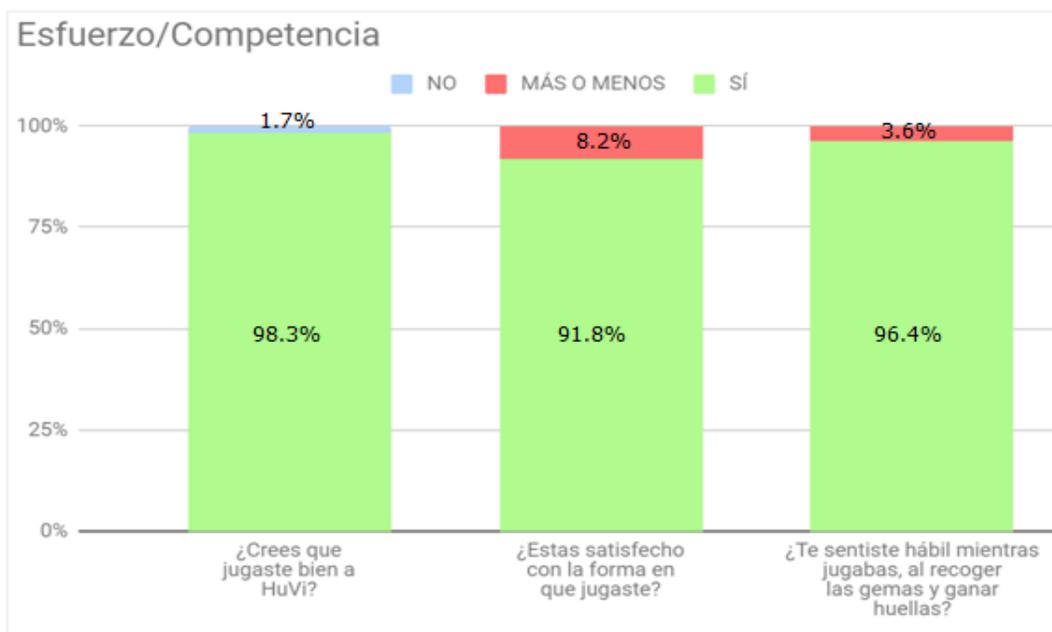


Gráfico. 6. 6. Resultados de la categoría Esfuerzo/ Competencia, que sintieron los/as niños/as. **Fuente:** elaboración propia.

Tensión / Presión sentidas

En este caso, se observa que las respuestas por parte de los/as niños/as estuvieron repartidas. Un 27% de participantes sintió presión durante la experiencia y muchos se sintieron ansiosos (82.5%) y nerviosos (56.8), esto puede deberse que fue por lo novedoso de la aplicación, ya que de acuerdo a los datos relevados de la experiencias con RV, en su mayoría nunca habían interactuado con gafas para este tipo de aplicaciones.

Por otro lado, en cuanto a la tensión sentida por parte de ellos/as, los resultados se ven parejos entre los sí y los no con 35.5%, se puede observar que en general la experiencia generó tensión en ellos/as por ser algo nuevo y diferente. Además, los niño/as con los que se trabajó tienen poca cercanía con las tecnologías digitales. En el gráfico 6.7 se presentan estos resultados.

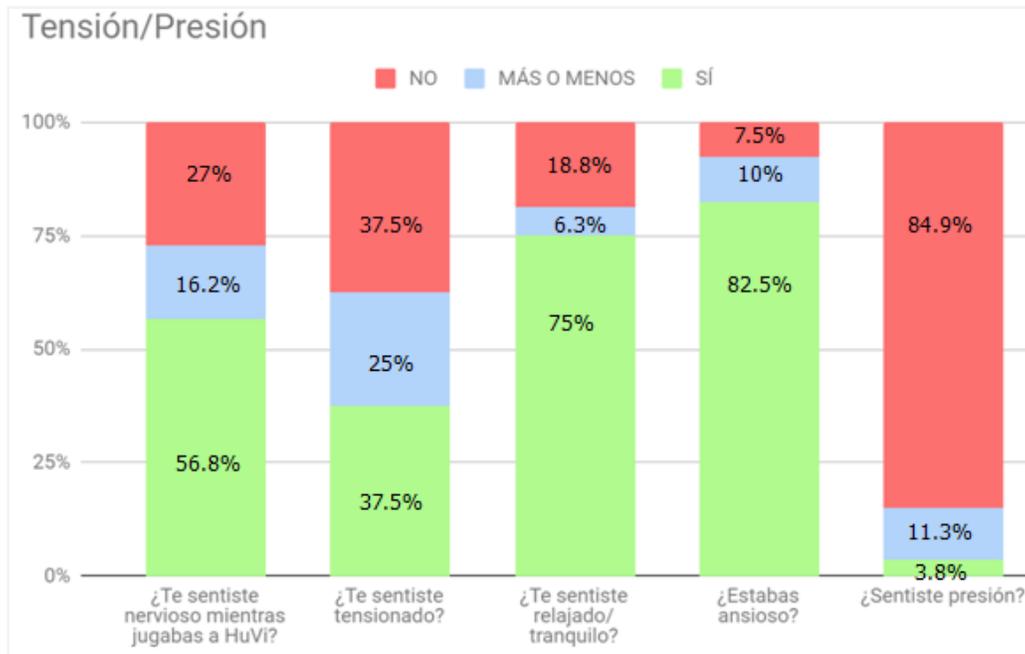


Gráfico. 6. 7. Tensión/ Presión percibidas de los participantes durante la experiencia. **Fuente:** elaboración propia.

6.2.3 Entrevista Grupal

Cuestionario I

El objetivo del **Cuestionario I** es dar respuesta al primer y segundo grupo de interrogantes que se plantearon para este instrumento.

Por cada uno de los interrogantes que aparecen en cuestionario (Cap.5: Fig. 5.4) en la primera fila se abordan de manera transversal de acuerdo con las escenas que interactuaron en HuVi. A continuación, se exponen los resultados obtenidos por escena y una breve conclusión.

Inicio

De acuerdo a lo observado, esta escena no apareció en la memoria de los/as niños/as en general, uno o dos pudieron recordar al avatar al mencionar "...Recuerdan que les gustó más en la escena inicial", pero como éste es guía durante todo el juego, no se puede afirmar que lo recuerdan de la escena Inicio. Por otro lado, solo dos niños/as eligieron el avatar con el cual jugar. De acuerdo a lo observado se puede pensar que al ser la primera escena inmediata a ponerse las gafas de RV, con la cual interactúan los/as niños/as, no prestan mucha atención, ya que atienden a la visualización e interacción con el entorno y al entrar en contexto se encuentran con el icono de "play" y ellos/as ya quieren jugar, siendo natural en la forma de actuar de una persona, pasando inmediatamente a la segunda de las escenas: "Explorando la Argentina".

Explorando Argentina

Al consultarles a los/as niños/as por esta escena, a diferencia de la anterior, todos los participantes la recordaban. En su mayoría mencionaron a las mariposas como objeto 3D que llamó su atención, algunos/as destacaron la forma en cómo se desplazaban a través de la mira para avanzar sobre el mapa de Argentina, dos o tres niños/as se dieron cuenta que estaban desplazándose por sobre el país. Muy pocos recordaron el cartel que introduce el video de las cataratas. En relación al guardaparque ubicado antes del ingreso al parque, que invita al jugador a entrar a las cataratas, cinco niños/as prestaron atención y accedieron al audio. En cuanto al

sonido de fondo que acompaña la escena, se le consultó qué les parecía, y en su mayoría respondieron que les gustó, si bien no fue algo que llamará su atención, acompañó de forma correcta en el recorrido.

Descubriendo el Parque

Todos los/as niños/as recordaron esta escena, y fue la que más despertó interés en ellos/as, esto resulta natural ya que es la escena más importante de HuVi, en la cual se incluyen muchos efectos audiovisuales y presenta interacción e información para el/la alumno/a.

A diferencia de la escena anterior, “Explorando Argentina”, los audios de fondo (canto de aves y cataratas de agua) utilizados para esta escena, fueron influyentes en la inmersión de los/as niños/as en el parque ya que recordaron muy entusiasmados el canto de las aves del lugar y el sonido de agua que representaban las cataratas al acercarse y estar frente a ellas. Respecto de los objetos 3D, muchos nuevamente mencionaron a las mariposas, pero además quedaron impresionados con los demás animales del lugar que acompañan el recorrido: coatíes, tortugas y aves; también indicaron gemas, estrellas, pero sin embargo, cuando se disparó el interrogante: ¿qué les gustó más de esta escena?, los/as niños/as no dudaron y casi de forma unánime indicaron “Las Cataratas!!!”, el punto del recorrido que causó más impresión en ellos/as.

En relación con los videos HD que forman parte del recorrido hacia las cataratas, solo un 50% de los/as alumnos/as accedió a ellos e indicó que les gustaron, esto puede deberse a que la forma en que se los presenta no acapara del todo la atención en los/as niños/as, por este motivo no acceden o bien se sintieron atraídos/as más por otros objetos del lugar. Por otro lado al video 360º que se presenta al llegar a las Cataratas del Iguazú, accedieron en su mayoría siendo el video que más impactó en los/as niños/as, debido a que girando su cabeza ellos/as podían observar todo el lugar.

Desafíos

En relación con la escena de desafíos, los/as niños/as indicaron que les gustó y pareció divertida, se observó durante la experiencia, la alegría de los/as alumnos/as al responder bien el desafío y pasar a la siguiente pasarela, ya que expresaban con entusiasmo al tutor: “¡señor gané, gané!”.

Cuestionario II

Con este cuestionario (Cap.5: Fig.5.5) se busca dar respuesta al tercer interrogante que se planteó para este instrumento, y determinar si HuVi cumple con los objetivos educativos para los cuales se diseñó la experiencia.

Desafío I

En relación a este desafío, se observa que fueron muy pocos los que prestaron atención: ante el interrogante: ¿Quiénes habitan en ese lugar?, si bien la mayoría pasó el desafío, unos pocos niños/as recordaron exactamente y respondieron correctamente “Guaraníes”. Ante el desafío ¿Quién descubrió las cataratas?, ninguno de los/as niños/as respondió con exactitud, esto se puede deber a que la información se presentaba ni bien se accede al parque, y puede suceder que los/as niños/as en su ansiedad por explorar un nuevo escenario, no hayan accedido a este cartel que les proveía esta información.

Desafío II

A diferencia del primer desafío, los/as niños/as en su mayoría, responden con exactitud a ambos interrogantes, referidos a ¿En dónde se encuentra la garganta del diablo? y ¿Con qué país compartimos las cataratas del Iguazú?

Desafío III

Al igual que el desafío II, responden correctamente al interrogante: ¿Cuál es la vista más famosa de las cataratas del Iguazú? Y entusiasmados indican que la garganta del diablo es: "... muy alta", si bien no recuerdan la altura con exactitud, son conscientes de ello.

Así, se observa que se recuperan mayormente los contenidos trabajados excepto los primeros. Esto da pistas para el diseño de la aplicación ya que debería iniciarse con los contenidos a trabajar luego de un primer momento de acostumbramiento con el entorno o la nueva escena en este caso.

6.2.4 Observación participante

La aplicación dispone de una opción de ayuda, la cual permite acceder a un video de cómo jugar con HuVi, indicando al jugador que la mira es su control y es mediante la cual puede interactuar con el entorno. Partiendo de lo anterior se asume que el usuario puede utilizar la aplicación de forma autónoma, sin ningún tipo de ayuda. Sin embargo, para las experiencias llevadas a cabo con los/as alumnos/as, debido al tiempo del cual se disponía, previa a la experiencia de los/as alumnos/as con HuVi, se los reunió en grupo y se realizó una demostración de HuVi en vivo. Mediante esta técnica y con el registro presentado en la sección 5 (Fig. 5.5), se completan los posibles problemas de uso que el/la niño/a pueda tener con HuVi.

De acuerdo al gráfico 6.8, se observa que de 21 niños/as que formaron parte de la experiencia, casi un 75%, pudo jugar de forma autónoma con HuVi, contra un 25% aprox. que para llevar a cabo alguna de las acciones tuvo que recurrir al tutor. De acuerdo a las observaciones obtenidas, no necesariamente un niño necesitó ayuda para todas las interacciones, en general si recibía ayuda por ejemplo para caminar, luego el resto de la acciones las realizaba de forma independiente. Respecto del volver o salir de la escena, esto no fue presentado en la demostración inicial de HuVi y pudo haber influido en los resultados.

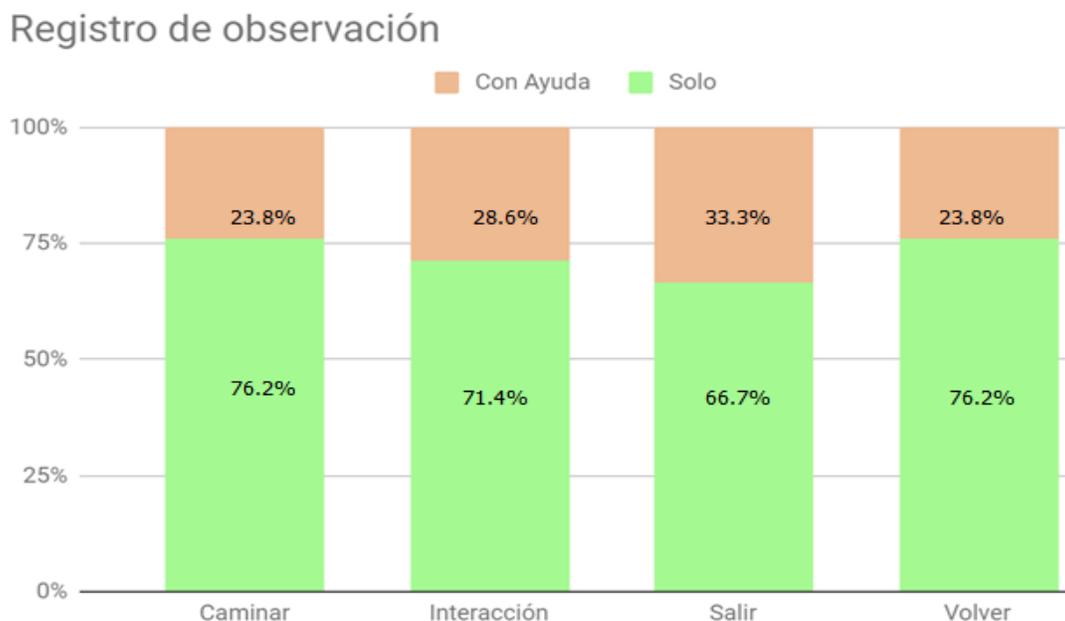


Gráfico. 6. 8. Registro de observaciones. Fuente: elaboración propia.

6.3 Resumen y Conclusiones del capítulo

Con el estudio de caso se buscó conocer cómo resultaba la experiencia para los participantes, en términos de motivación intrínseca, aprendizaje y elementos que gustaban o no de la aplicación, con la guía de las preguntas de investigación planteadas. Además, durante la experiencia se indagó qué llamaba la atención de

los/as alumnos/as en relación a los recursos que formaban parte de la inmersión. Los instrumentos seleccionados y las técnicas utilizadas para la recogida de datos resultaron efectivas y permitieron obtener la siguiente información.

Las Cataratas fue una de las atracciones que más les gustó a los/as niños/as, también indicaron que se vieron atraídos/as por los animales del lugar (objetos 3D), el sendero en la escena del parque, los desafíos, el avatar que los representa, los audios y también mencionaron las gafas de 3D. Convirtiéndose, la escena “Descubrimiento del Parque”, en la más impactante para los/as niños/as, los audios de fondo (canto de aves y cataratas de agua) utilizados para esta escena, fueron influyente en la inmersión de los/as niños/as en el parque, ya que recordaron muy entusiasmados/as el canto de las aves del lugar y el sonido de agua que representaban las cataratas al acercarse y estar frente a ellas. Respecto de los objetos 3D, muchos mencionaron que quedaron impresionados/as con los animales que los acompañan el recorrido: coatíes, tortugas y aves; también mencionaron a las gemas, estrellas, y las “cataratas” que fue el punto del recorrido que causó más impresión en ellos/as. En relación con los videos HD que forman parte del recorrido, solo el 50% accedió a ellos, podría ser que la forma en que se los presenta no acapara del todo la atención en los/as niños/as, por este motivo no acceden o bien se sintieron atraídos/as más por otras opciones del lugar. Sin embargo, el video 360º que se presenta al llegar a las Cataratas del Iguazú no solo lo accedieron en su mayoría, sino que fue el video que más impacto en los/as niños/as.

Los/as niños/as disfrutaron del juego, se divirtieron, además HuVi despertó en ellos/as el interés por conocer el lugar. El Esfuerzo/ competencia de los/as niños/as con HuVi, fue muy positivo, ya que en su mayoría sintieron que jugaron y se desempeñaron bien durante la experiencia y además se mostraron hábiles respecto de los desafíos al ganar las huellas. Sin embargo, un grupo muy pequeño de niños/as sintió presión durante la experiencia, mientras que en su mayoría se sintieron ansiosos y nerviosos al inicio. Se puede pensar que estos resultados son producto de lo novedoso de la aplicación y que de acuerdo a los datos relevados de las experiencias con RV, en su mayoría, los/as niños/as, nunca habían interactuado con gafas para este tipo de aplicaciones, ya la población con la que trabajó tiene poca cercanía con las tecnologías digitales.

La dinámica de los desafíos, que se planteó en HuVi, resultó divertida y entusiasmó a los/as niños/as, ya que se observó durante la experiencia, la alegría de los participantes al responder bien el desafío y pasar a la siguiente pasarela. En relación al contenido que presenta cada desafío, los/as niños/as en su mayoría, recuerdan con más claridad el desafío II y III, ya que responden con exactitud a los interrogantes planteados. Esto da pistas para el diseño de este tipo de aplicaciones, lúdico educativas.

Por otra parte, se puede concluir que HuVi presenta buenas características de usabilidad, ya que de todos los/as niños/as que formaron parte de la experiencia, el 75% aproximadamente, pudieron jugar de forma autónoma. Solo un 25% tuvo que recurrir al tutor, para llevar a cabo alguna de las acciones, pero luego continuaron jugando solos.

Es posible concluir entonces, que los/as niños/as disfrutaron y tuvieron alta motivación durante la experiencia más allá de que manifestaron cierta tensión por la ansiedad que les producía lo nuevo de la tecnología a utilizar; fueron capaces de recuperar conocimiento abordado en el recorrido como cuál era el país limítrofe con el que se compartían las Cataratas, y quiénes habitaban previo a la llegada de los conquistadores estas tierras, cumpliendo así varios de los objetivos educativos. En cuanto a los recursos incluidos en la RV, se ve el atractivo por algunos objetos 3D como las mariposas o los animales del lugar, los/as niños/as atienden a los sonidos y les impacta lo visual de las Cataratas. Los videos 360 fueron más elegidos por los/as alumnos/as que los HD. Los aspectos lúdicos como ganar huellas a partir de desafíos es muy bien valorado por los/as niños/as.

En la Fig. 6. 9, se puede observar un diagrama del estudio de caso llevado a cabo:

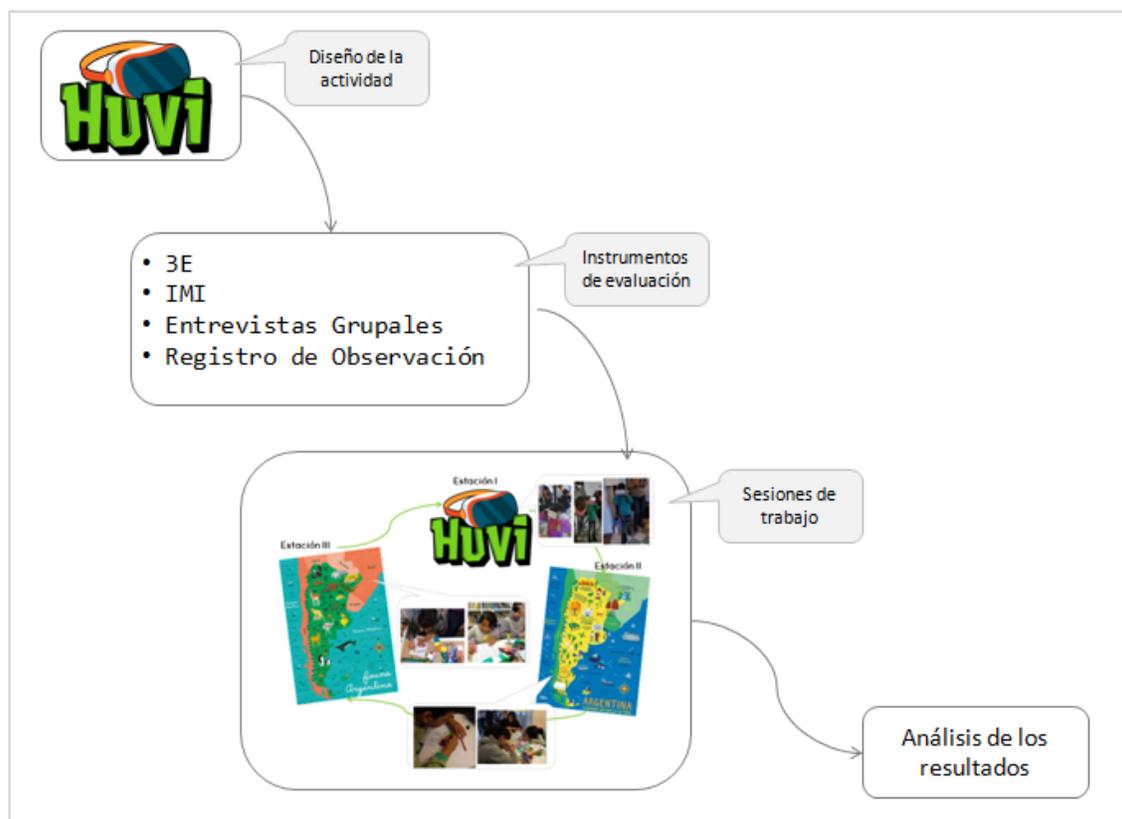


Gráfico. 6. 9. Diagrama del estudio de caso. **Fuente:** elaboración propia.

Capítulo VII: Conclusiones y trabajos futuros

Resumen

En este capítulo se presentan las conclusiones generales de la tesis, sobre la investigación y el análisis llevado a cabo sobre la realidad virtual y su aplicación en contextos educativos y de formación. Además la tesis involucra el desarrollo de una aplicación móvil de RV llamada HuVi. A partir de la revisión de literatura realizada, se elaboran las conclusiones en relación a su evaluación en contextos educativos, y también con base en el estudio de caso desarrollado en las instituciones: Asociación El Roble de la ciudad de La Plata y La Escuela N° 17, Ignacio Gorriti, de la ciudad de Berisso.

Seguido, se abordan los objetivos y las preguntas de investigación plasmadas en el Capítulo 1, con el propósito de resaltar los alcances logrados en esta investigación y, se describen las principales conclusiones.

Por último, se detallan las líneas de trabajo e investigación futuras que servirán para potenciar los conocimientos generados en esta tesis.

7.1 Conclusiones

El objetivo general de este trabajo se orientó a la investigación y análisis de la realidad virtual y su aplicación en entornos educativos, como una “tecnología” mediadora en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Para ello se definieron los siguientes objetivos específicos (Capítulo I, 1.3):

1. Estudiar el concepto de RV y sus fundamentaciones.
2. Analizar ventajas y desventajas de su uso.
3. Estudiar las teorías de aprendizaje sobre las cuales se forjan las bases de su implementación en el contexto educativo y de formación.
4. Identificar prácticas pedagógicas, particularmente relacionadas con la experiencia, que justifican el uso de la RV en procesos de enseñanza y aprendizaje.
5. Estudiar y analizar distintas aplicaciones de RV y su aplicación en el ámbito educativo.
6. Desarrollar una aplicación educativa de RV, a partir de los lineamientos del análisis teórico realizado, y haciendo uso de herramientas de distribución libre, que permitan el desarrollo de aplicaciones de RV, orientadas a temáticas educativas.
7. Llevar a cabo un estudio de caso con la aplicación desarrollada en el punto anterior:
 - Definir los objetivos y el contexto para el estudio de caso.
 - Validar las hipótesis que surjan a partir de la investigación teórica.
8. Realizar el análisis de los resultados obtenidos de la experiencia. Plantear nuevas líneas de investigación.

El capítulo I dio inicio al marco conceptual sobre “La Realidad Virtual”, que da sustento teórico a esta tesis y permitió dar lugar al alcance de los objetivos específicos 1, 2, 3 y 4. En su recorrido se da a conocer su historia, factores que la diferencian de otras “tecnologías”, características fundamentales y modelos de aplicación, dentro de los contextos educativos y de formación, buscando fundamento en las teorías de aprendizaje. Esto permitió exponer con claridad diversas razones por las cuales la aplicación de RV es apropiada dentro de diversos contextos, especialmente el educativo y de formación, algunas barreras mencionadas por los/as autores/as, ventajas y desventajas, para concluir con la exposición de un modelo de implementación en estos escenarios. Con lo abarcado en este capítulo se da respuesta al primer grupo de preguntas de investigación formuladas en la Sección 1.4.3.1, vinculadas desde una perspectiva teórica:

- A. ¿Qué es la Realidad Virtual (RV)? ¿Qué motiva la integración de esta tecnología en escenarios educativos y en otros ámbitos de formación?
- B. ¿En qué disciplinas y niveles educativos se está integrando la RV? ¿Quiénes son sus destinatarios?
- C. ¿Cuáles son las estrategias y metodologías que se utilizan para integrar RV para un determinado contexto educativo? ¿Qué contextos son los más elegidos para implementar este tipo de experiencias? ¿Por qué?

Para dar respuesta al interrogante A), por una lado se adopta la definición de LaValle (2017), ya que conjuga todos los aspectos de distintos/as autores/as expertos/as en el tema, él presenta una definición para la RV lo suficientemente general, que captura los aspectos más importantes de ésta, y abarca lo que la RV se considera hoy y lo que se prevé para su futuro. Por lo tanto, parte del interrogante se responde con la siguiente definición: se trata de entorno simulado tridimensional que busca *“inducir un **comportamiento dirigido** en un **individuo** mediante el uso de **estimulación sensorial artificial**, mientras que el individuo tiene poca o ninguna **conciencia** de la interferencia”* (LaValle, 2017).

Sin embargo, hay una serie de características que se encuentran presentes en muchas definiciones para la RV, que se han encontrado a lo largo del análisis de los artículos y que completan la definición adoptada: inmersión, presencia, navegación, manipulación, interacción, percepción, simulación. De esta manera, en la tesis se aporta una definición propia que resulta superadora incluyendo también estas características:

“La Realidad Virtual crea un contexto en el que un individuo experimenta la sensación de estar inmerso en un entorno virtual 3D, mediante la estimulación sensorial artificial; experimentando la sensación de presencia y la capacidad de interactuar y manipular los objetos del entorno, dentro de un contexto simulado, teniendo poca o ninguna conciencia del exterior”.

Para completar el interrogante A) ¿Qué motiva la integración de esta tecnología en escenarios educativos y en otros ámbitos de formación?, las investigaciones hasta el momento han demostrado que las aplicaciones de RV son efectivas en múltiples niveles de educación y formación, con un alto grado de aceptación por parte de los/as estudiantes (Kavanagh, Luxton-Reilly & Wuensche, 2017). La interacción del usuario con el mundo virtual fomenta el compromiso activo, que es deseable para el aprendizaje (Pantelidis, 2009). Sus propiedades intrínsecas y el mecanismo cognitivo involucrado en experiencias de RV, permiten a los/as alumnos/as concentrarse conscientemente en lo que están experimentando y participar en un aprendizaje más significativo (Falah et al., 2014, Chung, 2012; Tapscott, & Williams, 2010; Moreno & Mayer, 2002). La RV permite un aprendizaje basado en la experiencia, al abordar las necesidades de los/as estudiantes con estilos de aprendizaje alternativos, mejorando al mismo tiempo la vinculación con los contenidos educativos (Shen, Ho, Kuo, Luong, 2018, Pashler, McDanie, Rohrer & Bjork, 2008).

Estos beneficios y valores otorgados a la RV han sido discutidos y presentados con detalle a lo largo del capítulo II y III de la tesis. Así, en estos dos capítulos se aporta a la investigación estas temáticas y la tesis logra sintetizar aspectos relevantes que pueden ser de utilidad para conocer sobre la realidad virtual, y las investigaciones sobre ésta y su vinculación con contextos de aprendizaje y formación.

En relación a las áreas de aplicación de la RV, y para responder al interrogante B), de acuerdo con el estudio bibliográfico llevado a cabo, en sus comienzos, las aplicaciones de RV fueron experimentadas para entrenamiento militar con soporte de simulación, para luego abarcar una amplia variedad de áreas, como soporte para entrenamiento, aprendizaje y capacitación (Kavanagh, Luxton-Reilly, Wuensche, 2017; Sala, 2016). A lo largo de este trabajo, se han encontrado variados dominios de aplicación, siendo algunos contextos más frecuentes que otros:

- Salud: educación quirúrgica, educación física, educación de enfermería, rehabilitación, nutrición, medicina en general.
- Ingeniería: aviación, arquitectura, robótica, construcción, maquinaria, minería, ingeniería mecánica, ingeniería química, ingeniería de procesos, automotor.

- Ciencias: astronomía, ciencias de la computación, física general, educación energética, geometría, matemática en general.
- Otras áreas de aplicación: seguridad, historia, psicología, turismo, música, arte, medioambiente, idiomas, entretenimiento y diversión, entre otras.

Respecto del nivel educativo, en base a la investigación realizada, el nivel universitario es uno en los cuales se ha encontrado mayor implementación de la RV de distintos tipos, seguido por el nivel primario. Sin embargo, durante la investigación se encontró una gran variedad de aplicaciones de RV, no diseñadas para un nivel educativo en particular sino destinadas a la capacitación y entrenamientos de habilidades. La RV está siendo realmente útil en áreas específicas como fábricas donde los participantes pueden moverse con seguridad por lugares peligrosos, aprendiendo a lidiar con las emociones mientras experimentan las mejores soluciones y están lejos de los peligros reales. En relación con aplicaciones de RV orientadas a niveles iniciales, se encontraron muy pocas, eso se puede deber a que al tratarse de niños/as pequeños/as puede resultar en algunos casos incómoda, debido a que todavía están creciendo y la visión en 3D, así como la coordinación manos y vista, y el equilibrio aún están en desarrollo.

Para dar respuesta a los interrogantes (C), en base a los artículos analizados, gran parte de los/as investigadores/as en el campo de la Educación, argumentan la necesidad de vincular el aprendizaje con la experiencia, y afirman que en diversas temáticas de estudio, para conceptos abstractos, los/as estudiantes tienen poca posibilidad de "percepción" y "comprensión de las dimensiones cualitativas de los fenómenos que estudian", siendo entonces, la RV, un medio para lograr este objetivo, posibilitando poner en juego operaciones de orden superior por parte de los/as estudiantes (Chee, 2001). En todos los niveles de Educación, la RV tiene el potencial de guiar a los/as alumnos/as hacia nuevos descubrimientos, de motivar, alentar y emocionar. Además, se observó que se aplica como estrategia educativa para posibilitar:

- La participación activa del estudiante.
- La experiencia y vivencia de una determinada situación, contexto, interacción.
- La manipulación e interacción con objetos virtuales (y/o reales) que apoyan la representación de conceptos abstractos.
- La motivación y la exploración.
- La oportunidad de participar de experiencias que tal vez en la vida real no fueran posibles.

En relación a la pregunta C también se indagaron ventajas y desventajas de utilizar RV, y contextos o situaciones en las que se recomienda integrar la RV para contextos educativos y de formación, y también algunas limitaciones o barreras que atender. En el capítulo II, se sintetizaron y abordaron estos aspectos. Se realizó un cuadro que sintetiza las ventajas y desventajas, y también se fundamentó con un recorrido por diferentes teorías de aprendizaje, y cómo éstas apoyan la utilización de la RV con el fin de lograr determinados procesos de aprendizaje.

El docente o formador es quien decide cuándo y dónde usar RV, en consecuencia, disponer de un modelo de aplicación es importante para ayudar en la toma de estas decisiones. Desde este punto de vista, se tomó la propuesta de Pantelidis (2010), quien define un modelo de aplicación que sirve de guía al docente para determinar, si es adecuada la aplicación de la RV en un determinado contexto y los pasos para la planificación de una actividad con RV. Esto se ha detallado en el capítulo II sección: 2.5.

En el capítulo III, se aborda el objetivos 5, planteado en el capítulo I, y se indaga sobre los aspectos vinculados con las experiencias de RV educativas y de formación. Mediante una revisión sistemática de evidencia empírica, en la cual se puso el foco en experiencias que integran distintos entornos inmersivos de RV desarrollados desde 2013 a la actualidad, se encontró un total de 28 trabajos que presentaban de forma completa o parcial una descripción de la experiencia. A lo largo de ese capítulo, se dio respuesta al segundo grupo de preguntas formuladas en la sección 1.4.3.1 (Cap. I):

- A. ¿Qué aspectos se evalúan en estas experiencias y con qué técnicas e instrumentos?
- B. ¿Las técnicas/ instrumentos son construidas/os ad-hoc o son estandarizadas/os?
- C. ¿Cuáles han sido los principales resultados obtenidos?

- D. ¿Qué herramientas se utilizaron para el desarrollo de las experiencias?
- ¿Hay trabajos que comparen específicamente herramientas para el desarrollo de aplicaciones de RV?
 - ¿Qué resultados se obtienen?

Con respecto a los interrogantes A y B) se seleccionaron 10 experiencias de las 28, ya que éstas presentaban una descripción completa para poder hacer el análisis, en base a tres categorías con un conjunto de criterios cada una. Las categorías definidas fueron: aspectos generales, aspectos relacionados con el uso de la RV en el ámbito educativo, y aspectos metodológico-educativos; asimismo por cada categoría se establecieron diversos criterios de manera tal de enfocar el análisis, de forma homogénea, en un determinado conjunto de casos seleccionados (Tabla 3.1).

En relación con las herramientas utilizadas en el desarrollo de la experiencia, el análisis de la técnica de evaluación evidenció que todas las experiencias presentan una evaluación del uso de la aplicación y/o de aspectos de la experiencia. También se observa que se utilizan distintas técnicas y enfoques tales como: la observación, filmación, cuestionarios, entrevistas, encuestas previas y pos experiencia, evaluación por jurados, y evaluaciones de aprendizaje. Se encontró una experiencia diferencial en la que se registran parámetros para medir el desempeño de la tarea, software de captura de pantalla para grabar el movimiento del estudiante dentro del entorno virtual de aprendizaje, sensores de *biofeedback* para medir la fisiología de los participantes durante la tarea, y mediciones fisiológicas objetivas.

Además, se observó que varias experiencias fueron probadas previamente con otros usuarios antes de llevar a cabo la prueba real con el grupo objetivo o experimental. En general, fueron realizadas con dos grupos, un grupo control y un grupo objetivo. El grupo de control estaba conformado por participantes que realizaban la misma tarea de la forma convencional, mientras que el grupo objetivo utilizaba RV inmersiva. Se realizaron experiencias individuales y grupales, algunas de ellas comprendida por varias fases, y guiadas, mientras que otras estaban más destinadas al que el participante explore y tome sus propias decisiones.

Para dar respuesta al interrogante C) y D), se detallaron a lo largo del capítulo III los resultados obtenidos en las 10 experiencias analizadas. A través de este análisis fue posible reconocer resultados importantes en relación a la aplicación de RV en contextos educativos, de entrenamiento y de formación. Se destacan conclusiones halladas en el análisis en relación a:

- La mejora del rendimiento académico en el uso de la experiencia de RV en el caso de la aplicación de *BYOD*
- La conciencia espacial que despertó en los/as estudiantes el recorrido de un sitio histórico particular en *Fanny World*.
- Los resultados del análisis de cómo impacta en el aprendizaje la presentación de la información en forma implícita o explícita que da luz para el diseño de este tipo de aplicaciones de RV
- Los hallazgos del trabajo sobre *FOV* que indican que el realismo visual demostró tener un efecto significativo en la transferencia de estrategias de escaneo visual al mundo real como en el desempeño de las tareas de entrenamiento. También en otra de las experiencias estudiadas, se pudo comprobar que las habilidades motoras aprendidas en el entorno virtual, pudieron transferirse al mundo real.
- Los resultados presentados en una de las experiencias en relación a que la mediación de la información se vio afectada significativamente por la experiencia en general, ya que probar la nueva tecnología de juegos de RV pareció superar la atención de los participantes en el propósito educativo del experimento.
- Entre los hallazgos del estudio sobre *TactileVR*, se destaca la que enuncia que los/as niños/as sin experiencia previa en RV, se sumergen sin dudarlo en el entorno virtual. Muestran capacidad para crear, jugar y colaborar en el entorno de RV y aprecian la utilización de objetos físicos durante la experiencia.

Aquí solo se recuperan las principales conclusiones, aunque el capítulo III presenta un aporte más completo en relación a este estudio. Además, allí se aborda qué tipos de *feedback* trabajan las experiencias

analizadas, y se observa que principalmente presentan *feedback* sobre la tarea y sobre el procesamiento de la tarea. En menor frecuencia se han encontrado experiencias con *feedback* afectivo, y en un solo caso con *biofeedback*. Esto abre la oportunidad para estudiar en mayor profundidad las implicancias de cada tipo de *feedback*.

Con el capítulo IV, se alcanza el objetivo 6 de la tesis. Se realiza la descripción del diseño y desarrollo de la aplicación móvil de RV, que se consolida como un aporte central de esta tesis. Esta aplicación ha logrado acercar el Parque Nacional Iguazú como patrimonio a los participantes de la experiencia, y conocer su valor histórico y cultural, así como vivenciar algunas de sus características: sonidos del agua, de aves, conocer la Garganta del Diablo, algunos de los animales característicos, entre otros.

A través del estudio de caso (objetivo 7) se observa que los participantes de las sesiones realizadas con niños/as, demuestran que HuVi presenta buenas características de usabilidad, presenta resultados muy positivos en relación a la motivación y diversión que despertó.

En el capítulo VI se presentan los resultados detallados obtenidos mediante los instrumentos definidos en el capítulo V, de las sesiones llevadas a cabo para el estudio de caso, alcanzando así el último objetivo planteado en el capítulo I, y dando respuestas al grupo de preguntas formuladas en la sección 1.4.3.2.

- A. ¿Qué aportes y limitaciones se encuentran en experiencias de RV cuando se trabaja en nivel primario y/o inicial?
- B. ¿Cuáles son las valoraciones que realizan los/as niños/as de sus percepciones visuales, auditivas y de inmersión en general cuando trabajan en experiencias de RV educativas?
- C. ¿La inclusión de elementos lúdicos resulta atractiva para los/as niños/as en este tipo de aplicaciones?
- D. ¿Qué contenidos educativos trabajados durante la experiencia los/as niños/as sienten/opinan que fueron aprendidos?
- E. ¿Cómo se relaciona la opinión de los/as niños/as respecto de lo que aprendieron, con los objetivos educativos para los cuales se diseñó la experiencia de RV?

En cuanto a los aportes de la RV encontrados en el estudio de caso, se concluye que los participantes han valorado positivamente la experiencia, demostrando entusiasmo, diversión, alta motivación. Los resultados de los instrumentos presentados en el capítulo 6, dan cuenta de esto.

Los desafíos se presentaron como divertidos, generaron expresiones muy positivas cada vez que los respondían. La dinámica de juego fue efectiva porque los/as alumnos/as lo consideraron como un juego, reconociendo que debían ganar huellas, que tenían pistas y que debían alcanzar un objetivo.

Además, lograron vivenciar algunas cuestiones significativas acerca del Parque Nacional Iguazú. Las Cataratas fue una de las atracciones que más les gustó a los/as niños/as, también indicaron que se vieron atraídos/as por los animales del lugar (objetos 3D), el sendero en la escena del parque, los desafíos, el avatar que los representa, los audios y también mencionaron que les gustó el uso de las gafas. La escena "Descubrimiento del Parque", resultó la más impactante para los/as niños/as, los audios de fondo (canto de aves y cataratas de agua) utilizados para esta escena, fueron influyente en la inmersión de los/as niños/as en el parque, ya que recordaron muy entusiasmados/as el canto de las aves del lugar y el sonido de agua que representaban las cataratas al acercarse y estar frente a ellas. Respecto de los objetos 3D, se mencionó frecuentemente que quedaron impresionados/as con los animales que los acompañan el recorrido: coatíes, tortugas y aves; también indicaron gemas, estrellas, y las "cataratas" que fue el punto del recorrido que causó más impresión en ellos/as. Esto demuestra que los participantes valoran tanto los estímulos visuales como los auditivos. Fundamentalmente, se ven atraídos/as por los videos 360, indicando su preferencia frente a los videos HD.

En relación, con el interrogante D y E, los/as niños/as en su mayoría, recuerdan con más claridad los contenidos de los desafíos II y III, ya que responden con exactitud a los interrogantes planteados. Esto da pistas para el diseño de este tipo de aplicaciones, ya que indican recuperar mejor los contenidos que se

abordan una vez pasada la instancia inicial de adaptación a la experiencia. Los/as niños/as, fueron capaces de recuperar conocimiento abordado en el recorrido, como por ejemplo, cuál era el país limítrofe con el que se compartían las Cataratas, y quiénes habitaban previo a la llegada de los conquistadores estas tierras, cumpliendo así los objetivos educativos.

En cuanto a las limitaciones encontradas, los/as niños/as manifiestan nervios iniciales por enfrentarse a algo desconocido y nuevo. Además, los audios del personaje guía resultaron muy positivos, ya que en algunos casos se dificultaba la lectura de los textos. También en menor frecuencia, se indicaron algunas situaciones de mareo, que fueron superadas ajustando más adecuadamente el foco de las gafas y evitando los movimientos bruscos de la cabeza.

Para concluir, se observó que los instrumentos seleccionados y las técnicas utilizadas para la recogida de datos resultaron efectivas y permitieron obtener los resultados anteriores descritos.

Así se han cumplido todos los objetivos planteados para esta tesis.

Los hallazgos obtenidos en esta investigación, permiten situar a la RV como una “tecnología” interesante y con potencialidades para complementar los procesos de aprendizaje y formación, en diversos ámbitos de instrucción y niveles educativos. Asimismo, se logró mediante el estudio de caso, analizar su integración con niños/as de nivel primario, con resultados muy positivos respecto de su uso y comprensión de los contenidos abordados. Finalmente, la investigación teórica y el estudio de caso realizado, permitieron identificar a nivel general las posibilidades que ofrece la RV, en particular, a través de HuVi se logró alcanzar el acercamiento de los/as niños/as a un patrimonio de la Argentina.

En la próxima sección, se citan y describen las líneas de trabajo y/o investigación a futuro, identificadas a partir de los hallazgos de la investigación realizada.

Cabe destacarse que a lo largo de este recorrido se han realizado publicaciones que difunden parcialmente esta investigación:

Presentación en congresos:

- Rucci, A., Chirinos, Y., Sanz, C., Ravea, N., Comparato, G. (2019). “HuVi”, aplicación móvil de Realidad Virtual sobre turismo en los Sitios Patrimonios de la Humanidad (UNESCO) de Argentina. III CONGRESO INTERNACIONAL DE TECNOLOGÍA Y TURISMO PARA LA DIVERSIDAD. España 2019. <http://www.ttd-congress.com/sites/default/files/actas2019esv2.pdf>- (pp.125-130)
- Chirinos Y., Sanz C., Rucci, A., Comparato, G., Gonzalez, G., Dapoto, S. (2020). HUVI: una aplicación de realidad virtual para acercar el patrimonio argentino. Tecnología en Educación & Educación en Tecnología. <https://teyet2020.fi.uncoma.edu.ar/>

Difusión de HuVi en los medios:

- Web de la Facultad de Informática: <https://www.info.unlp.edu.ar/huellas-patrimoniales/>
- La voz de cataratas: https://lavozdecataratas.com/noticia_63928.html
- Diario digital 0221: <https://www.0221.com.ar/nota/2019-7-19-16-20-0-la-unlp-creo-un-videojuego-para-recorrer-con-realidad-virtual-los-mejores-paisajes-de-argentina>
- Diario El Día: <https://www.eldia.com/nota/2019-7-19-20-49-0-un-juego-de-realidad-virtual-con-sello-platense-permitira-visitar-paisajes-de-la-argentina-la-ciudad>
- Diario de Madryn: <https://www.eldiariodemadryn.com/2019/07/nueva-app-infantil-para-recorrer-el-pais/>

7.2 Líneas de trabajo futuro

Como líneas de trabajo futuro, se proponen tres ejes:

1. Profundizar el estudio de caso ampliando la muestra y la población con la que se ha trabajado. Es importante destacar que durante 2020 no se ha podido continuar con el trabajo en talleres, debido a la situación de público conocimiento sobre el Covid-19. La continuidad en esta línea posibilitará profundizar y enriquecer las conclusiones halladas al momento.
2. Continuar en el desarrollo de la aplicación, a partir de la integración de los ejes faltantes y de nuevas manifestaciones patrimoniales. Los hallazgos y estudios realizados en esta tesis, permitirán tomar decisiones de diseño más justificadas para quienes se involucren en su desarrollo.
3. Generar metodologías y estrategias para diseñar aplicaciones y juegos de RV educativos que se basen en las teorías de aprendizaje que fundamentan la utilidad de esta tecnología y en resultados encontrados en el análisis de antecedentes. Este eje será abordado por la tesista a lo largo de su propuesta de doctorado, la cual ya ha sido presentada y aprobada.

Capítulo VIII: BIBLIOGRAFÍA

- Angeloni, I., Bisio, F., De Gloria, A., Mori, D., Capurro, C., & Magnani, L. (2012). A Virtual Museum for Flemish artworks. A digital reconstruction of Genoese collections. Proceedings of the 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (pp. 607–610). Los Alamitos: IEEE Press.
- Angulo, A., & Velasco, G. V. . d. e. (2013). Immersive Simulation of Architectural Spatial Experiences. Proceedings of the XVII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics - SIGraDi: Knowledge-based Design, 495-499. <https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2013-0095>
- Abdul Rahim, E., Duenser, A., Billingham, M., Herritsch, A., Unsworth, K., Mckinnon, A., & Gostomski, P. (2012). A desktop virtual reality application for chemical and process engineering education. Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference (pp. 1–8). New York: ACM Press. <http://doi.org/10.1145/2414536.2414537>.
- Anopas, D., & Wongsawat, Y. (2014). Virtual reality game for memory skills enhancement based on QEEG. Proceedings of the 7th 2014 Biomedical Engineering International Conference (pp. 1–5). Los Alamitos: IEEE Press
- Afonseca, C., & Badia, S. B. i. (2013). Supporting collective learning experiences in special education. Proceedings of the IEEE 2nd International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH) (pp. 1–7). Los Alamitos: IEEE Press
- Apostolellis, P., & Bowman, D. A. (2014). Evaluating the effects of orchestrated, game-based learning in virtual the environments for informal education. Proceedings of the 11 Conference on Advances in Computer Entertainment Technology - ACE '14. New York, USA: ACM Press.
- Astudillo, G. J., Sanz C. y Santacruz-Valencia L. P. (2016). Estrategias de diseño y ensamblaje de Objetos de Aprendizaje (Tesis de Maestría). Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata: Argentina.
- Auld, L. W. S., & Pantelidis, V. S. (1994). Exploring virtual reality for classroom use. *TechTrends*, 39(1), 29–31.
- Assinnato, G., Sanz C., Martin, V. y Gorga, G. (2018) Estrategias de integración de tecnologías de información y comunicación en procesos de enseñanza y aprendizaje de nivel universitario (Tesis de Maestría). Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata: Argentina.
- Badilla, María Graciela; MEZA , Sandra. (2015). A pedagogical model to develop teaching skills: the collaborative learning experience in the immersive virtual world TYMMI. *Computers in Human Behaviors*, Amsterdam, v. 51, p. 594-603.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy*. New York, NY: Freeman
- Bailey, Jakki O., Jeremy N. Bailenson, and Daniel Casasanto. (2016). When does virtual embodiment change our minds? *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 25 (3): 222–233. https://doi.org/10.1162/pres_a_00263.
- Baumgartner, Thomas, Dominique Speck, Denise Wettstein, Ornella Masnari, Gian Beeli, and Lutz Jäncke. (2008). Feeling present in arousing virtual reality worlds: Prefrontal brain regions differentially orchestrate presence experience in adults and children. *Frontiers in Human Neuroscience* 2.
- Bell, J.T., Fogler, H.S., Vicher. (1996). A virtual reality based educational module for chemical reaction engineering, *Computer Applications in Engineering Education*, 4 285-296.
- Biocca, F. (1992). Communication within virtual reality: Creating a space for research. *Journal of Communication*, 42(4), 5–22
- Blascovich, J. (2002). Social influence within immersive virtual environments. In R. Schroeder (Ed.), *The social life of avatars* (pp. 127–145). London: Springer
- Bouta, H., and S. Retalis. (2013). Enhancing primary school children collaborative learning experiences in maths via a 3D virtual environment. *Education and Information Technologies* 18 (4):571–96. doi:10.1007/s10639-012-9198-8
- Bozgeyikli, L., Bozgeyikli, E., Raij, A., Alqasemi, R., Katkooori, S., Dubey, R. (2017). Vocational rehabilitation of individuals with autism spectrum disorder with virtual reality. *ACM Trans. Access. Comput. (TACCESS)*. 10(2), 5.
- Budziszewski, P. (2013). A Low Cost Virtual Reality System. *Physical Therapy*, 88(10), 32–39.
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (1994). *Virtual reality technology* (1st ed.). London: Wiley- Interscience.

- Burdea, G., & Coiffet, P. (2003). Virtual Reality Technology. Presence: Tele operators and Virtual Environments, 12(6), 663–664.
- Caroca, J., Bruno, M. A., & Aldernate, R. G. (2016). Situated learning based on virtual environment for improved disaster risk reduction. Journal of E-Learning and Knowledge Society, 12(4), 81–92.
- Cecil, J., Ramanathan, P., & Mwavita, M. (2013). Virtual Learning Environments in engineering and STEM education. Proceedings of the 2013 IEEE Frontiers in Education Conference (pp. 502–507). Los Alamitos: IEEE Press.
- Chang, Y.-J., Wang, C.-C., Luo, Y.-S., & Tsai, Y.-C. (2014). Kinect-based rehabilitation for young adults with cerebral palsy participating in physical education programs in special education school settings. Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications (pp. 792–795). Retrieved 2 December 2019 from <http://www.editlib.org/p/147583>.
- Chee, Y. (2001). Virtual reality in education: Rooting learning in experience. In Proceedings of the International Symposium on Virtual Education 2001, Busan, South Korea (pp. 43–54). Busan, Korea: Symposium Organizing Committee, Dongseo University.
- Cheng, Yufang; WANG, Shwu. (2011) Applying a 3D virtual learning environment to facilitate student's application ability: the case of marketing. Computers in Human Behavior, Amsterdam, v. 27, n. 1, p. 576-584.
- Cheng, L.P., T. Roumen, H. Rantzsch, S. Köhler, P. Schmidt, R. Kovacs, J. Jasper, J. Kemper, and P. Baudisch. (2015). Physical virtual reality based on people. In Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology, 417–426. ACM.
- Cheung, S. K. S., Fong, J., Fong, W., Wang, F. L., & Kwok, L. F. (Eds.) (2013). Hybrid Learning and Continuing Education (Vol. 8038). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Chertoff, D. B., Schatz, S. L., McDaniel, R., & Bowers, C. A. (2008). Improving Presence Theory Through Experiential Design. Presence: Tele operators and Virtual Environments, 17(4), 405-413.
- Chien-wen, S., Jung-tsung, H., Ting-Chang, K., Thai, L. (2017). Behavioral Intention of Using Virtual Reality in Learning.
- Choi, J. I., & Hannafin, M. (1995). Situated cognition and learning environments: Roles, structures, and implications for design. Educational Technology Research and Development, 43(2), 53–69.
- Chung, L.-Y. (2012). Virtual Reality in college English curriculum: Case study of integrating second life in freshman English course. Proceedings of the 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (pp. 250–253). Los Alamitos: IEEE Press.
- Cobbold T. (2017). What's behind Australia's tottering PISA results: A review of Australia's PISA results, <http://www.saveourschools.com.au/national-issues/whats-behind-australias-tottering-pisa-results>, (accessed 25 August 2018)
- Cronin, P. (1997). Report on the application of virtual reality technology to education, University of Edinburgh.
- Curcio, I., Dipace, A. & Norlund A. (2016) Virtual realities and education. Research on Education and Media, vol. 8, no. 2.
- Cummings, J. J., & Bailenson, J. N. (2016). How Immersive Is Enough? A Meta - Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence. Media Psychology, 19 (2), 272 – 309. <http://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740>.
- Cruz - Neira, C., Sandin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R. V., & Hart, J. C. (1992). The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment. Communications of the ACM, 35 (6), 64–73.
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? British Journal of Educational Technology, 41.
- Dalgarno, B., Hedberg, J., & Harper, B. (2002). The contribution of 3D environments to conceptual understanding. In Proceedings of the 19th Annual Conference of the Australian Society for Computers in Tertiary Education (ASCILITE). Auckland, New Zealand: UNITEC Institute of Technology, Auckland, New Zealand. Retrieved July 11, 2020, from <http://www.ascilite.org.au/conferences/auckland02/proceedings/papers/051.pdf>
- Dede, C.J., Jacobson, J., Richards, J. (2017). Introduction: Virtual, Augmented and Mixed Realities in Education. Virtual, Augmented and Mixed Realities in Education, pp. 1–15. Springer, Singapore.
- De Freitas, S. (2013). Learning in immersive worlds. a review of game-based learning.

- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York, NY: Macmillan.
- Duncan I., Miller, A., Jiang, S. (2012). A taxonomy of virtual worlds usage in education. *British Journal of Educational Technology*, 43, 6, 949–964.
- Evans, G. & McCoy, J. (1998). When buildings don't work: The role of architecture in human health. *Journal of Environmental Psychology*, 18, 85-?-94
- Egenfeldt-Nielsen, S. (2006). Overview of research on the educational use of video games. *Digital kompetanse*, Vol. 1, no 3, pp 184-213
- Ehinger, Benedikt V., Petra Fischer, Anna L. Gert, Lilli Kaufhold, Felix Weber, Gordon Pipa, and Peter König. (2014). Kinesthetic and vestibular information modulate alpha activity during spatial navigation: A Mobile EEG study. *Frontiers in Human Neuroscience* 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00071>.
- Fabola, A., & Miller, A. (2016). Virtual Reality for early education: A study. In C. Allison, L. Morgado, J. Pirker, D. Beck, J. Richter & C. Gütl (Eds.) *Immersive Learning Research Network (iLRN 2016)*. *Communications in Computer and Information Science* (vol. 621, pp. 59–72). CA: Springer.
- Falah, J., Khan, S., Alfalah, T., Alfalah, S. F. M., Chan, W., Harrison, D. K., & Charissis, V. (2014). Virtual Reality medical training system for anatomy education. *Proceedings of the 2014 Science and Information Conference* (pp. 752–758). Retrieved 20 December 2017, from <http://doi.org/10.1109/SAI.2014.6918271>.
- Fernandes, K. J., Raja, V. H., & Eyre, J. (2003) "Immersive learning system for manufacturing industries," *Comput. Ind.*, vol. 51, no. 1, pp. 31–40.
- Ferracani, A., Pezzatini, D., & Del Bimbo, A. (2014). A natural and immersive virtual interface for the surgical safety checklist training. In S. Göbel & W. Effelsberg (Eds.) *Proceedings of the 2014 ACM International Workshop on Serious Games*. New York, USA: ACM Press.
- Ferry, B., Kervin, L., Turbill, J., Cambourne, B., Hedberg, J., Jonassen, D., & Puglisi, S. (2004). The design of an online classroom simulation to enhance the decision making skills of beginning teachers. *Australian Association for Research in Education*. Retrieved July 16, 2009, from <http://www.aare.edu.au/04pap/fer04656.pdf>
- Fitzgerald, M., Riva, G. (2001). Virtual Reality, in *Telemedicine Glossary*, L. Beolchi, Ed.: European Commission-DG INFSO.
- Fowler, C. (2014): Virtual reality and learning: where is the pedagogy? *Br. J. Educ. Technol.* 46(2), 412–422.
- Freina, L., Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. *Proceedings of eLearning and Software for Education*. Bucharest, Romania.
- Gagné, R. M., & Briggs, L. J. (1979). *Principles of instructional design* (2nd ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ghanbarzadeh, R., Ghapanchi, A.H. (2016). Applied areas of three dimensional virtual worlds in learning and teaching. In: *Emerging Tools and Applications of Virtual Reality in Education*, pp. 239–257. IGI Global, Hershey.
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York, NY: Palgrave Macmillan.
- Gee, J. P. (2008). Video games and embodiment. *Games and Culture*, 3(3-4), 253–263. doi:10.1177/1555412008317309
- Gieser, S. N., Becker, E., & Makedon, F. (2013). Using CAVE in physical rehabilitation exercises for rheumatoid arthritis. In F. Makedon (Ed.), *Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments* (pp. 1–4). New York: ACM Press.
- Guo, H., Li, H., Chan, G., & Skitmore, M. (2012). Using game technologies to improve the safety of construction plan operations. *Accident Analysis and Prevention*, 48, 204–213. doi:10.1016/j.aap.2011.06.002
- Haluck, R. S. (2000). Computers and Virtual Reality for Surgical Education in the 21st Century. *Archives of Surgery*, 135(7), 786
- Hauptman H., & Cohen. A. (2011) .The synergetic effect of learning styles on the interaction between virtual environments and the enhancement of spatial thinking, *Computers & Education*, 57 2106-2117.
- Heim, M. (1998). *Virtual Realism*. New York: Oxford University Press.

- Henderson, M., Huang, H., Grant, S., & Henderson, L. (2012). The impact of Chinese language lessons in a virtual world on university students' self-efficacy beliefs. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(3), 400–419.
- Herrera, S. I., Sanz, C. V., Fénnema, M. C., Luna, P. A. (2016). MADE-mlearn: marco para el análisis, diseño y evaluación de m-learning (Tesis de Doctorado). Argentina: Facultad de Informática, UNLP.H.
- Heeter, C. (1992). Being there. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(2), 262–271.
- Hoffmann, D. Hu, "Virtual Reality: Teaching Tool of the Twenty-first Century?", in *Perspectives on computing and medical education* (C.P. Friedmann), 1997, p. 1076-1081. <http://dx.doi.org/10.1097/00001888-199712000-00018>.
- Huang, H.-M., Rauch, U., & Liaw, S.-S. (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education*, 55(3).
- Hsieh, P., Wub, Y., & Mac, F. (2010). A study of visitor's learning needs and visit satisfaction in real and second life museums. In T. Hirashima, A. F. Mohd AYUB, I. Kwok, S. Wong, S.C. Kong & F. Yu (Eds.), *Workshop Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education* (pp. 248-255). Malaysia: Faculty of Educational Studies, Universiti Putra Malaysia.
- Hsiao, I., Lia, I., & Lanb, Y. (2010). Development of a virtual campus on Second Life: A case study of NCU Wonderland. Retrieved 20 December 2017, from <http://hub.hku.hk/bitstream/10722/136144/1/re01.htm#page=262>
- Huang, Y., Churches, L., & Reilly, B. (2015). A Case Study on Virtual Reality American Football Training. *Proceedings of the 2015 Virtual Reality International Conference on ZZZ - VRIC '15*, 08-10. <https://doi.org/10.1145/2806173.2806178>
- Huxley, A. (1932). *Brave new world*. Chatto & Windus Sutherland, I.E. (1965). The ultimate display. *Proceedings of the IFIP 65 Congress*, Vol. 2. (pp. 506-508).
- Hwang, W.-Y. & Hu, S.-S. (2013). Analysis of peer learning behaviors using multiple representations in virtual reality and their impacts on geometry solving problems. *Computers & Education*, 62.
- Ip, H. H. S., et al. (2016). Virtual reality enabled training for social adaptation in inclusive education settings for school-aged children with autism spectrum disorder (ASD). In S. K. S. Cheung et al. (Eds.), *ICBL 2016, LNCS 975* (pp. 94–102). New York: Springer.
- Jacobson, J., Holden, L., Studios, F., & Toronto, C. (2005). The Virtual Egyptian Temple. *Proceedings of the World Conference on Educational Media, Hypermedia & Telecommunications (ED-MEDIA)*. Recuperado 8 de Septiembre de 2018, a partir de <https://pdfs.semanticscholar.org/e4cb/929440177f9ea9a87ac5eacb6f4f33977e98.pdf>
- Janssen, D., Tummel, C., Richert, A., & Isenhardt, I. (2016). Virtual environments in higher education – Immersion as a key construct for learning 4.0. *International Journal of Advanced Corporate Learning*, 9(2), 20–26. doi:10.3991/ijac.v9i2.6000
- Jonassen, D.H., (2000). Transforming learning with technology: Beyond modernism and post-modernism or whoever controls the technology creates the reality, *Educational Technology*, 40, 21-25.
- Johnston, E., Olivas, G., Steele, P., Smith, S., Bailey, L. (2017). Exploring Pedagogical Foundations of Existing Virtual Reality Educational Applications: A Content Analysis Study. *Journal of Educational Technology System*, 0 (0), 1-26. Doi 10.1177/0047239517745560.
- Kapil, M., Frady, K., Hartley, R., Bertrand, J., Alfred, M., Gramopadhye, A., (2017) An Empirical Study Investigating the Effectiveness of Integrating Virtual Reality-based Case Studies into an Online.
- Karaman, M. K., & Ozen, S. (2016). A survey of students' experiences on collaborative virtual learning activities based on five-stage model. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(3), 247–259.
- Karen Ladendorf, Danielle Eve Schneider, and Ying Xie (2019). Mobile-Based Virtual Reality: Why and How Does It Support Learning – *Handbook of Mobile Teaching and Learning*. Pp 1-19.
- Kaufmann, H., & Meyer, B. (2009). Physics education in Virtual Reality: An example. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1-2), 117-130
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B. (2017). A Systematic Review of Virtual Reality in Education - The Open University. *Themes in Science & Technology Education*. Vol. 2. Pp 85-119.

- Kitchenham, B.; Pearl Brereton, O.; Budgen, D.; Turner, M.; Bailey, J. Ylinkman, S. (2009). Systematic Literature Reviews in Software Engineering – A Systematic Literature Review. *Information and Software Technology* 51.1. Pp 7-15.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Koshy P. (2016). Equity policy in Australian higher education: Past, present and future, in: M. Hill, A. Hudson, S. McKendry, N. Raven, D. Saunders (Eds.), *Closing the Gap: Bridges for Access and Lifelong Learning*, Forum for Access and Continuing Education, London, 2016, pp. 277–302.
- Lau, Kung Wong; LEE, Pui Yuen. (2015). The use of virtual reality for creating unusual environmental stimulation to motivate students to explore creative ideas. *Interactive Learning Environments*, Abingdon, v. 23, n. 1, p. 3-18.
- LaValle, Steven M. (2017) "Virtual Reality". University of Illinois, Vol. 67. <http://vr.cs.uiuc.edu/along>.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Lave, J. and Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Lavroff, N. (1994). *Mundos virtuales, realidad virtual y ciberespacio*. México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
- Leibrock, C. & Harris, D. (2011). *Design Details for Health: Making the Most of Design's Healing Potential*. John Wiley & Sons.
- Le, Q. T., Pedro, A., & Park, C. S. (2014). A social Virtual Reality based construction safety education system for experiential learning. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 79(3-4), 487–506
- Lee, K. M. (2004). Presence, Explicated. *Communication Theory*, 14(1), 27– 50. <http://doi.org/10.1111/j.1468-2885.2004.tb00302.x>
- Lee, E. A. & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, 79, 49–58. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.010>
- Lee, E. A., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, 55 (4), 1424 – 1442. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.006>
- Leggette, H. (2012). Experiential learning using Second Life®. *Journal of Agricultural Education*, 53(3), 124–136. doi:10.5032/jae.2012.03124
- Loke, S. K., Blyth, P. & Swan, J. (2012). Student views on how role-playing in a virtual hospital is distinctively relevant to medical education. In M. Brown, M. Hartnett, & T. Stewart (Eds.), *Future challenges, sustainable futures* (pp. 565–574). Paper presented at the *ascilite 2012*, Wellington. Retrieved from http://www.ascilite.org.au/conferences/wellington12/2012/images/custom/loke%2c_swee-kin_-_student.pdf
- Ling, Y., Nefs, H. T., Brinkman, W., Qu, C., & Heynderickx, I. (2013). The relationship between individual characteristics and experienced presence. *Computers in Human Behavior*, 29, 1519–1530.
- Limniou, M., Roberts, D., & Papadopoulos, N. (2008). Full immersive virtual environment CAVE TM in chemistry education. *Computers & Education*, 51(2), 584-593
- Loke, S. (2015). How do virtual world experiences bring about learning?. A critical review of theories," *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 31, no. 1.
- Lorenzo, G., Pomares, J., Lledó, A. (2013) Inclusion of immersive virtual learning environments and visual control systems to support the learning of students with Asperger syndrome. *Comput. Educ.* 62, 88–101.
- Ludlow, Barbara. (2015). Virtual reality: emerging applications and future directions. *Rural Special Education Quarterly*, London, v. 34, n. 3, p. 3-10.
- Mantovani, Fabrizia. (2003). *VR Learning: Potential and Challenges for the Use of 3D Environments in Education and Training*. Towards CyberPsychology: Mind, Cognitions and Society in the Internet Age Amsterdam, IOS Press.
- Mantovani, F. (2001). 12 VR Learning: Potential and Challenges for the Use of 3-D Environments in Education and Training. Towards cyberpsychology: mind, cognition, and society in the Internet age, 2(Introduction), 207.

- Mathur, A.S. (2015). Low cost virtual reality for medical training. Proceedings of the IEEE virtual reality conference, 23–27 march, Arles, France. <https://doi.org/10.1109/VR.2015.7223437>
- Matsentidou, S., & Poullis, C. (2014). Immersive visualizations in a VR cave environment for the training and enhancement of social skills for children with autism, Paper presented at the VISAPP 2014 - Proceedings of the 9th International Conference on Computer Vision Theory and Applications, 3, pp. 230-236
- McAuley, E. D., Duncan, T., & Tammen, V. V. (1989). Psychometric properties of the intrinsic motivation inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(1), 48–58. <https://doi.org/10.1080/02701367.1989.10607413>
- Mellet-d'Huart, D. (2009). Virtual reality for training and lifelong learning. *Theme. Sci. Technol. Educ.* 2(1–2), 185–224
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40
- Moesgaard, Witt, Fiss, Warming, Klubien & Schoenau-Fog (2015). Implicit and explicit information mediation in a virtual reality museum installation and its effects on retention and learning outcomes
- Moreno, R., Mayer, R.E. (2002) "Learning Science in virtual reality multimedia environments: Role of methods and media", *Journal of Educational Psychology*, vol. 94, p. 601 <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.94.3.598>
- Morsi R., E. Jackson. (2007). "Playing and Learning? Educational Gaming for Engineering Education", in IEEE Frontiers in Education Conference – Global Engineering: Knowledge without Borders, Opportunities without passports, pp. F2H-1 – F2H-6.
- Mossel, A., & Kaufmann, H. (2013). Wide area optical user tracking in unconstrained indoor environments. Proceedings of the 23rd International Conference on Artificial Reality and Telexistence (pp. 108–115). <http://doi.org/10.1109/ICAT.2013.6728915>.
- Murray, J. (1997) "Hamlet on the Holodeck: The Future of Narrative in Cyberspace", 1997, Cambridge: MIT Press, pp. 98-99.
- Osberg, K. M. (1992). *Virtual Reality and Education: A look at Both Sides of the Sword*.
- Othman, M. K., Petrie, H. and Power, C. (2011). "Engaging visitors in museums with technology: scales for the measurement of visitor and multimedia guide experience". *Human-Computer Interaction-INTERACT 2011*, pp. 92-99. Springer Berlin Heidelberg
- Ormrod, J. (1995). *Educational psychology: Principles and applications*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Pagnutti, M., Trabucco M. B. y Bibbó, L. M. (2016). *Revisión Sistemática de la Literatura sobre el desarrollo de Sistemas Colaborativos (Tesis de Licenciatura)*. Argentina: Facultad de Informática, UNLP.
- Pantelidis, V. S. (1991-2009). *Virtual reality and education: Information sources*. Unpublished document. Greenville, NC: Virtual Reality and Education Laboratory, College of Education, East Carolina University.
- Pantelidis, V. S. (1993). Virtual reality in the classroom. *Educational Technology*, 33(4), 23-27.
- Pantelidis, V. S. (1995). Reasons to use virtual reality in education. *VR in the Schools*, 1(1), 9.
- Pantelidis, V. S. (1996). Suggestions on when to use and when not to use virtual reality in education. *VR in the Schools*.
- Pantelidis, V. S. (1997). Virtual reality in education and Howard Gardner's Theory of Multiple Intelligences. Recuperado a partir de <http://vr.coe.edu/gardner1.htm>
- Pantelidis, V. S., & Auld, L. (2002). Teaching virtual reality courses online. *CCAI, Journal for the Integrated Study of Artificial Intelligence Cognitive Science and Applied Epistemology*, 19(3-4), 87-132.
- Pantelidis, V. S., & Auld, L. (2003). Teaching virtual reality courses online. *Global Educator*.
- Pantelidis, V. (2009). Reasons to use Virtual Reality in education and training courses and a model to determine when to use Virtual Reality. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1-2), 59-70.
- Pantelidis, V. S. (2010). Reasons to use virtual reality in education and training courses and a model to determine when to use virtual reality. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1-2), 59-70

- Park, K.M., Ku, J., Choi, S.H., Jang, H.J., Park, J.Y., Kim, S.I., Kim, J.J. (2011). A virtual reality application in role-plays role-plays of social skills training for schizophrenia: a randomized, controlled trial. *Psychiatry Res.* 189(2), 166–172.
- Parra, J. C., García, R. & Santelices, I. (2001). *Introducción práctica a la realidad virtual*. Concepción: Ediciones Universidad del Bío Bío.
- Pashler, H., McDanie, M. I, Rohrer, D., Bjork, R., (2008). Learning styles concepts and evidence, *Psychological science in the public interest*, 9 105-119.
- Pavone, EF, G. Tieri, G. Rizza, E. Tidoni, L. Grisoni y SM Aglioti. (2016). Pavone, E.F., G. Tieri, G. Rizza, E. Tidoni, L. Grisoni, and S.M. Aglioti. 2016. Embodying others in immersive virtual reality: Electro-cortical signatures of monitoring the errors in the actions of an avatar seen from a first-person perspective. *Journal of Neuroscience* 36 (2): 268–279. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.0494-15.2016>.
- Penfold, P. (2009). Learning through the world of Second Life—A hospitality and tourism experience. *Journal of Teaching in Travel & Tourism*, 8(2–3), 139–160.
- Perez-Valle, A., & Sagasti, D. (2012). A novel approach for tourism and education through virtual Vitoria-Gasteiz in the 16th century. *Proceedings of the 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia* (pp. 615– 618). Milan, Italy: IEEE.
- Pivec, M., M. Moretti. (2008). *Game-based Learning: Discover the pleasure of Learning*. Pabst Science Publishers.
- Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. New York, NY: Orion Press.
- Piovesan, S. D., Passerino, L. M., & Pereira, A. S. (2012). Virtual Reality as a tool in education. In D. G Sampson, J. M. Spector, D. Ifenthaler & P. Isaías (Eds.), *IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2012)* (pp. 295-298). Madrid: IADIS
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95 309–327.
- Ragan, E. D., Bowman, D. A., Kopper, R., Stinson, C., Scerbo, S., & McMahan, R. P. (2015). Effects of Field of View and Visual Complexity on Virtual Reality Training Effectiveness for a Visual Scanning Task. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 21(7), 794-807. <https://doi.org/10.1109/tvcg.2015.2403312>
- Ravipati, S. (2017), “5 VR trends to watch in education”, *Campus Technology*, available at: <https://campustechnology.com/articles/2017/05/16/5-vr-trends-to-watch-in-education.aspx> . Retrieved 8 September 2019.
- Rasheed, F., Onkar, P., & Narula, M. (2015). Immersive virtual reality to enhance the spatial awareness of students. *Proceedings of the 7th International Conference on HCI, IndiaHCI 2015 - IndiaHCI'15*. <https://doi.org/10.1145/2835966.2836288>
- Ray, A. B., & Deb, S. (2016). Smartphone Based Virtual Reality Systems in Classroom Teaching — A Study on the Effects of Learning Outcome. 2016 IEEE Eighth International Conference on Technology for Education (T4E), 68-71. <https://doi.org/10.1109/t4e.2016.022>
- Rebelo, F., Noriega, P., Duarte, E., and Soares, M. (2012). Using virtual reality to assess user experience. *Hum. Factors* 54, 964–982. doi: 10.1177/0018720812465006.
- Reem A., J. Bana, I. Knight, E. Benson, O. Afolabi, A. Kerr, P. Blanchfield, G. Hopkins, G. (2014). “Design of a Math Learning Game Using a Minecraft Mod”, in *Proceedings of the European Conference on Games Based Learning*,
- Rios, H. F. (1994). *Potencial de la Realidad Virtual*: <http://lania.xalapa/spanisch/publicationsInewlettersIfa11947index.html>.
- Riva, G., Mantovani, G. (2000). The Need for a Socio-Cultural Perspective in the Implementation of Virtual Environments, *Virtual Reality*, 5, 32-38.
- Rizzo, A., & Bowerly, T., Buckwalter, J.G., Klimchuk, D., Mitura, R., & Parsons, T.D. (2006). A Virtual Reality scenario for all seasons: The virtual classroom. *CNS Spectrums*, 11(1), 35-44.
- Ritz, Leah T. (2015). *Teaching with CAVE virtual reality systems : Instructional design strategies that promote adequate cognitive load for learners*.
- Roger E Kirk. (1982). *Experimental design*. Wiley Online Library.

- Ronald A. F. (1935). The design of experiments.
- Roy, M., Wilkinson, T., Walker, R., & Blyth, P. (2013). Virtual reality based clinical cases: a novel method for assessment of competence and clinical reasoning ability. Paper presented at the Australian & New Zealand Association for Health Professional Educators, Melbourne. Retrieved from http://media.wix.com/ugd/363deb_f370150b93e4b9df09f7fd44d588dc7c.pdf
- Rus-Casas, C., Hontoria, L., Jimenez-Torres, M., Munoz-Rodriguez, F. J., & Almonacid, F. (2014). Virtual laboratory for the training and learning of the subject solar resource: Orient Sol 2.0. Proceedings of the Technologies Applied to Electronics Teaching (pp. 1–6). Bilbao, Spain: IEEE. <http://doi.org/10.1109/TAAE.2014.6900129>.
- Ryan, R., Deci, E. (2006). Intrinsic Motivation Inventory (IMI)
- Santos, L., Carvahó, C. V. (2013). Improving experiential learning with haptic experimentation. *International Journal of Online Engineering*, 8, 7–9.
- Sala, N.M. (2016). Virtual reality and education. In: *Emerging Tools and Applications of Virtual Reality in Education*, pp. 1–25. IGI Global, Hershey.
- Sastry, L., Boyd, D.R.S. (1998) Virtual environments for engineering applications, *Virtual Reality*, 3, 235-244.
- Selvarian, M. E. M. (2004). Being there in the VLE: A pan-pedagogical model for enhanced learning through perceptual states of “presence”. Unpublished doctoral dissertation, Temple University, Philadelphia, PA.
- Shapira, L., Amores, J., & Benavides, X. (2016). TactileVR: Integrating Physical Toys into Learn and Play Virtual Reality Experiences. 2016 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 100-106. <https://doi.org/10.1109/ismar.2016.25>
- Sharma, S., Agada, R., & Ruffin, J. (2013). Virtual reality classroom as a constructivist approach. Proceedings of the 2013 IEEE Southeastcon (pp. 1–5). Jacksonville, FL, USA: IEEE. <http://doi.org/10.1109/SECON.2013.6567441>.
- Sharples S., S. Cobb, A. Moody, and J. R. Wilson. (2008). Virtual reality induced symptoms and effects (vrise): Comparison of head mounted display (hmd), desktop and projection display systems. *Displays*, 29(2):58–69, <http://dblp.uni-trier.de/db/journals/displays/displays29.html#SharplesCMW08>.
- Sherman, W.R., Craig, A.B., Will, J.D. (2009). *Developing Virtual Reality Application: Foundation of Effective Design*. Morgan Kaufmann Publication, Burlington.
- Shen, C., Ho, J., Kuo, T., Luong, T. H. (2018). Behavioral Intention of Using Virtual Reality in Learning. *Behavioral Intention of Using Virtual Reality in Learning*.
- Schifter, C. M Cipollone. (2013). “Minecraft as a teaching tool: One Case study”, in Proceedings of Society for Information and Technology & Teacher Education International Conference. Chesapeake, VA: AACE 2013, pp. 2951-2955.
- Schott, C. (2012). Virtual mobilities and sustainable tourism: Virtual field trips for climate change education. In T. R. Tiller (Ed.), *Conference proceedings of BEST EN think tank XII* (pp.341–356). Sydney: University of Technology Sydney.
- Schott, C., Marshall, S. (2018). Virtual reality and situated experiential education: A conceptualization and exploratory trial. *Journal of Computer Assisted Learning*.
- Schubert, T., Crusius, J. (2002). “Five Theses on the Book Problem. Presence in Books, Film, and VR”, in: PRESENCE 2002 – Proceedings of the Fifth 38 International Workshop on Presence.”, F. R. Gouveia, F. Biocca. Porto: Universidad Fernando Pessoa, 2002, pp. 53-59.
- Shaffer, D., Squire, K., Halverson, R. & Gee, J. (2005). Video games and the future of learning. University of Wisconsin-Madison, Working Paper (4).
- Shih, Y.C., Yang, M.T.. (2008). A collaborative virtual environment for situated language learning using VEC3D, *Educational Technology & Society*, 11 56-68.
- Shin, H., and Kim, K. (2015). Virtual reality for cognitive rehabilitation after brain injury: a systematic review. *J. Phys. Ther. Sci.* 27, 2999–3002. doi: 10.1589/jpts.27.2999.
- Shin, D.H. (2017), “The role of affordance in the experience of virtual reality learning: technological and affective affordances in virtual reality”. *Interactive Learning Environments*, Vol. 24 No. 1, pp. 3-19

- Short, D. (2012). "Teaching scientific concepts using a virtual world – Minecraft", in *The Journal of the Australian Science Teachers Association*, vol. 58, pp. 55-58
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6, 603-616.
- Slater, M. (1999). Measuring presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(5), 560– 565.
- Sohn, B.K., Hwang, J.Y., Park, S.M., Choi, J.S., Lee, J.Y., Lee, J.Y., Jung, H.Y. (2016). Developing a virtual reality-based vocational rehabilitation training program for patients with schizophrenia. *Cyberpsychol. Behav. Soc. Netw.* 19(11), 686–691.
- Sousa Santos, B., Dias, P., Pimentel, A., Baggerman, J.-W., Ferreira, C., Silva, S., & Madeira, J. (2008). Head-mounted display versus desktop for 3D navigation in virtual reality: a user study. *Multimedia Tools and Applications*, 41(1), 161. <http://doi.org/10.1007/s11042-008-0223-2>
- Southgate, E., Smith, S. P., Cividino, C., Saxby, S., Kilham, J., Eather, G., Scevak, J., Summerville, D., Buchanan, R., & Bergin, C. (2019). Embedding immersive virtual reality in classrooms: Ethical, organisational and educational lessons in bridging research and practice. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 19, 19-29. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.10.002>
- Stephanidis, C. (Ed.). (2015). *Learning to Juggle in an Interactive Virtual Reality Environment*. *Communications in Computer and Information Science*, 196-201. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-21380-4>
- Steuer, J. (1993). Defining virtual reality. *Journal of Communication*, 42(4), 73–93.
- Sutcliffe, A. (2003). *Multimedia and virtual Reality: Designing multisensory user interfaces*. England: Psychology Press.
- Takala, T. (2014). RUIS: a toolkit for developing virtual reality applications with spatial interaction. In A. Wilson (Ed.), *Proceedings of the 2nd ACM Symposium on Spatial Interaction* (pp. 94-103). NY: ACM.
- Tapscott, D., Williams, A.D. (2010) *Innovating the 21st Century University: It's time.* in *Educause Review* 45, vol. 1, pp.16-29.
- Tredinnick, R., Vanderheiden, J., Suplinski, C., & Madsen, J. (2014). CAVE visualization of the IceCube neutrino detector. In S. Coquillart, K. Kiyokawa, J. E. Swan II & D. Bowman (Eds.), *Proceedings of the 2014 IEEE Virtual Reality* (pp. 117–118). Minneapolis, MN, USA: IEEE.
- Tsaramirsis, G., Buhari, S., AL-Shammari, K. O., Ghazi, S., Nazmudeen, M. S., & Tsaramirsis, K. (2016). Towards simulation of the classroom learning experience: Virtual Reality approach. In H. Mn (Ed.), *The 10th Indiacom - 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development* (pp. 1343–1346). New Delhi, India: IEEE
- Tähti, M., & Niemelä, M. (2006). 3E-Expressing emotions and experiences. WP9 Workshop on Innovative Approaches for Evaluating Affective Systems.
- Uchiyama, K., & Funahashi, K. (2013). Tablet VR-Learning System: Chemical Laboratory Experience System. In IEEE. Paper presented at *International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems*, Kyoto Japan (pp.416-423).
- Van Seters, J. R., Ossevoort, M. A., Tramper, J., & Goedhart, M. J. (2012). The influence of student characteristics on the use of adaptive elearning material. *Computers and Education*, 58(3), 942– 952. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.11.002>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Wang, F., & Burton, J. K. (2013). Second Life in education: A review of publications from its launch to 2011. *British Journal of Educational Technology*, 44(3), 357–371.
- Webster, R.D. (2014): *Corrosion prevention and control training in an immersive virtual learning environment*. The University of Alabama at Birmingham.
- Wehner, A. K., Gump, A. W., & Downey, S. (2011). The effects of Second Life on the motivation of undergraduate students learning a foreign language. *Computer Assisted Language Learning*, 24(3), 277–289. doi:10.1080/09588221.2010.551757
- Winn, W. (1993). *A conceptual basis for educational applications of virtual reality* (No. R-93-9). Washington, DC: Human Interface Technology Laboratory. Retrieved from <http://www.hitl.washington.edu/projects/education/winn/winn-paper.html>

- Witmer, B.G., and M.J. Singer. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 7 (3): 225-240.
- Wirth,W., Hofer, M. (2009) Präsenzer lebeneine Einführung aus Medienpsychologischer Perspektive“, in *Montage AV*, vol. 17, pp. 159-175.
- Xu, X. and Ke, F. (2016), “Designing a virtual-reality-based, gamelike math learning environment”, *American Journal of Distance Education*, Vol. 30 No. 1, pp. 27-38
- Youngblut, C. (1998) Educational uses of virtual reality technology. Technical report, DTIC Document.
- Zachert, M. J. K. (1975). *Simulation teaching of library administration*. New York: R. R. Bowker Company.
- Zachert, M. J. K., & Pantelidis, V. S. (1971). A computer-assisted sequential in-basket technique. *Educational Technology* 11(12).
- Zeltzer, D. (1992). Autonomy, interaction and presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(1), 127-132
- Zungri, Domenico. (2015) Embracing immersive learning, from schools to workplaces. *Sociología del lavoro*, Milano, v. 137, p. 231-243.

Anexo I - Técnicas para la recolección de datos

A continuación se presentan las planillas utilizadas en las distintas sesiones, correspondientes a las técnicas de recolección de datos en el estudio de caso.

I.I Método 3E

La Fig. 1, muestra la planilla correspondiente al método 3E, que es entregada al participante, luego de su interacción con HuVi.

3E

¡Dibújate! ¡Sonriendo o serio o enojado o triste o aburrido, de acuerdo a cómo te sientas luego de jugar!

- En la nube cuéntanos, lo que pensaste durante la aventura.
- En el globo cuéntanos que es lo que nos dirías de la aplicación.
- Dibújate en las cataratas o en el sendero y muéstranos el lugar que más te gusto!

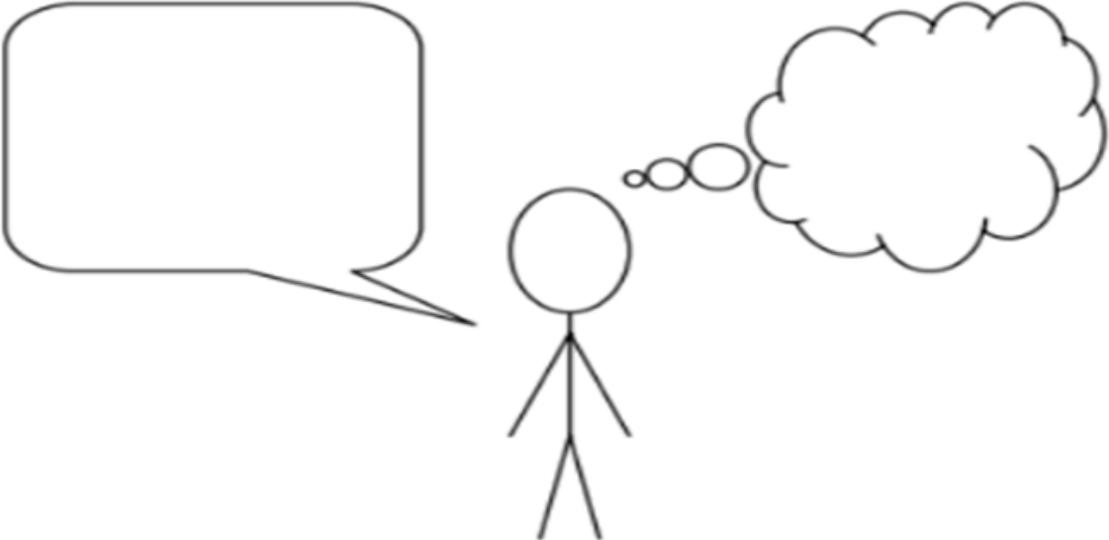


Fig. 1: Planilla método 3E

I.II IMI - INTRINSIC MOTIVATION INVENTORY

A continuación, en la Fig.2, se presenta la plantilla utilizada para recolectar los datos.

IMI: Método para medir el interés/diversión, el esfuerzo, la presión y la tensión: marque con una cruz donde corresponda.

Interés/diversión	¿Te pareció Interesante HuVi?	¿Fue divertido?	¿Disfrutaste del juego?	¿Pensaste que podía ser aburrido?	¿Te fue agradable jugar?
SÍ					
MÁS O MENOS					
NO					
Esfuerzo/Competencia	¿Crees que jugaste bien a HuVi?	¿Estás satisfecho con la forma en que jugaste?	¿Te sentiste hábil mientras jugabas, al recoger las gemas y ganar huellas?		
SÍ					
MÁS O MENOS					
NO					
Tensión/presión sentidas	¿Te sentiste nervioso mientras jugabas a HuVi?	¿Te sentiste tensionado?	¿Te sentiste relajado/tranquilo?	¿Estabas ansioso?	¿Sentiste presión?
SÍ					
MÁS O MENOS					
NO					

Fig. 2. Cuadros de preguntas correspondientes a la planilla IMI.

I.III Entrevistas Grupales

A continuación se presentan dos cuestionarios en forma de grilla.

Cuestionario I

Marque con una **X** y complete con lo que corresponda

¿Qué les gustó más de la escena?	¿Audios ?	¿El entorno 3D?	¿Algún objeto 3D en particular?	Otras apreciaciones que puedan realizar los/as niños/as: girar, moverse, etc.
Escena Inicio				
Escena Argentina				
Escena Parque				
Desafíos				
A qué prestaban más atención?				

Fig. 3. Cuestionario grupal I

Cuestionario II

Marque con una **X** y complete con lo que corresponda

Desafío I: ¿Recuerdan acerca de qué trato del desafío?		¿Quién descubrió las cataratas?	¿Quiénes habitan en ese lugar?
	SI		
	NO		
Desafío II: ¿Recuerdan acerca de qué trato del desafío?		¿En dónde se encuentra la garganta del diablo?	¿Con qué país compartimos las cataratas del Iguazú?
	SI		
	NO		
Desafío III: ¿Recuerdan acerca de qué trato del desafío?		¿Cuál es la vista más famosa de las cataratas del Iguazú?	¿Cuántos metros tiene la garganta del diablo? ¿Es más alta que ustedes?
	SI		
	NO		

Fig. 3. Cuestionario grupal II.

I.IV Observación participante

Marque con una **X** y complete con lo que corresponda

Registro (Marque con una X)	Caminar	Interacción con los objetos 3D	Salir	Volver	¿Qué hago?	Otras observaciones
Solo						
Con Ayuda						

Fig. 4. Registro de inconvenientes

Anexo II - Documentación fotográfica de las sesiones

sesiones

A continuación se documentan de manera fotográfica las diferentes sesiones realizadas, en la cuales se probó HuVi.

II.I Sesión I de experimentación: "Institución de apoyo integral IDANI"



Fig. 1.1: Taller de Huellas Patrimoniales con las personas de IDANI, en el cual también hubo un espacio para que jugaran con HuVi.

II.II Sesión II: "Asociación civil El Roble"



Fig. 2.1: Taller de Huellas Patrimoniales con los chicos/as de asociación, atendiendo a la presentación de HuVI.



Fig. 2.2: Los niños/as experimentando la RV con HuVI.



Fig. 2.3: Los/as niños/as experimentando la RV con HuVI.



Fig. 2.4: Niños/as realizando otras actividades que formaron parte del taller.



Fig. 2.4: Niños/as realizando otras actividades que formaron parte del taller.



Fig. 2.4: Uno niño jugando a HuVI.



Fig. 2.5: Niños experimentan la RV von HuVI.



Fig. 2.6: Niños/as realizando otras actividades que formaron parte del taller.



Fig. 2.7: Niños/as experimentando la RV con HuVI.



Fig. 2.8: Niños/as junto a los directivos de la asociación y el equipo de Huellas patrimoniales.

II.III Sesión III: "Escuela 17"



Fig. 3.1: Presentación de HuVi en la escuela 17 de Berisso.



Fig. 3.2: Una de las tutoras explica a los/as niños/as de que se trata HuVi.



Fig. 3.4: Los/as niños/as prestan atención a la temática que trata la sesión.



Fig. 3.4: La ejecución de HuVi es proyectada en la pared del aula.



Fig. 3.5: Niñas experimenta la RV con HuVi.



Fig. 3.6: Niños/as jugando con HuVi, acompañados de un tutor.



Fig. 3.7: Niños/as realizando otras actividades que forman parte del taller y jugando con HuVi.



Fig. 3.8: Niña jugando con HuVi.



Fig. 3.9: Niños/as realizando otras actividades relacionadas con la misma temática, acompañadas de un tutor.



Fig. 3.9: Niña jugando con HuVi acompañadas de un tutor.



Fig. 3.10: Niños/as jugando con HuVi acompañados de un tutor.



Fig. 3.11: Niño jugando a HuVi, ayudado por una tutora



Fig. 3.12: Niños/as realizando otras actividades relacionadas con la misma temática, acompañadas de una tutora.



Fig. 3.13: Niños/as que participaron de la experiencia junto a su maestra, el equipo de Huellas patrimoniales y el equipo de desarrollo.



Fig. 3.14: Niños/as que participaron de la experiencia junto al resto del equipo de Huellas Patrimoniales y el equipo de desarrollo.