



**EDUCACIÓN**

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

# Tecnológico Nacional de México

**Centro Nacional de Investigación  
y Desarrollo Tecnológico.**

## Tesis de Maestría

**Entorno Virtual de Aprendizaje para evaluar niveles  
de inmersión, interacción y estados emocionales  
durante un proceso de intervención educativa de  
prevención del Abuso Sexual infantil en niños y  
niñas de edad escolar.**

presentada por

**Ing. Jorge Enrique Velázquez Cano.**

como requisito para la obtención del grado de  
**Maestro en Ciencias de la Computación**

Director de tesis

**Dr. Juan Gabriel González Serna**

**Dra. Leonor Rivera Rivera**

Cuernavaca, Morelos, México. Diciembre de 2021



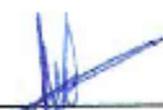
Cuernavaca, Mor., 30/noviembre/2021

OFICIO No. DCC/198/2021  
Asunto: Aceptación de documento de tesis  
CENIDET-AC-004-M14-OFFICIO

**DR. CARLOS MANUEL ASTORGA ZARAGOZA**  
SUBDIRECTOR ACADÉMICO  
PRESENTE

Por este conducto, los integrantes de Comité Tutorial del C. JORGE ENRIQUE VELÁZQUEZ CANO, con número de control M19CE066, de la Maestría en Ciencias de la Computación, le informamos que hemos revisado el trabajo de tesis de grado titulado "ENTORNO VIRTUAL DE APRENDIZAJE PARA EVALUAR NIVELES DE INMERSIÓN, INTERACCIÓN Y ESTADOS EMOCIONALES DURANTE UN PROCESO DE INTERVENCIÓN EDUCATIVA DE PREVENCIÓN DEL ABUSO SEXUAL INFANTIL EN NIÑOS Y NIÑAS DE EDAD ESCOLAR", y hemos encontrado que se han atendido todas las observaciones que se le indicaron, por lo que hemos acordado aceptar el documento de tesis y le solicitamos la autorización de impresión definitiva.

  
DR. JUAN GABRIEL GONZÁLEZ SERNA  
Director de tesis

  
DRA. LEONOR RIVERA RIVERA  
Codiectora de Tesis

  
DR. MÁXIMO LÓPEZ SÁNCHEZ  
Revisor

  
DRA. OLIVIA GRACIELA FRAGOSO DÍAZ  
Revisor

C.c.p. Depto. Servicios Escolares  
Expediente / Estudiante  
JCGS/tem





Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Subdirección Académica

-Cuernavaca,  
Mor.,  
No. De Oficio:  
Asunto:

06/diciembre/2021  
SAC/162/2021  
Autorización de  
impresión de tesis

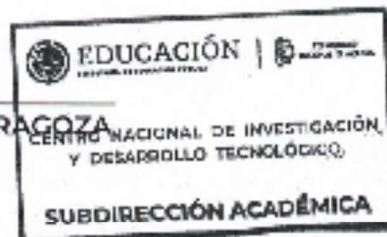
**JORGE ENRIQUE VELÁZQUEZ CANO**  
**CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS**  
**DE LA COMPUTACIÓN**  
**P R E S E N T E**

Por este conducto, tengo el agrado de comunicarle que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de tesis titulado **"Entorno Virtual De Aprendizaje Para Evaluar Niveles De Inmersión, Interacción Y Estados Emocionales Durante Un Proceso De Intervención Educativa De Prevención Del Abuso Sexual Infantil En Niños Y Niñas De Edad Escolar"**, ha informado a esta Subdirección Académica, que están de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior, se le autoriza a que proceda con la impresión definitiva de su trabajo de tesis.

Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
Excelencia en Educación Tecnológica®  
"Educación Tecnológica al Servicio de México"

**DR. CARLOS MANUEL ASTORGA ZARAGOZA**  
**SUBDIRECTOR ACADÉMICO**



C.p. M.E. Guadalupe Garrido Rivera, Jefa del Departamento de Servicios Escolares.  
Expediente.

CMAZ/CHG



Interior Internado Palmira S/N. Col. Palmira, C. P. 62490.  
Cuernavaca, Morelos Tel. (01) 777 3 62 77 70, ext. 4104,  
e-mail: acad\_cenidet@tecnm.mx  
www.tecnm.mx | www.cenidet.tecnm.mx



## **Dedicatoria**

A Dios, que me puso en este camino, en el proyecto correcto con las personas adecuadas, me acompañó a lo largo del trayecto y me permite ahora lograr una meta más.

A mi bisabuelo, que en paz descanse. Su herencia, pequeña al inicio, como semilla fue usada para la inscripción al curso y creció para convertirse en algo mucho más grande e invaluable.

A mi madre Doricela y mi hermano Carlos, por haberme impulsado a estudiar la maestría y creer en mí y mis habilidades para terminarla.

## **Agradecimientos.**

Al Centro Nacional de Ciencia y Tecnología (Cenidet) por aceptarme para formar parte de su cuerpo estudiantil y darme la oportunidad de realizar el programa de Maestría en Ciencias en esta tan reconocida institución.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme proporcionado el apoyo que no solo hizo posible la presente tesis, sino me facilitó recorrer el camino hacia mi superación personal y académica.

A mi director de tesis el Dr. Juan Gabriel González Serna por dedicar parte de su tiempo a resolver mis dudas, asesorarme, señalarme el camino y por la confianza depositada en mí para llevar a cabo las diversas tareas que habrían de llevar este trabajo a buen término.

A la Dra. Leonor Rivera Rivera y la Dra. Marina Sérís Martínez junto con su equipo del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) porque sin su apoyo las pruebas con voluntarios habrían representado un desafío mucho mayor y colocado a este proyecto, sin duda, en la incertidumbre. Sus contribuciones al proyecto permitieron hacer del mismo una autentica herramienta que busca construir una mejor realidad para las niñas y los niños.

A mis compañeros y amigos, tanto a los que empezamos al mismo tiempo este camino como a quienes ya tenían un tramo recorrido. Las experiencias compartidas dejaron también grandes enseñanzas.

A mi madre y a mi hermano, quienes siempre me apoyaron y me alentaron durante el camino con su cariño, paciencia y consejo.

A Dios. Sin él nada es posible.

## **Resumen**

El presente documento de tesis muestra el trabajo realizado y resultados obtenidos del mismo durante dos años de investigación, desarrollo, iteraciones, pruebas y análisis sobre el uso de tecnologías disruptivas como herramientas de aprendizaje y capacitación de niños y niñas de edad escolar, los efectos en sus emociones y su comparación contra tecnologías y métodos clásicos no inmersivos.

Este trabajo aborda el desarrollo de la aplicación “Pinta tu raya ASI” en dos versiones: No Inmersiva (i.e. de escritorio) e Inmersiva. Su análisis y diseño se realizó siguiendo las mejores prácticas encontradas en la literatura, se procuró evitar modelos que han sido implícitamente relacionadas con resultados poco claros respecto a la utilidad y efectos reales del uso de las tecnologías inmersivas. Se describe un modelo de diseño que pretende ayudar en el desarrollo de mejores entornos virtuales, particularmente aquellos que pretendan ser usados con fines de estudio.

Posteriormente se presentan las pruebas realizadas, los protocolos para cada modalidad, así como los instrumentos de medición utilizados. Se buscaron cambios en la percepción emocional auto reportada, su experiencia durante la intervención, su sensación de presencia y la emoción inducida por el entorno virtual.

Finalmente se describe el tratamiento de los datos obtenidos y sus resultados. Se encontraron diferencias y cambios significativos asociados no solo a una versión específica de la aplicación, sino también al uso general de la misma. Las conclusiones presentan las consideraciones bajo las cuales interpretar lo encontrado y recomendaciones para trabajos futuros.

## **Abstract**

The current thesis document shows the work and the results of two years of research, development, iterations, tests and analysis about the use of disruptive technologies as a learning and training tool for children in primary age, its effects in their emotions and how this compares against classic non immersive technologies and teaching methods.

This work addresses the development of the “Pinta tu raya ASI” app in its two versions: non immersive (i.e. desktop virtual reality) and immersive. Its analysis and design followed the best practices found in the literature while trying to avoid those that had been implicitly associated with results that are unclear about the utility and real effects of the use of immersive technologies.

Subsequently, the test applied are presented along the protocols followed as well as the measurement tools used. Changes in the self-reported emotional perception, experience during the test, sense of presence and induced emotion by the virtual environment were sought.

Finally, the treatment of data and its results is described. Differences and significant changes were found associated not only to one specific version of the app but to a general use of it. The conclusions also present the considerations when interpreting the findings and some recommendations for future works.

## Índice

Resumen.....	4
Abstract .....	5
Índice de Figuras.....	8
Índice de Tablas .....	8
1.- Introducción.....	10
1.1.- Antecedentes.....	14
1.1.1.- Tutor virtual inteligente para el Ambiente Virtual de Aprendizaje Inmersivo mediante tecnología de cognición aumentada.....	14
1.1.2.- Explotación de estados cognitivos en entornos e-learning a partir de BCI no invasivas .....	14
1.2.- Planteamiento del problema.....	15
1.3.- Objetivos.....	17
1.3.1.- Objetivo general.....	17
1.3.2.- Objetivos específicos .....	17
1.4.- Justificación .....	18
1.5.- Resumen de los capítulos.....	20
2.- Marco teórico.....	21
2.1.- Realidad Virtual (RV).....	22
2.2.- AVAI .....	23
2.3.- Inmersión .....	23
2.4.- Presencia .....	25
2.5.- Interacción .....	25
2.6.- Conocimiento procedimental.....	26
3.- Estado del arte .....	27
3.1.- Declarative knowledge acquisition in immersive virtual learning environments.....	28
3.2.- Mobile virtual reality as an educational platform: a pilot study on the impact of immersion and positive emotion induction in the learning process.....	28
3.3.- Virtual reality for design and construction education environment .....	29
3.4.- Design assessment in virtual and mixed reality environments: comparison of novices and experts .....	30
3.5.- Virtual manipulation in an immersive virtual environment: simulation of virtual assembly.....	30
3.6.- Virtual reality for education and workforce training.....	31
3.7.- VR Surgery: interactive virtual reality application for training oral and maxillofacial surgeons using Oculus Rift and Leap Motion.....	31
3.8.- A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education .....	32
3.9.- Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning .....	32
3.10.- The effect of user's perceived presence and promotion focus on usability for interactive virtual environments .....	33

3.11.- Effects of different types of virtual reality display on presence and learning in a safety training scenario .....	33
3.12.- Presence and usability do not directly predict procedural recall in virtual reality training .....	34
3.13.- Effects of field of view and visual complexity on virtual reality training effectiveness for a visual Scanning task .....	34
3.14.- Effective design of educational virtual reality applications for medicine using knowledge engineering techniques .....	35
3.15.- Being the victim of intimate partner violence in virtual reality: first- versus third-person perspective.....	35
3.16.- Online simulation training of child sexual abuse interviews with feedback improves interview quality in japanese university students .....	36
3.17.- Sexual abuse prevention mobile application (SAP_MonAPP) for primary school children in Korea.....	37
4.- Análisis y diseño del AVAI ASI .....	41
4.1.- Modelo de desarrollo .....	42
4.2.- Objetivos didácticos.....	45
4.3.- Perspectiva visual .....	47
4.4.- Estilo gráfico.....	49
4.5.- Versiones y diseño de las interacciones.....	51
5.-Pruebas.....	54
5.1.- Instrumentos utilizados y sus adecuaciones.....	55
5.2.- Variables definidas .....	59
5.3.- Pruebas.....	61
5.3.1.- Modalidad No Inmersiva .....	61
5.3.2.- Modalidad Inmersiva .....	63
6.- Resultados.....	65
6.1.- Tratamiento de los datos .....	66
6.2.- Análisis de la edad .....	66
6.3.- Resultados del CDI .....	68
6.4.- Correlaciones de los instrumentos pre intervención .....	70
6.5.- Correlaciones entre los instrumentos pre y post intervención .....	74
6.6.- Pruebas paramétricas sobre la modalidad y la intervención con el AVAI .....	79
6.6.1.- Resultados del PANAS pre y post .....	80
6.6.2.- Resultados del SAM .....	87
6.6.3.- Resultados del IMI.....	88
6.6.4.- Resultados del SOPI .....	88
6.7.- Pruebas paramétricas sobre la edad .....	91
6.7.1.- Resultados de la selección del PANAS .....	92
6.7.2.- Resultados del SAM .....	95
6.7.3.- Resultados de la selección del IMI .....	96
6.8.- Interpretación .....	97
7.- Conclusiones.....	102

7.1.- Trabajos futuros .....	105
8.- Referencias .....	108
9.- Bibliografía.....	113

## Índice de Figuras

Figura 1. Cadena aparente de elementos involucrados en los resultados de aprendizaje utilizando herramientas de RV.....	13
Figura 2. Esquema de evaluación de herramientas de RV Con A obtienes B .....	16
Figura 3. Modelo de desarrollo y evaluación de herramientas de RV: Diseñar A para obtener B basándose en C .....	43
Figura 4. Extracto del Story Board del AVAI ASI.....	46
Figura 5. Escenario del AVAI con estilo neutro.....	47
Figura 6. Prototipo del AVAI del proyecto ASI.....	48
Figura 7. Vista en 3PP de los eventos mostrados en el AVAI ASI .....	49
Figura 8. Personajes mediadores en estilo caricatura como se muestran en el AVAI ASI ...	50
Figura 9. Adaptación de las interacciones .....	52
Figura 10. Mecanismo de selección de objeto en la versión Inmersiva.....	53
Figura 11. Adaptación del SAM con emoticonos.....	57
Figura 12. Protocolo para las pruebas No Inmersivas .....	62
Figura 13. Procedimiento para las pruebas Inmersivas .....	64
Figura 14. Distribución de edades en los grupos modales.....	68
Figura 15. Distribución de los resultados del CDI en el grupo general.....	69
Figura 16. Distribución de los resultados del CDI por grupo modal .....	70
Figura 17. Boxplot pre y post del ítem Deprimido .....	81
Figura 18. Boxplot pre y post del ítem Enfadado .....	82
Figura 19. Boxplot pre y post del ítem Temeroso del grupo general .....	84
Figura 20. Boxplot pre y post del ítem Asustado.....	85
Figura 21. Boxplot pre y post del ítem Triste del grupo general .....	86
Figura 22. Boxplot modal de la dimensión “Emoción” del SAM .....	87
Figura 23. Boxplot modal de la sección “Sentido del espacio físico” del SOPI .....	89
Figura 24. Boxplot modal de la sección “Validez ecológica” del SOPI.....	90
Figura 25. Boxplot modal de la sección “SOPI Total” del SOPI .....	91
Figura 26. Boxplot pre y post del ítem Alegre por grupo etario.....	93
Figura 27. Boxplot pre y post del ítem Contento por grupo etario .....	94
Figura 28. Boxplot por grupo etario de la dimensión “Intensidad” del SAM .....	96
Figura 29. Boxplot por grupo etario de la sección “Presión/Tensión” del IMI .....	97

## Índice de Tablas

Tabla 1 Comparativa del estado del arte respecto a la herramienta RV y su uso en el estudio .....	31
Tabla 2 Comparativa del estado del arte respecto a los aspectos evaluados .....	32
Tabla 3 Detalles sobre los mecanismos de interacción para cada versión del AVAI.....	51
Tabla 4 Correlaciones de relevancia de los instrumentos pre intervención.....	72

Tabla 5 Correlaciones de relevancia que se mantiene por grupo modal.....	74
Tabla 6 Correlaciones de relevancia de los instrumentos post intervención .....	75
Tabla 7 Correlaciones de relevancia de los instrumentos post intervención que se mantienen por grupo modal .....	78
Tabla 8 Resultados de la prueba U para el PANAS pre y post.....	80
Tabla 9 Resultados de la prueba U para el SAM .....	87
Tabla 10 Resultados de la prueba U para el IMI .....	88
Tabla 11 Resultados de la prueba U y t-test (donde este indicado) para el SOPI.....	88
Tabla 12 Resultados de la prueba U selección PANAS .....	92
Tabla 13 Resultados de la prueba U para el SAM por grupo etario .....	95
Tabla 14 Resultados de la prueba U para la selección IMI.....	96

# **CAPÍTULO 1.**

# **Introducción**

Con el advenimiento de nuevas tecnologías de cómputo y mejores procesadores gráficos, el uso de tecnologías de Realidad Virtual (RV) como herramienta de entrenamiento y capacitación es una corriente que toma cada vez más fuerza y las expectativas sobre los beneficios de su uso en dicho rubro también se hacen evidentes (Olmos-Raya et al, 2018).

La RV es un conjunto de características tecnológicas y conceptuales. Conceptualmente (Helsel, 1992) lo describe como un proceso que permite al usuario convertirse en un participante dentro de un espacio abstracto donde tanto el observador como la máquina no existen. Tecnológicamente, la RV, son todos aquellos elementos de software y hardware que la hacen posible en sus múltiples variantes.

A pesar de que se han hecho intentos por generar una taxonomía de la RV (Makhkamova et al., 2020; Mann, S. et al, 2018) ésta ha sido difusa (Bouras et al, 2001; Bouras et al, 2002; Mikropoulos y Natsis, 2010; Reisoğlu et al, 2017). Aun así, se puede distinguir que de Virtual Environment (VE) deriva el Virtual Learning Environment (VLE) (Mikropoulos et al, 1998), de forma conceptual surgen los Educational Virtual Environment (EVE) y con las tecnologías adecuadas se obtiene el Immersive Virtual Learning Environment (IVLE).

Los EVE han sido definidos como un ambiente virtual que: está basado en cierto modelo pedagógico, incorpora o implica uno o más objetos didácticos, provee al usuario con experiencias que de otra forma no podrían tener en el mundo físico y que contribuye a los resultados de aprendizaje (Mikropoulos y Natsis, 2010). Un IVLE, es un EVE que tiene como característica distintiva el uso de tecnologías de Interacción Humano Computadora (HCI), entre las que se incluyen, pero no se limitan a visores de RV (HMD, *Head Mounted Displays*), sensores de rastreo 3D de objetos, reconocimiento de manos (i.e. interfaz natural) y controles hápticos. En adelante se

referirá a un IVLE por su equivalente en español: Ambiente Virtual de Aprendizaje Inmersivo (AVAI)

Los diferentes dispositivos usados para mostrar e interactuar con el AVAI constituyen el nivel de inmersión del usuario, mediante la intervención de las señales sensoriales provenientes del exterior y sustituyéndolas con las señales provenientes del AVAI, por medio de dichos dispositivos. Mejorar el nivel de inmersión que, se ha documentado, tiene efectos positivos en la retención del conocimiento, intensifica el estado emocional y aumenta la motivación. Además de permitir mejorar el aprendizaje debido a tres puntos (Dede, 2009):

- Proporciona múltiples perspectivas de la actividad, lo que permite al usuario colocarse en el punto de observación que considera más cómodo, interesante y relevante conforme avanza la actividad.
- Da un contexto al entorno donde se desarrolla el procedimiento representado en el AVAI. Así, si una actividad ha de realizarse en medio del bosque o en un laboratorio químico o en un salón, puede representarse visualmente dicho entorno y prevenir que la actividad se sienta “fuera de lugar”.
- Ayuda a la transferibilidad del material de aprendizaje. Dependiendo de los conceptos que se manejen en el tópico de enseñanza del AVAI, es posible desarrollar e implementar representaciones visuales interactivas que faciliten su comprensión. En particular, los temas abstractos se benefician de este punto.

La inmersión y el grado de interacción del usuario con el entorno virtual genera en el usuario el llamado sentido de presencia o la sensación de “estar ahí” (Cummings y Bailenson, 2015). Esto lleva a que durante el uso de un AVAI se experimenten también cambios emocionales derivados de las experiencias representadas en los mismos y que pueden contribuir a mejorar, pero también

en ocasiones entorpecer, el proceso cognitivo y sus resultados (Makransky, 2019; Ragan et al., 2015).

También (D’Mello & Graesserque, 2012) sugieren que el proceso de aprendizaje presenta y requiere de una trayectoria constante entre estados cognitivo-afectivos, donde la confusión y el compromiso junto con el deleite, parecen conformar el motor del aprendizaje, algo que Olmos-Raya (2018) describe como “*emotional feeling*” y que puede generarse a través de la interacción. Chirico et al, (2018) adicionalmente encontraron, que es posible inducir emociones específicas de forma intencional por medio de un AVAI que contenga elementos diseñados para tal fin.

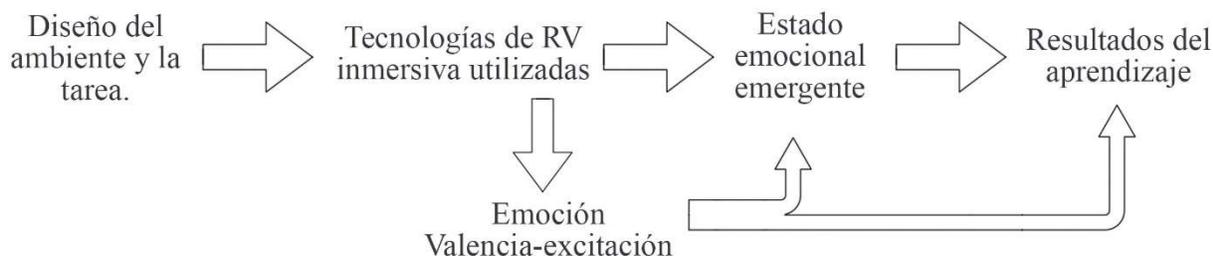


Figura 1. Cadena aparente de elementos involucrados en los resultados de aprendizaje utilizando herramientas de RV.

Se puede entonces identificar una cadena que comienza con el diseño del AVAI, los momentos de interacción (i.e. tareas) incluidos, las IHC usadas para llevarlos a cabo; la forma en que se implementa el uso del AVAI y que termina con una mejora en el aprendizaje y retención del conocimiento, (Figura 1). La pregunta es ¿Cómo contribuye cada eslabón y en particular los dos primeros? Usando como base general un objetivo didáctico, el diseño del ambiente y la tarea han corresponder con el mismo y deben contribuir en determinar el tipo de interacción adecuado para lograrlo. A su vez, las tecnologías de RV inmersivas utilizadas han de contribuir facilitando la realización de dichas interacciones para que estas sean representativas del tipo de actividad asociada a la interacción diseñada.

## **1.1. Antecedentes**

### **1.1.1 Tutor virtual inteligente para el Ambiente Virtual de Aprendizaje Inmersivo mediante tecnología de cognición aumentada. (Cisneros Brito, 2018).**

En esta tesis de maestría se desarrolló un entorno virtual inmersivo para la educación en línea. El estudiante tiene la posibilidad de personalizar los colores y la iluminación para que adapte su entorno a su preferencia mientras se monitorea su estado cognitivo.

Dentro del entorno virtual un tutor, monitorea el estado cognitivo del estudiante con el fin de determinar si ha perdido la concentración y en su caso aplicar técnicas que permitan la recuperación de la atención del estudiante.

Se diseñó un sistema embebido para capturar las señales electroencefalográficas mediante el uso de una diadema Emotiv Epoc. El sistema se encarga de obtener el estado cognitivo del estudiante y enviarlo al entorno virtual a través de un servicio web.

### **1.1.2 Explotación de estados cognitivos en entornos e-learning a partir de BCI no invasivas. (Arana Llanes, 2020)**

Esta tesis se centra en la obtención, clasificación y explotación de estados cognitivos de estudiantes en plataformas virtuales, para determinar si el estado cognitivo que presentan es el apto para lograr un aprendizaje efectivo durante la interacción con una plataforma de aprendizaje. Mediante una Interfaz Cerebro Computadora se registran lecturas de electroencefalografía. Las señales son tratadas digitalmente e identificadas mediante un algoritmo de clasificación.

En caso de identificarse un estado cognitivo poco favorable para el proceso de aprendizaje, el sistema recomienda cambios de actividad que pudieran favorecer el regreso a un estado cognitivo adecuado y así continuar con el proceso enseñanza-aprendizaje.

## 1.2. Planteamiento del problema

La literatura reporta un uso más extendido de tecnologías de Realidad Virtual (RV) (Buttussi y Chittaro, 2017; Olmos-Raya, 2018; Chirico et al, 2018; Webster, 2016; Cummings y Bailenson, 2015), se ha documentado el beneficio cognitivo que tiene su uso en comparación con un monitor típico, pero las tecnologías hápticas continúan siendo escasamente utilizadas y reportadas en la literatura, siendo (Noghabaei, 2019) uno de los pocos que hacen uso de estas tecnologías.

Si no se tienen los conceptos y las relaciones claras entre un AVAI, sus componentes y sus efectos cognitivo-emocionales, podría caerse en errores que den como resultado una experiencia poco motivadora y con pocos o nulos beneficios en el aprendizaje. Si para la realización de una tarea o procedimiento dentro de un AVAI, no se tienen los dispositivos adecuados para la realización de la tarea y ésta última no está asociada con los objetivos didácticos, se puede llevar al usuario a un estado de frustración o aburrimiento. Sus niveles de compromiso, involucramiento y motivación empezarían a verse disminuidos, afectando también su sentido de presencia con reacciones que recuerden que el ambiente no es real o que le resten importancia a la tarea. Esto abre la puerta a que se generen distractores en el propio ambiente virtual y el conocimiento pase a segundo término. Dichos estados son identificados por D'Mello & Graesser (2012) como zonas de las cuales es difícil salir pues, de acuerdo con su modelo, recuperar el interés y compromiso requiere pasar por el estado de confusión con algún recurso didáctico que no presente el riesgo de generar un obstáculo que lo haga caer de nuevo a la frustración.

Los AVAI que no consideren esto en su fase de diseño y sus técnicas de interacción, podrían generar resultados poco significativos, nulos o contrarios a los esperados.

Varios estudios (Webster, 2015; Olmos-Raya, 2018; Makransky y Lilleholt, 2018; Makransky et al., 2017; Buttusi y Chittaro, 2018; Schroeder et al., 2017) evalúan una experiencia Inmersiva vs No Inmersiva (i.e. *desktop VR* vs *Immersive VR*). En repetidas ocasiones evaluando los mismos puntos: presencia, autoeficacia, aprendizaje percibido, entre otros; variando solo el tipo de aplicación y el área profesional en la cual se aplica (e.g. medicina o seguridad industrial). Sin embargo, en esencia hacen lo mismo, muchas veces con resultados similares y en otros aparentemente opuestos (Makransky, 2019). Parece que hay una idea generalizada de que algo falta y eso obliga a repetir los estudios.

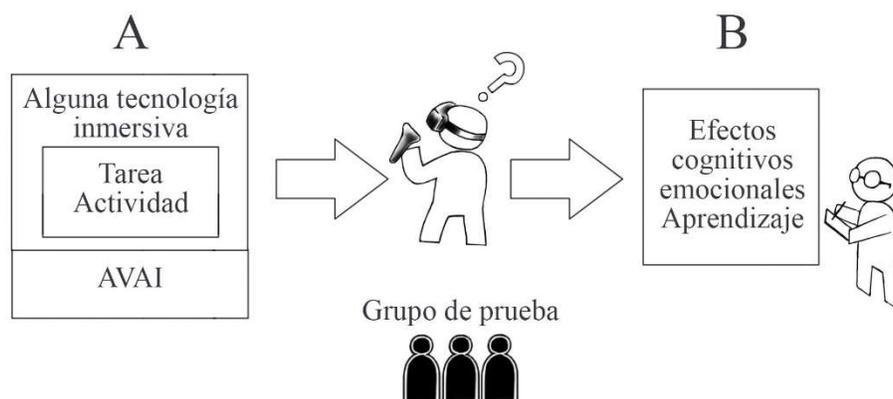


Figura 2. Esquema de evaluación de herramientas de RV *Con A obtienes B*.

El problema que se identificó en esta investigación radica en el esquema general usado para evaluar herramientas de RV (Figura 2) al que se denomina: *Con A obtienes B*. En dicho esquema se asume que la simple intervención de un AVAI proporciona en automático los beneficios de mayor retención de conocimiento, mayor interés y compromiso por parte del usuario, mejor aprendizaje, mejor sentido de presencia; y solo resta evaluar cuantitativamente el nivel en que se obtuvieron, en (Makransky, 2019; Cummings y Bailenson, 2015) se describe este problema. Como dejan ver (Mikropoulos y Natsis, 2010; Cummings y Baienson, 2015) La mayoría de los estudios presentan un enfoque puramente tecnológico y prestan poca atención al diseño de la aplicación y sus

diferentes componentes, a diferencia de (Pulijala ,2017) o (Webster, 2016) que buscan apoyarse en algunos métodos conocidos, aunque no precisamente orientados a RV. Por otro lado, pocos estudios toman en cuenta la experiencia de usuario y los estados emocionales que se generan durante su uso, aun cuando se ha encontrado que hay vías emocionales que repercuten en el aprendizaje y sobre las cuales el ambiente virtual tiene efecto (Chirico et al, 2018; D’Mello & Graesser, 2012; Makransky, 2019).

En resumen, el uso de tecnologías IHC inadecuadas para realizar una tarea en un AVAI disminuye la eficiencia y eficacia de la capacitación. De igual manera, un AVAI mal diseñado puede representar el primer obstáculo en el proceso de capacitación. Con la masificación de algunas de las tecnologías de RV, buscar una generalización para el diseño adecuado de un AVAI que use más, mejores y diversas tecnologías de interacción permitirá, no solo obtener mejores resultados educativos, sino también ayudar a mejores estudios que tengan como foco de estudio la RV y sus efectos.

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Desarrollar un AVAI que utilice diferentes tecnologías de interacción humano computadora para evaluar los efectos de su nivel de inmersión y cambios en los estados emocionales, evaluar la calidad de la experiencia de usuario durante un proceso de capacitación preventiva e interactiva en niños de edad escolar.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- a) Diseñar e implementar un AVAI orientado a la capacitación. El ambiente informará al usuario sobre los derechos sobre su cuerpo y lo capacitará en la identificación de situaciones de posible

abuso sexual. Para interactuar con dicho ambiente será posible utilizar diferentes tecnologías de interacción humano computadora.

- b) Implementar interacción con objetos 3D mediante tecnologías inmersivas y no inmersivas, diseñando las tareas y/o procedimientos a mostrarse en el AVAI de forma adecuada para cada caso.
- c) Evaluar los efectos de ambas versiones. Se seleccionarán métricas que permitan evaluar el sentido de presencia percibido por el usuario, efectos en la motivación del usuario, así como los cambios en los estados emocionales.

#### **1.4. Justificación**

Con la creciente propuesta comercial de dispositivos de RV más accesibles y cada vez mejores en prestaciones y ergonomía, puede observarse a la par un alza en el uso de estas herramientas en áreas de capacitación (Alizadehsalehi et al, 2019). Su estudiada capacidad de mejorar los niveles de conocimiento aprendido y/o retenido lo hace atractivo no solo para capacitación de profesionales sino también en niños de nivel escolar en temas que vayan más allá de carga educativa y aborde temas de particular relevancia para la sociedad, especialmente en seguridad, autocuidado y prevención.

En el panorama estadístico en México 2019 del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) la violencia sexual es un problema que afecta a todas las etapas de desarrollo infantil desde los 0 hasta los 17 años. En su mayoría no se denuncian por razones que van desde temor al agresor hasta desconocimiento de los derechos. Esto no solo genera que el problema persista si no que los datos sobre el problema suelen ser escasos o incompletos. Tan solo en el 2016 se reportaron 18,889 casos de abuso; número que únicamente representa aquellos que fueron denunciados ante alguna autoridad estatal. El abuso sexual infantil (ASI) es perpetrado con más frecuencia por

familiares, vecinos o compañeros. Este abuso que se da en círculos cercanos es menos probable que se reporte por parte de las víctimas, principalmente por miedo y vergüenza.

El ASI está asociado a problemas mentales e intrapersonales que se extienden hasta la edad adulta. En consecuencia, son más propensos a embarazos juveniles, promiscuidad, prostitución, entre otros (Lalor y McElvaney, 2010).

La UNICEF recomienda actuar con el diseño e implementación de medidas de prevención y protección. EL AVAI ASI desarrollado en este proyecto de investigación bien puede sumarse al esfuerzo nacional e internacional para erradicar esta situación.

Una labor de capacitación en el tema de ASI siguiendo métodos tradicionales, podría consistir en sí misma colocar al educando en la representación de una situación de riesgo que podría ser mal interpretada. Usar recursos como conferencias y pláticas especiales, si bien no se demerita en lo absoluto su utilidad, requieren de tiempo, dinero y esfuerzo. Es una situación, que en el mundo laboral se observa con frecuencia (Makransky y Lilleholt, 2018). Por sus características, la RV permite representar adecuadamente situaciones prácticas del mundo real, pero sin los riesgos físicos posiblemente asociados y con la posibilidad de regular las condiciones de la situación para que éstas se presenten de la manera adecuada al grupo de entrenamiento. Trabajos como los de (Wu et al, 2019) han encontrado beneficios importantes en la adquisición de experiencia para actividades prácticas, gracias al uso de sistemas de RV como herramienta de capacitación. Además, que las herramientas de RV han mostrado favorecer la práctica intencionada de un procedimiento. (Butt et al., 2018)

Estudiantes que participan en los programas de prevención incrementan significativamente su conocimiento sobre el abuso sexual infantil ASI y los conceptos esenciales de prevención (Tutty et al., 2020).

### **1.5. Resumen de los capítulos**

El capítulo 2 muestra el marco teórico. Aborda los conceptos y términos importantes para una mejor comprensión del presente trabajo.

El estado del arte es plasmado en el capítulo 3. Da una breve sinopsis sobre trabajos relacionados o similares al uso de tecnologías de RV en capacitación, interfaces hápticas, sentido de presencia y la RV en el área de abuso sexual infantil.

En el capítulo 4 se describe el proceso de análisis y diseño del AVAI ASI. Se expone brevemente el modelo propuesto para el diseño de aplicaciones de RV enfocadas a capacitación y/o con fines de ser usado como herramienta en algún estudio científico relacionado. Se justifican también las decisiones tomadas respecto al contenido, estilo y recursos utilizados.

El capítulo 5 está dedicado a las pruebas realizadas con el AVAI y describe los protocolos seguidos para cada versión de la herramienta.

Los resultados de las pruebas son el foco del capítulo 6. Se describe de forma simple el tratamiento de los datos y el análisis de estos en busca de cambios significativos en los diversos instrumentos utilizados. Se explica brevemente el significado de estos resultados.

Finalmente, el capítulo 7 expone las conclusiones sobre lo encontrado en el análisis de los datos. Se mencionan los pormenores ocurridos durante el proyecto y se usa lo aprendido para hacer recomendaciones sobre trabajos futuros.

# **CAPÍTULO 2.**

## **Marco teórico**

## 2.1. Realidad Virtual (RV).

Es la representación sintética de un escenario, ambiente o mundo que puede pretender ser la recreación de algo real o una creación ficticia original. Esta representación puede poseer distintos medios a través de los cuales el usuario interactúa con el entorno representado. Estos medios de interacción representan, en menor o mayor medida un nivel de inmersión a través de múltiples canales sensoriales (Mikropoulos y Natsis, 2010; Capece et al., 2019; Chirico et al., 2018; Mann et al., 2018).

De acuerdo con su capacidad para intervenir en los canales sensoriales del usuario, la RV se clasifica en dos tipos (Makransky y Lilleholt, 2018):

- Realidad Virtual no inmersiva. No tiene la capacidad suficiente para excluir o intervenir señales sensoriales provenientes del mundo real. Se conoce también como realidad virtual de escritorio (*desktop VR*) pues tradicionalmente se muestra en computadoras convencionales. Sin embargo, se puede extender el concepto a dispositivos alternativos como tabletas o teléfonos celulares con capacidades para manejar este tipo de aplicaciones sin ningún aditamento.
- Realidad Virtual inmersiva. Tienen la capacidad de excluir señales sensoriales provenientes del mundo real al tiempo que ofrece alta fidelidad en los ambientes representados. Hacen uso de dispositivos tecnológicos más avanzados y dedicados a la intervención de algún sentido en particular, principalmente el *Head Mounted Display* (HMD) que tiene la función de intervenir las señales visuales y remplazarlas con las provenientes de la representación sintética.

## 2.2. AVAI

En la literatura no se encuentra una taxonomía bien definida que separe puntualmente un *Learning Management System* (LMS), un *Educational Virtual Environment* (EVE), un *Virtual Learning Environment* (VLE), inclusive, un *Inmersive Virtual Learning Environment* (IVLE). Tampoco es claro si algunas categorías son subcategorías de otra. El propio término *Virtual Environment* (VE) es usado en múltiples contextos muchas veces alejados de la RV.

A pesar de algunos esfuerzos (Bouras et al, 2002; Mikropoulos y Natsis, 2010; Reisoğlu et al, 2017) en generar una aproximación taxonómica de esta área, parece haber poco consenso. En esta investigación se adoptó la definición de Mikropoulos y Natsis (2010), donde un EVE y un VLE (i.e. AVAI) son equivalentes y están ambos definidos como VEs que basados en cierto modelo pedagógico incorporan uno o más objetivos didácticos y proveen a los usuarios con una experiencia que de otra manera no podrían tener en el mundo físico. Además, proporcionan un aprendizaje específico.

## 2.3. Inmersión.

Es el resultado de la combinación de diferentes tecnologías y sus capacidades para generar una ilusión, vívida, inclusiva, extensiva y envolvente a un usuario (Slater y Wilburn, 1997). Esencialmente es la capacidad tecnológica y técnica de un dispositivo para recrear artificial y fielmente señales sensomotoras y cómo son estas señales transferidas hacia el usuario (Sanchez-Vives y Slater, 2005; Slater y Sanchez-Vives, 2016). Algunas de estas capacidades son el ángulo máximo de visión (i.e. *Field Of View, FOV*), la precisión en el seguimiento de movimientos y su latencia, o la fluidez de la visualización (i.e. cantidad de cuadros por segundo; más es mejor).

El sentido de las señales es bidireccional, lo que significa que el nivel de inmersión se da también en relación a cómo las acciones del usuario están siendo trasladadas al ambiente virtual. (Ragan et al, 2015; Franzluebbens y Johnsen, 2018; Våpenstad et al, 2017) permiten, con esta noción, extender la definición y determinar que la inmersión comprende tres rubros principales:

- Fidelidad sensorial, que es la precisión con la que se recrean señales visuales, auditivas, hápticas/táctil, olfativas y gustativas.
- Fidelidad de interacción, que es la precisión con la que las acciones del usuario son recreadas en el mundo virtual y sus efectos sobre el mismo.
- Fidelidad ambiental, que es la precisión con la que comportamientos, propiedades y reglas del mundo real son recreadas en el mundo virtual.

Tecnológicamente hablando es posible que un dispositivo tenga efectos en más de un rubro. Por ejemplo, un dispositivo háptico puede funcionar para trasladar los movimientos del usuario al mundo virtual (i.e. fidelidad de interacción) y al mismo tiempo proveer una retroalimentación, háptica, que el usuario pueda sentir (i.e. fidelidad sensorial). Dependiendo de la relación que exista entre lo sucedido en el mundo virtual con el tipo de retroalimentación proporcionada, se puede determinar el nivel de fidelidad. Bajo esta premisa las prestaciones y capacidades de un dispositivo pueden clasificarse con claridad e incluso evaluarse por separado.

Se determina que un sistema  $A$  es más inmersivo que otro  $B$ , si  $A$  puede simular lo ofrecido por  $B$ , pero no a la inversa.

## **2.4. Presencia.**

Es una construcción psicológica de estar en el ambiente virtual (Slater y Wilburn, 1997) como respuesta humana al sistema, producto de las capacidades interactivas que éste posee y que son traducidas a un ¿qué puede hacer el usuario? dentro del AVAI (Sanchez-Vives y Slater, 2005). Para tal efecto, debe existir consistencia entre lo que se representa en el mundo virtual y las señales que provienen de éste, adicionalmente las acciones que el usuario realice con intención de modificar dicho ambiente deben también reflejarse consistentemente en el mundo virtual. Lee K.M. (2004) define presencia como un estado psicológico en el cual los objetos virtuales se experimentan como objetos existentes por medios sensoriales o no sensoriales.

(Lombard y Ditton, 1997) explica la presencia como el nivel de realismo con el que un medio puede representar algo (e.g. un evento, o un ambiente). Así como la idea de ser transportado a otro sitio (i.e. de lo real a lo virtual) o estar en otro sitio (i.e. el mostrado en el entorno virtual). Es una construcción psicológica que evoca "la sensación de estar ahí" y considerar los eventos dentro del ambiente virtual como reales.

Presencia, particularmente la asociada a los sistemas de RV se compone de la "ilusión del lugar" y "plausibilidad". La primera se asocia a los elementos "físicos" estructurales que integran el entorno virtual y su percepción asociada a las acciones del usuario (i.e. girar la cabeza); la segunda se refiere a los eventos dinámicos mostrados en el entorno virtual y que estos ocurran como lo hacen en la realidad (Slater and Sanchez-Vives, 2016).

## **2.5. Interacción.**

Recae en la información recolectada de sensores y el efecto que tienen sobre el ambiente virtual. La interacción abarca, por tanto, las acciones que son posibles dentro del ambiente virtual y el medio que se utiliza para lograrlo (Moreno y Mayer, 2007). Incluye, pero no se limita a: caminar,

moverse o desplazarse dentro del ambiente virtual; seleccionar, coger, rotar y mover objetos del ambiente; presionar botones, seleccionar opciones o marcar menús de alguna interfaz gráfica; dialogar con otros participantes (en el caso de aplicaciones colaborativas) o con avatares del sistema; lectura de textos e inclusive uso de lenguaje natural.

## **2.6. Conocimiento procedimental.**

Es el conocimiento ejercido directamente en el desarrollo de alguna tarea (Burgin, 2016), por lo que depende totalmente de la naturaleza de ésta. También se conoce en inglés como *know-how* que se traduce como saber-cómo, haciendo referencia a los requisitos y secuencia de pasos necesarios para llevar a cabo un trabajo o tarea específica, en otras palabras, es el conocimiento de cómo realizar o cómo operar. El conocimiento procedimental se adquiere haciendo.

# **CAPÍTULO 3.**

## **Estado del arte**

### **3.1. Declarative knowledge acquisition in immersive virtual learning environments.**

**(Webster, 2015)**

En este trabajo se muestra un caso de estudio sobre la inclusión de herramientas de RV como alternativa a métodos tradicionales en un curso real de entrenamiento en un contexto de altos estándares de preparación requeridos. Adopta la teoría cognitiva de aprendizaje multimedia del Dr. Richard Mayer como la metodología de diseño de los elementos didácticos del AVAI, así como de las tecnologías de interacción utilizadas.

Sin embargo, hay algunos aspectos que podrían afectar los resultados y que han de considerarse para la realización del presente proyecto de investigación: la preparación y perfil de los estudiantes no es heterogénea, la muestra consiste en un 97% de hombres, y el objetivo primordial del curso fue mejorar la capacidad para identificar y seleccionar características específicas en el ambiente lo que limita el uso de tecnologías de interacción.

### **3.2. Mobile virtual reality as an educational platform: a pilot study on the impact of immersion and positive emotion induction in the learning process. (Olmos-Raya et al, 2018)**

Este estudio presenta los efectos de un par de niveles de inmersión en conjunto con un estado emocional previamente inducido, en la adquisición y retención del conocimiento. Además, muestra una metodología de donde pueden extraerse técnicas de evaluación.

Refuerza la idea de que un ambiente bien diseñado puede ayudar en la retención del contenido mediante un nivel de inmersión adecuado. Propone que las actividades dentro de un AVAI deben desarrollar emociones positivas para mejorar los estados cognitivos del usuario. Proporciona

además el *Intrinsic Motivation Inventory IMI* como herramienta para validar la motivación intrínseca relacionada con alguna actividad.

### **3.3. Virtual reality for design and construction education environment. (Alizadehsalehi et al, 2019)**

En este trabajo se realizó una revisión de aplicaciones de RV orientadas a la industria de diseño, ingeniería y construcción. Comparó dispositivos HMD y evaluó algunos aspectos sobre el uso de los mismos y su impacto en: *aprendibilidad* (fácil de aprender), interoperabilidad (fácil de convertir a, y activar la, característica de RV desde otras herramientas 3D), visualización (habilidad para visualizar); mundo real (similitud con el mundo real), interacción (interacción percibida con compañeros y el instructor), creatividad (habilidad para mejorar la creatividad de los estudiantes), motivación (habilidad para motivar a los estudiantes), y confort (facilidad de uso respecto al nivel de mareo). Estos parámetros fueron evaluados a través de encuestas a estudiantes que usaron los diferentes dispositivos durante el curso *Integrating VR/AR/MR with Design and Construction* ofrecido por el departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Northwestern. De este trabajo se recupera la lista de elementos evaluados como antecedentes de los cuales sus métricas aparecen en otros artículos (e.g. IMI en Olmos-Raya, 2018).

También proporciona un mapa de desarrollo para la integración de elementos en una aplicación de RV basado en el *framework Building Information Modeling* (BIM) donde la intervención de expertos en el tópico a representarse en el AVAI es importante. Este mapa podría adaptarse a otras áreas de interés y no solo a la construcción.

El artículo, sin embargo, no indica algún estudio realizado para evaluar los resultados de aprendizaje del curso o estados cognitivo-afectivos.

### **3.4. Design assessment in virtual and mixed reality environments: comparison of novices and experts. (Wu et al, 2019)**

Este trabajo analiza la situación de la educación tradicional contra la realidad que enfrentan los profesionales: falta de experiencia. Esta característica de los recién egresados lleva a los empleadores a utilizar como solución capacitaciones y cursos adicionales in situ, lo que significa invertir muchos recursos antes de obtener los beneficios de la mano de obra.

Así, se resalta el potencial de RV como herramienta para potencializar la adquisición de experiencia práctica en la realización de una tarea. En este trabajo se explica que la experiencia se compone de capacidades necesarias de los graduados: Cognitivas, habilidades éticas; junto con la capacidad de transferir sus conocimientos técnicos a situaciones de la vida real.

En este trabajo se utiliza un modelo de estudio que incluye técnicas de *think-aloud* e instrumentos como *System Usability Scale (SUS)*, como métrica de usabilidad del sistema. Si bien no se comparan tecnologías de RV intencionalmente, proporcionan indicios sobre los diferentes casos de uso.

### **3.5. Virtual manipulation in an immersive virtual environment: simulation of virtual assembly. (Noghabaei et al 2019)**

Este artículo muestra el desarrollo de un ambiente virtual con fines industriales de pruebas de calidad y ensamblaje. Reconoce el potencial de la RV como medio de entrenamiento y capacitación, así como de representación útil de procesos y tareas reales. No proporciona estudios sobre los efectos en el aprendizaje respecto al trabajo de campo o estrategias de ensamblaje. No compara tecnologías de inmersión. Implementa el uso de tecnologías de inmersión HMD y hápticas en un caso práctico real, junto con elementos de diseño e interacción para tareas de

ensamblaje. De este trabajo se rescatan los elementos de diseño de interacción para implementar los controles hápticos de acuerdo con el propósito de la capacitación.

### **3.6. Virtual reality for education and workforce training. (Carruth, 2017)**

Este trabajo muestra en cinco pasos el proceso de diseño para aplicaciones de RV y los elementos involucrados en cada uno, además, describe las diferencias en el proceso de desarrollo de acuerdo con los objetivos de aprendizaje. Se identifican las interacciones necesarias para cumplir con el nivel de fidelidad requerido, siguiendo los objetivos específicos de la capacitación. La manera de interactuar con el ambiente determina la forma en que el usuario aprenderá. De este trabajo son útiles el proceso y la lista de métricas y cuestionarios comúnmente utilizados para evaluar presencia (PQ), usabilidad (SUS), confort vía malestar físico (SSQ) y la carga mental y física (NASA-TLX).

### **3.7. VR Surgery: interactive virtual reality application for training oral and maxillofacial surgeons using Oculus Rift and Leap Motion. (Pulijala et al, 2017)**

Este trabajo presenta el proceso de desarrollo de una aplicación de RV con tecnologías mixtas. Si bien no establece ninguna comparación entre éstas, explica las razones del por qué fueron seleccionadas y el tipo de tarea y beneficio que se espera de cada una. Utiliza como estilo de capacitación la estructura *ver uno, simular uno, enseñar uno*. La aportación para este trabajo fue seguir la división de los componentes de la aplicación durante el diseño: diseño del contenido, diseño de la aplicación y retroalimentación del usuario.

### **3.8. A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. (Makransky y Lilleholt, 2018)**

El artículo explora el valor emocional de la inmersión en RV Inmersiva y de escritorio usando un simulador de ciencia y cómo el nivel de inmersión impacta la percepción de aprendizaje recibido, la satisfacción e intencionalidad. Utilizando modelos de ecuaciones estructurales, identifica las vías mediante las cuales las características de la realidad virtual impactan en la inmersión, y ésta a su vez en los factores cognitivos y afectivos. De este artículo se tomaron las recomendaciones de diseño con respecto a la autonomía y el control del usuario sobre el ambiente; así como las notas sobre usabilidad. También es de interés el modelo de ecuación estructural que podría ser adaptado a las características de este proyecto usando como punto de partida las IHC o el tipo de interacción dentro de un ambiente inmersivo. Se muestran también los instrumentos utilizados para evaluar cada uno de los nodos del modelo.

### **3.9. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. (Makransky et al, 2019)**

En este trabajo se determinó si los niveles de interacción tienen una carga cognitiva importante que pudiera afectar los resultados de aprendizaje. El estudio es de tipo *encendido-apagado*, contemplando el cambio tecnológico de no-inmersivo a inmersivo, no se consideraron distintas técnicas de interacción. Aunque es un buen ejemplo y una guía útil para el diseño del experimento, similar a la mayoría de los artículos, no maneja un grupo de prueba con una misma cantidad de hombres y mujeres, y el rango de edad es de especial atención pues es una brecha generacional muy ancha (23 años). El experimento no consideró el uso de nuevas tecnologías como medio para estilos tradicionales de enseñanza. Además, reconoce su rigidez al momento de considerar que una exposición única a dos medios distintos como representación de su uso cotidiano en la educación

no es adecuado. En este artículo se utilizó tecnología de encefalograma como métrica de la carga cognitiva de un ambiente virtual. De este artículo se consideran las métricas para la inmersión, aprendizaje percibido y satisfacción, la teoría cognitiva de aprendizaje multimedia de Richard Mayer.

### **3.10. The effect of user's perceived presence and promotion focus on usability for interactive virtual environments. (Sun et al, 2015)**

Los resultados de este artículo apuntan a que inmersión y presencia, bajo su propia definición, están relacionadas positivamente con la usabilidad, además de que un usuario enfocado en la promoción (i.e. avanzar o mejorar) es un factor regulatorio de la eficiencia percibida por parte de éste, además de la satisfacción y efectividad percibida. En general una actitud positiva por parte de los usuarios hacia el AVAI, tiene impacto en la forma de abordar las tareas dentro del ambiente. En términos de inmersión este trabajo solo lo logra desde la perspectiva de *Interaction Fidelity* al utilizar el sensor Kinect junto con OpenNI para capturar los movimientos del usuario y representarlos de forma no inmersiva en el AVAI. De este trabajo son de interés los cuestionarios para evaluar involucramiento, inmersión, usabilidad y *promotion focus*.

### **3.11. Effects of different types of virtual reality display on presence and learning in a safety training scenario. (Buttussi y Chittaro, 2018)**

El estudio muestra una comparación entre dispositivos inmersivos y su efecto en la adquisición y retención de conocimiento procedimental, así como en el sentido de presencia. El enfoque es visual, por lo que solo compara HMD y no tecnologías de interacción hápticas. Sin embargo, es uno de los estudios que consideran que el siguiente paso en evaluación de RV es la comparación entre dispositivos inmersivos. De este trabajo se recupera que la fidelidad de un escenario donde

se presenta una secuencia coherente de eventos y que requiere de los usuarios acciones con sentido y propósito, afecta positivamente el involucramiento y el compromiso.

### **3.12. Presence and usability do not directly predict procedural recall in virtual reality training. (Schroeder et al, 2017)**

Este trabajo propone, al contrario de la mayoría, que el sentido de presencia no es predictor directo del conocimiento adquirido en un AVAI o de la capacidad del usuario de recordar lo visto en dicho ambiente. Sin embargo, propone que es la base sobre la que se construye la usabilidad del sistema y que es éste último el verdadero precursor del aprendizaje, en particular recordar procedimientos. En otras palabras, es más importante el diseño de la tarea y la forma de llevarla a cabo por medio de las tecnologías de interacción, que la simple inclusión de éstas últimas. El estudio reconoce las limitantes de las tecnologías usadas durante la investigación, recomendando el uso de otros dispositivos más fluidos para el uso de gestos o control háptico. Es interesante, además, el uso de la escala simple de esfuerzo mental que, de acuerdo con su investigación, es representativa.

### **3.13. Effects of field of view and visual complexity on virtual reality training effectiveness for a visual Scanning task. (Ragan et al, 2015)**

Este artículo aborda el concepto de inmersión desde tres tipos de fidelidad que el AVAI puede ofrecer tecnológicamente: fidelidad de interacción, fidelidad visual y fidelidad ambiental. Compara dispositivos de HMD a través de simular el campo de visión (FOV por sus siglas en inglés) que ofrecen algunos de ellos y la calidad visual que pudiera ser resultado de equipos de cómputo con diferentes capacidades o decisiones de diseño. El trabajo presenta un método para el desarrollo de pruebas comparativas donde el diseño de la aplicación, determinar los objetivos didácticos, definir métricas de evaluación y la inducción gradual a la tarea son puntos importantes.

Sus resultados indican que el desempeño en la aplicación no necesariamente se verá reflejado en la realidad. Esto contradice lo propuesto respecto a los beneficios de la RV y lo encontrado por otros estudios. Se atribuyen estos resultados a la diferencia de carga cognitiva entre el entrenamiento y la evaluación, en particular de los elementos cruciales que forman parte de la tarea real. Es de especial atención la identificación de dichos elementos cruciales de la tarea, así como los canales cognitivos y sensoriales que son necesarios en su realización, ya que deben estar representados en la aplicación de RV de la misma forma y con la mayor fidelidad posible.

#### **3.14. Effective design of educational virtual reality applications for medicine using knowledge engineering techniques. (Górski et al, 2017)**

Este trabajo presenta una metodología de diseño de aplicaciones de RV enfocadas a la medicina usando como base las herramientas de ingeniería del conocimiento, MOKA, durante los procesos de planeación, construcción y verificación de la aplicación. El artículo reconoce el problema que hay sobre la construcción de herramientas de RV que no siguen ninguna aproximación metodológica y propone una alternativa para aplicaciones RV del área médica que además reduce el tiempo de desarrollo necesario. Sin embargo, es posible hacer las adecuaciones para otras áreas de conocimiento. Es importante también la clasificación de aplicaciones de acuerdo con el conocimiento necesario por parte del usuario.

#### **3.15. Being the victim of intimate partner violence in virtual reality: first- versus third-person perspective. (Gonzalez-Liencres et al, 2020)**

Este trabajo explora las diferencias entre los efectos y reacciones en una persona que experimenta violencia doméstica en un ambiente de realidad virtual con vistas en primera persona (1PP) y tercera persona (3PP). Sus resultados muestran que experimentar situaciones simuladas en 1PP

implican mayor cantidad de reacciones, incluso algunas que no tienen efecto alguno sobre lo representado en el entorno (e.g. hablarle o contestarles a los personajes ficticios). También se registró un incremento en la conductividad de la piel (i.e. *Galvanic Skin Response*). Además, los participantes del grupo 1PP reportaron “vivir” la escena de forma más personal y sentirse directamente agredidos que aquellos del grupo 3PP. Estas reacciones dan indicios sobre una “encarnación” o “apropiación corporal” del sujeto representado virtualmente, induciendo con mayor facilidad la sensación de miedo, indefensión, alerta y vulnerabilidad.

Si bien para el enfoque del trabajo estas reacciones tienen un potencial benéfico en el tratamiento de abusadores domésticos y aplicaciones similares, para el presente trabajo y dado el grupo etario objetivo en conjunto con el tema de ASI, se consideran de riesgo potencial y por tanto debe buscarse ser evitadas o disminuidas. Para esto, los resultados con respecto al grupo 3PP son de mayor importancia, apuntando a que el uso de dicha perspectiva es la adecuada para el AVAI ASI.

### **3.16. Online simulation training of child sexual abuse interviews with feedback improves interview quality in japanese university students. (Haginoya et al., 2020)**

Dado que los niños son susceptibles a la sugestión, métodos erróneos de entrevista pueden distorsionar los testimonios sobre el posible abuso sexual. El uso de preguntas abiertas es imperativo durante las entrevistas.

En este trabajo, se propone un entrenamiento simulado de entrevista usando avatares en un ambiente no inmersivo de RV. Es parte de un protocolo diseñado para enseñar preguntas abiertas en un ejercicio de entrevista realista con avatares capaces de representar mejor las características cognitivas de un niño basándose en las respuestas reales de casos registrados.

En este trabajo, se muestra el uso de herramientas de RV en el campo del ASI, sin embargo y aunque la víctima es un punto importante de la propuesta, su aproximación es más indagatoria que preventiva y el trabajo no va dirigido hacia la víctima sino hacia el terapeuta y el mejoramiento de sus técnicas de entrevista, mostrando así que la herramienta tiene fines de capacitación y entrenamiento.

### **3.17. Sexual abuse prevention mobile application (SAP\_MonAPP) for primary school children in Korea. (Moon et al., 2017)**

Este trabajo habla del desarrollo de una aplicación móvil enfocada a la prevención de abuso infantil. Se resalta el trabajo multidisciplinario necesario para su diseño usando también un estilo de caricatura y progresión basado en conocimientos y situaciones en distintos escenarios posibles. En este trabajo, se comparan los efectos de un método tradicional de enseñanza contra los obtenidos con el uso de la aplicación. Se evaluaron los conocimientos y habilidades adquiridas durante 4 semanas por niños de 10 años. Los resultados fueron favorables al grupo que usó la aplicación móvil. Sin embargo, no alcanzó niveles estadísticos significativos, posiblemente por el pequeño tamaño de la muestra.

Sus descubrimientos señalan que el usar animaciones de personajes podría inducir interés en los participantes, lo que se refleja en mayores niveles de atención, confianza y satisfacción que aquellos reportados por un grupo que solo usa libros de texto. Dado que la aplicación está diseñada para dispositivos móviles (i.e. celulares y tabletas) no es inmersiva, lo que levanta el interés por conocer los efectos de aplicaciones similares, pero con tecnologías inmersivas tal como lo es una de las versiones del AVAI ASI.

Tabla 1 *Comparativa del estado del arte respecto a la herramienta RV y su uso en el estudio.*

Autor	Participantes N (H/M)	Modelo de Diseño de RV Utilizado	Herramienta 3D	Software de análisis	Utiliza 3D tracking	Datos fisiológicos	Modela con ecuación estructurada	Compara dispositivos inmersivos	Compara IVR/DVR	Compara Hápticos	Enfocado al ASI
Webster (2015)	140 (136,4)	Richard Mayer	Vizard VR toolkit	X	X	X	X	X	SI	X	X
Olmos-Raya (2018)	75 (34/41)	X	NE	X	X	X	X	X	SI	X	X
Alizadehsalehi et al (2019)	14 (NE/NE)	BIM	NE	X	X	X	X	parcialmente	X	Aprox	X
Wu et al (2019)	43 (NE/NE)	X	Unity	SPSS 25	X	X	X	X	SI/NA	X	X
Noghabaei et al (2019)	X	BIM	Unity	X	X	X	X	X	SI/NA	SI	X
Carrtuh (2017)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pulijala et al (2017)	X	Kolb	Unity	X	X	X	X	X	SI/NA	SI	X
Makransky y Lilleholt (2018)	104 (65/39)	Indagación	Outsourced	SPSS 23 Mplus 7.31	X	X	SI	X	SI	X	X
Makransky et al (2017)	52 (22/30)	Richard Mayer / Indagacion	Outsourced	X	X	EEG (ABM X10)	X	X	SI	X	X
Sun et al (2015)	84 (42/36)	X	Ogre 3D	AMOS	X	X	SI	X	X	X	X
Buttusi y Chittaro (2018)	96 (55/41)	X	Unity	X	X	X	X	SI	SI	X	X
Schroeder et al (2017)	X	X	Unity	X	X	X	SI	X	SI	Aprox	X
Ragan et al (2015)	45 (28/17)	X	Vizard VR toolkit	X	X	X	X	SI	X	X	X
Górski et al (2017)	X	MOKA	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gonzalez-Lienres et al (2020)	32 (32/0)	X	X	SPSS 20	SI	GSR	X	X	X	X	X
Haginoya et al (2020)	32 (9/23)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	SI
Moon et al (2017)	45 (NE/NE)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	SI

*NE* - No especificado; *NA* - No abordado. *X* - la característica no está presente. *SI* – la característica está presente. *Aprox* - Se simula todo o parte de la característica. *Parcialmente* - La característica no fue evaluada en todos sus componentes o efectos.

Tabla 2 *Comparativa del estado del arte respecto a los aspectos evaluados*

Autor	Evalua inmersión	Evalua engagement / Involucramiento	Evalua Presencia	Evalua satisfacción	Evalua Usabilidad	Evalua confort	Evalua motivation	Evalua intermediación de control	Evalua utilidad percibida	Evalua disfrute percibido	Evalua control y aprendizaje activo	Evalua beneficios cognitivos	Evalua pensamiento reflexivo	Evalua intencionalidad
Webster (2015)	X	NE	X	NE	NE	NE	X	X	X	X	X	X	X	X
Olmos-Raya (2018)	X	X	X	X	X	X	IMI	X	X	X	X	X	X	X
Alizadehsalehi et al (2019)	X	X	X	X	X	SSQ	NE	X	X	X	X	X	X	X
Wu et al (2019)	X	X	X	X	SUS	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Noghabaei et al (2019)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Carrtuh (2017)	X	X	PQ	X	SUS	SSQ	X	X	X	X	X	X	X	X
Pulijala et al (2017)	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Makransky y Lilleholt (2018)	X	X	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Makransky et al (2017)	X	X	X	SN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sun et al (2015)	SI	SI	X	X	ISO 9241-11 (1998)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Buttusi y Chittaro (2018)	X	adhoc	IPQ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Schroeder et al (2017)	X	X	PQ	X	SUS	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ragan et al (2015)	SI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Górski et al (2017)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gonzalez-Liencres et al (2020)	adhoc	adhoc	adhoc	X	X	X	X	X	X	X	X	X	adhoc	X
Haginoya et al (2020)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	X
Moon et al (2017)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	SI	X	parcialmente

*adhoc* - La evaluación fue construida con conocimiento propio del dominio de la aplicación o específicamente diseñada para ella. *X* - la característica o evaluación no está presente. *NE* -Es mencionado como presente, pero no es especificado. *SI* - la característica está presente. *Parcialmente* - La característica no fue evaluada en todos sus componentes o efectos.

En el estado del arte es notoria la disparidad en la cantidad de participantes hombre y mujer, donde sobresalen la cantidad de los primeros. Si bien se considera que hay estudios que pudiesen enfocarse a un sexo en particular, en general la diferencia parece deberse a que los temas de estudio se desarrollan en rubros con mayoría masculina o por un interés mayor de los mismos a probar tecnologías nuevas. Surge la pregunta entonces si los resultados encontrados en dichos estudios sobre los efectos de la RV en alguna de las variables son generalizables o deben replantearse con perspectiva de género. Es por esto que el presente trabajo buscó una proporción 50/50 entre hombres y mujeres. Es notoria también la ausencia de un modelo de diseño de RV respecto al contenido didáctico en más del 50% de los casos, pero se destaca Richard Mayer y su teoría cognitiva de aprendizaje multimedia, usado también en este estudio. En lo referente a las herramientas 3D Unity sobresale como la elección preferida, pero llaman la atención los trabajos de Makransky ya que usa aplicaciones de RV desarrolladas por un tercero, haciendo de su aproximación un ejemplo de estudios que siguen el esquema de la figura 2.

Por otro lado, el uso de señales fisiológicas es aún poco abordado y se presenta como un área de oportunidad para estudios que busquen cambios en las mismas que pudiesen estar asociados a algunas de las otras variables estudiadas, particularmente los referentes a estados cognitivos y emocionales.

Los aspectos evaluados son diversos pero la presencia y la usabilidad son recurrentes. Esto habla de una búsqueda de ambientes plausibles que favorezcan un desenvolvimiento lo más similarmente posible a la realidad mediante los enfoques de realismo y tipo de interacción.

# **CAPÍTULO 4.**

## **Análisis y diseño del**

### **AVAI ASI**

En (Makransky, 2019) y (Schroeder et al., 2017) se comparte la noción de que es importante el cómo los dispositivos inmersivos de un sistema de capacitación o entrenamiento son implementados y la relación que tienen con la actividad realizada. Movimientos toscos o poco representativos de la tarea pueden ser la causa de resultados opuestos a los esperados en el uso de la Realidad Virtual (RV). Los métodos apropiados dependen del propósito de la capacitación.

#### **4.1. Modelo de desarrollo.**

Se presenta el modelo de la figura 3 denominado Diseñar A para obtener B basándose en C. En éste, el AVAI (elemento *A*) está diseñado para aprovechar las características de los dispositivos de interacción y sus capacidades, alineando las actividades a los objetivos didácticos de la capacitación y estableciendo una relación natural entre las tecnologías y las opciones de interacción dentro del ambiente. El proceso de diseño de las tareas y la selección de elementos interactivos del AVAI considera las características del usuario, elemento *C*, para proporcionarle una experiencia donde los obstáculos se perciban como parte del proceso de aprendizaje y no como factores de frustración, con el propósito de mantenerlo comprometido e involucrado con la tarea. Finalmente, el elemento *B* tiene dos componentes: transitorios y objetivos. Los primeros son las evaluaciones que pretendan medir la usabilidad, motivación, presencia, confort, facilidad de aprendizaje, satisfacción, entre otros, con el propósito de obtener una retroalimentación sobre el diseño y uso del AVAI. Los segundos, son las evaluaciones para medir cambios en el aprendizaje, retención, aprendizaje percibido, autoeficacia, es decir lo referente con la internalización de los contenidos por el usuario.

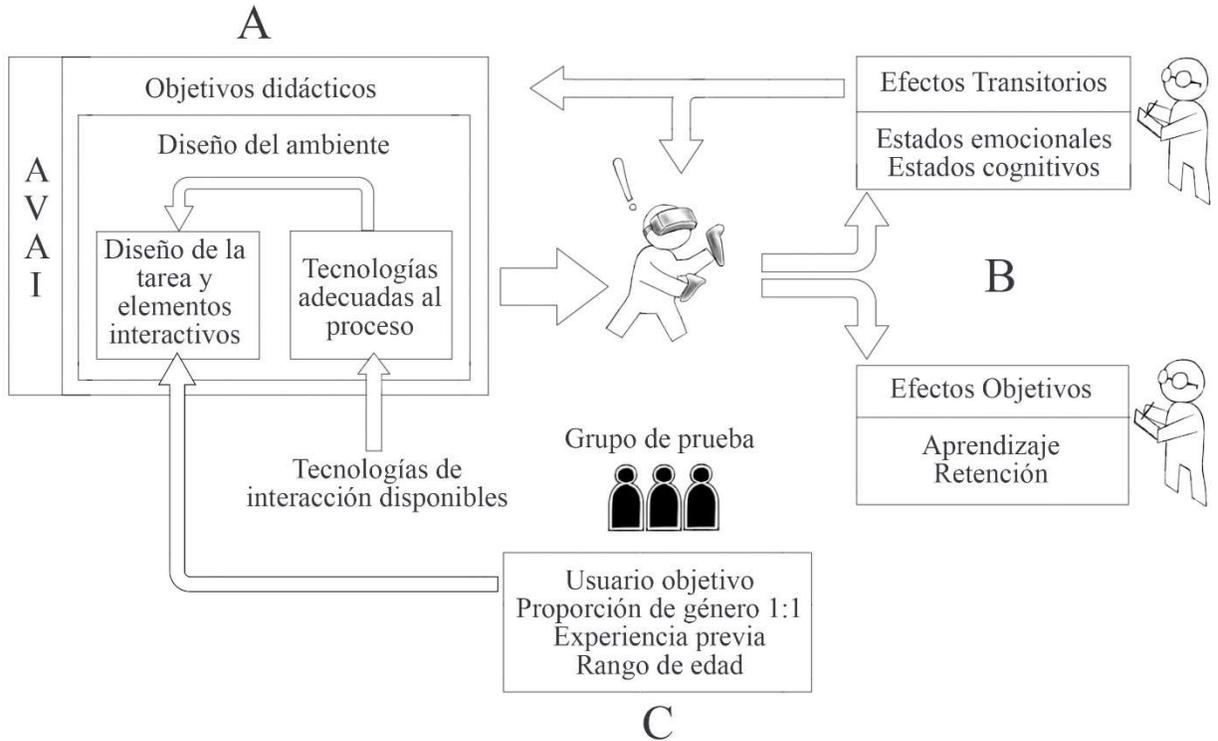


Figura 3. Modelo de desarrollo y evaluación de herramientas de RV: Diseñar A para obtener B basándose en C.

Derivado de la revisión de la literatura y de los trabajos relacionados, se resume el modelo propuesto en esta tesis, en (Chirico et al., 2018) determinaron que un ambiente de RV no solo puede inducir una emoción, sino que puede ser diseñado específicamente para lograr esa inducción, (D’Mello y Graesser, 2012) describen cuáles emociones y estados cognitivos son los adecuados para el aprendizaje, luego (Makransky y Lilleholt, 2018) determinan que la inmediatez de control y la usabilidad son un factor importante en el diseño de un AVAI; ambas asociadas en buena parte a las tecnologías de interacción: la primera, respecto a la relación que tienen con las opciones de interacción que el ambiente ofrece; la segunda, en la medida que favorezcan un uso natural de las mismas y no sean un obstáculo o distractor, (Cummings y Bailenson, 2015) en su meta-análisis, señalan la importancia de la calidad de rastreo y el impacto que tiene sobre la presencia. Esto contribuye a que el uso del AVAI sea disfrutable y motivante. Finalmente, las

conclusiones de (Olmos-Raya et al, 2018) señalan que inducir emociones positivas en los usuarios mejora su aprendizaje. No necesariamente aludiendo a actividades hedónicas sino a una experiencia fluida, sin obstáculos y con valor perceptible, (Sun et al., 2015) aborda, en parte, esta aproximación usando la teoría de enfoque regulatorio (RFT por sus siglas en inglés) de búsqueda de objetivos.

En el proceso de diseñar de forma adecuada un AVAI siguiendo los objetivos didácticos y los efectos buscados, es preferible un AVAI que muestre situaciones "creíbles" en lugar de "realistas" con el propósito de aislar los elementos principales e importantes asociados a dichos objetivos (Michela et al., 2019; Shapiro y McDonald, 1992). Esta aproximación llamada *Systematic Representative Design* es abordada por (Michela et al., 2019) proponiéndola además como una herramienta importante cuando el objetivo de la investigación persigue algún elemento de naturaleza psicológica (en este caso emociones) o de comportamiento. La estrategia, en palabras de Michela, aun presenta desafíos. Sin embargo, se ha implementado en lo coincidente y lo respectivo al contenido didáctico de este proyecto durante la fase de diseño del AVAI ASI.

Es importante entonces tomar como punto de partida el objetivo didáctico de la actividad que pretenda representarse, apoyarse o sustituirse por medios virtuales y tal como menciona también (Baños et al., 2004) incluir solo los elementos relevantes para el proceso estudiado. Posteriormente procurar que el uso de los dispositivos de RV estén alineados al mismo objetivo y por tanto los resultados medidos correspondan a lo buscado con la actividad. Esta correspondencia entre objetivos didácticos, la forma de uso de los dispositivos y los resultados estudiados han sido el eje central del presente trabajo. (Mayer y Clark, 2016) llaman “aproximación centrada en el aprendiz” cuando los dispositivos utilizados se vuelven facilitadores de experiencias de interacción en lugar del foco de atención del AVAI.

## 4.2. Objetivos didácticos.

Respecto al AVAI ASI, y siguiendo a (Wurtele, 2009, como se citó en Tutty et al., 2020) Los conceptos esenciales a ser cubiertos por un programa preventivo de ASI siguen las tres áreas de:

1. Ayudar a los niños a reconocer situaciones de potencial abuso o a potenciales abusadores.
2. Enseñar a los niños a resistirse, decir "no" y removerse a sí mismos de la situación o del posible perpetrador.
3. Alentar a los niños a reportar abusos previos o actuales a una figura de confianza y autoridad.

Estos puntos se enfatizan y sintetizan como "Las tres R": Reconocer, Resistirse, Reportar. Siendo la base del AVAI el contenido y objetivos didácticos, la tarea de seleccionar dicha información y diseñar el contenido se dejó en manos de expertos del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) dirigidos por la Dra. Leonor Rivera Rivera. La intervención de expertos en el tópico a representarse en el AVAI es importante (Alizadehsalehi et al., 2019). El eje del proyecto es entonces que el niño/niña aprenda a identificar situaciones de riesgo y actitudes sospechosas de otras personas que pudieran llevarlos a poner en peligro su integridad física y mental. El grupo de expertos del INSP proporcionaron un guion que describe las situaciones que se mostrarían al usuario junto con la información a transmitir mediante los diálogos de los personajes. De este guion se seleccionaron dos escenas para representarse en el ambiente virtual. Posteriormente, usando el guion como referencias, se creó un *story board*, una guía visual y descriptiva de las escenas del AVAI: los ángulos de cámara esperados, ubicación de los personajes en el escenario y con respecto a la cámara, así como la descripción de sus movimientos para cada dialogo (figura 4).

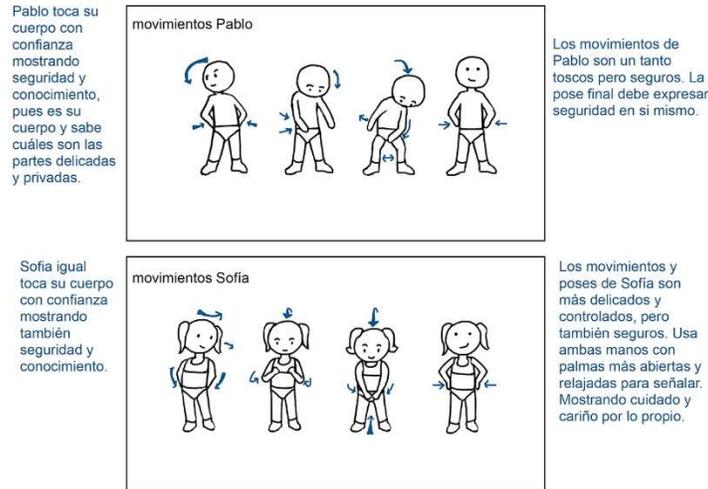


Figura 4. Extracto del story board del AVAI ASI. Se muestran las descripciones de los movimientos de Pablo y Sofia durante la escena 1, así como sus poses clave.

En relación con la forma en que dichos contenidos son mostrados se aplicaron las recomendaciones propuestas por el INSP y se usó como guía la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia (CTML por sus siglas en inglés) de Richard Mayer (Mayer y Clark, 2016). Esta última busca que los diferentes canales de atención del usuario (i.e. vista y oído) no sean saturados con información extra que no esté relacionada con los objetivos. Ejemplos de esto, son la decisión de no usar en el AVAI estilos arquitectónicos muy específicos, no decorar o detallar en exceso las habitaciones (figura 5), ni utilizar música de fondo.



*Figura 5.* Escenario del AVAI con estilo neutro. Los elementos decorativos han sido omitidos, los muebles se muestran simplificados y con colores neutros. Los cuadros no contienen imágenes específicas.

### **4.3. Perspectiva visual**

En un ambiente virtual, uno de los factores que modulan la percepción de lo realista es la perspectiva desde la que se experimenta. Una vista en primera persona (1PP) induce reacciones psicológicas y subjetivas a los estímulos presentados que son reminiscentes de situaciones de la vida real, mientras que en una vista en tercera persona (3PP) el efecto es menor (Slater et al., 2010).

Este factor es medular del diseño del AVAI ASI. El prototipo de la (figura 6) muestra como el usuario es colocado contextualmente en el escenario y escucha la información de parte de un avatar (figura 6.a) y un personaje mediador (figura 6.b) se encarga de llevar a cabo las acciones que el usuario decida (figura 6.c).

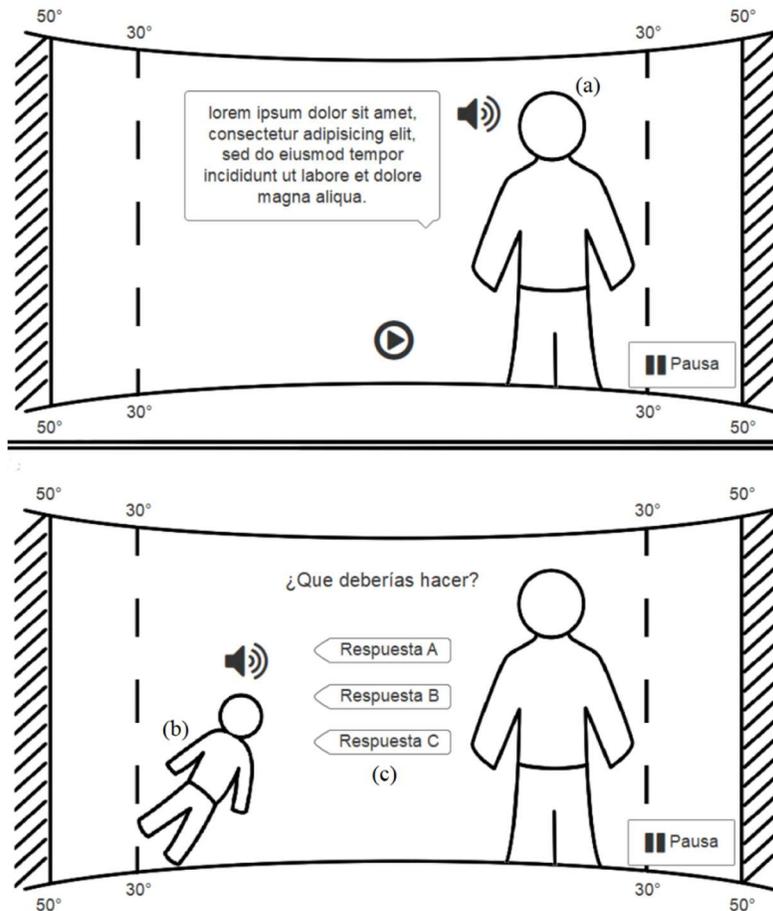


Figura 6. Prototipo del AVAI del proyecto ASI.

Si bien la experiencia del entorno es en 1PP dadas las características propias de los dispositivos HMD, el AVAI coloca al usuario como un observador y no como el receptor de las acciones de los otros personajes, obteniendo así una experiencia 3PP de los eventos que se desarrollan en el AVAI.

(Gorisse et al., 2017) enfocan la 1PP y 3PP bajo una dirección de proyección del individuo en el mundo virtual, es decir, donde el personaje mostrado y/o controlado es descrito como la versión virtual del propio participante. En este trabajo la aproximación difiere pues los personajes mediadores se presentan claramente como individuos independientes al participante (figura 7), reforzando así su rol de observador aún bajo la condición inmersiva y vista 1PP propias del dispositivo de RV. El mismo trabajo señala que una vista 1PP favorece la encarnación de cuerpos

virtuales y la precisión en el desempeño de ciertas tareas. Respalda así la decisión de utilizar la vista 3PP de los eventos como recurso para disminuir los efectos no deseados que pudiesen surgir de las interacciones con el acosador u otros personajes.



Figura 7. Vista en 3PP de los eventos mostrados en el AVAI ASI. Aunque el usuario percibe la escena en 1PP debido a las características inherentes de los dispositivos de RV, su rol es el de un observador y no de un participante directo u objeto de las interacciones con el acosador.

#### 4.4. Estilo gráfico

El proyecto ASI usa un diseño de estilo caricatura, presentando a dos personajes ficticios: Pablo y Sofía (figura 8). (Claxton y Ponto, 2013) estudiaron la relación que existe entre personajes ficticios, información proporcionada por ellos y la credibilidad sobre esta información para niños de 5, 7 y 9 años. De acuerdo con sus resultados, los niños de 5 años reciben la información con la misma credibilidad de un personaje ficticio que de una persona real. Para la edad de 7 años, comienza un proceso de transición donde la credibilidad depende del contenido de la información y si ésta tiene impacto en la realidad o solo en el espacio ficticio del personaje (e.g. programas de

televisión que piden ayuda al espectador para encontrar algo dentro del universo del personaje), priorizando a la persona real en el primer escenario.



Figura 8. Personajes mediadores en estilo caricatura como se muestran en el AVAI ASI.

El efecto continúa a los 9 años priorizando cada vez más la información provista por una persona real, pero dejando abierta la posibilidad de interacción con personajes ficticios si la situación se muestra interesante y divertida. (Won et al., 2017) concuerdan en que debido a que los niños pequeños son más propensos a considerar lo ficticio como real, es importante asegurar que los contenidos sean los adecuados.

La adquisición de memorias falsas es más probable y duradera en niños de primaria con avatares similares a ellos (Segovia y Bailenson, 2009) por tanto, el estilo caricaturizado ayuda a reducir estos efectos.

Por otro lado, Calvert et al 2007 (como se citó en Claxton y Ponto, 2013) encontró que los niños aprenden más de programas interactivos y Richert, Roob y Smith 2011 (como se citó en Claxton y Ponto, 2013) determinaron que una sensación de interacción social es benéfica para el aprendizaje en menores. Es decir, interactuar con otros personajes o tener la sensación de que estos existen e interactúan con uno.

#### 4.5. Versiones y diseño de las interacciones

Siguiendo el objetivo de contrastar los efectos que las tecnologías de IHC tienen en la experiencia del usuario se formularon las siguientes versiones de la aplicación:

- a) Versión no inmersiva o de control. Posee las características típicas de una aplicación de escritorio. La interacción con la misma se realiza por medio de un ratón de computadora.
- b) Versión inmersiva. comparte el contenido y secuencia de la versión no inmersiva. Adecua la interacción para los controles hápticos que permiten la manipulación de objetos virtuales y además proveen retroalimentación táctil por medio de vibración.

El prototipo presenta dos momentos de interacción. El primero, tiene propósitos ligeramente hedónicos, pero arroja información relevante para el INSP. Además, es la interacción que permite la adecuación de las IHC inmersivas con mayor impacto. La segunda interacción implica presionar un botón de la interfaz de usuario. Los detalles sobre cómo se desarrolla cada momento de interacción para cada versión de la aplicación se muestran en la tabla 3.

Tabla 3 *Detalles sobre los mecanismos de interacción para cada versión del AVAI.*

Versión	Interacción 1	Interacción 2
No inmersiva	Selección de un botón con ratón de computadora	Selección de un botón con ratón de computadora
Inmersiva	Manipulación de objetos virtuales y su colocación en un espacio específico.	Presionar un botón virtual tridimensional.

Ya que en ambas versiones la secuencia del contenido es la misma y los momentos de interacción son también los mismos solo fue necesario adaptar éstos últimos a los dispositivos inmersivos como muestra la figura 9. En la versión inmersiva, los diferentes eventos del sistema no se

muestran en pantalla (*screen space*) mediante una interfaz con botones 2D. En su lugar, se colocaron objetos 3D con forma de botón en el espacio tridimensional (*world space*) del entorno.

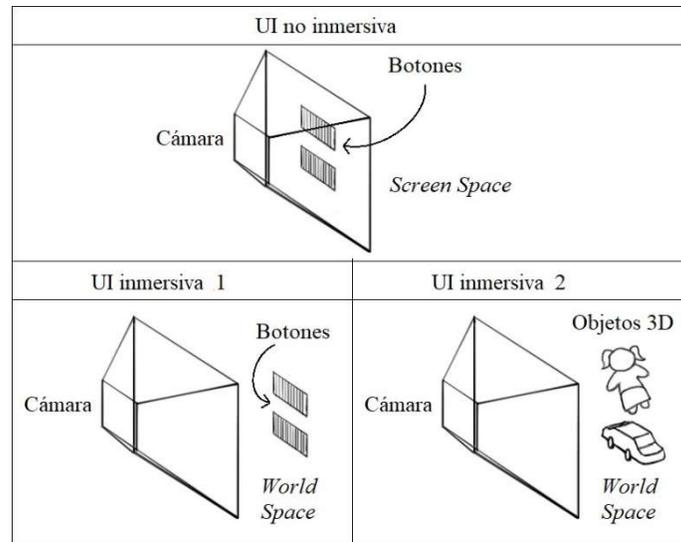


Figura 9. Adaptación de las interacciones. Una interfaz en un entorno no inmersivo usa el espacio de pantalla o *screen space*, mientras que un inmersivo usa el espacio tridimensional o *world space* del entorno virtual. La cámara representa el punto de vista del usuario.

Para la interacción 1 (tabla 3) se desarrolló un mecanismo de selección basado en la sujeción de objetos y depositarlos en un espacio designado como “área de confirmación de selección” (figura 10). Esto permite a los usuarios sujetar cualquiera de los objetos disponibles y explorarlo sin que signifique inmediatamente que esa es su elección definitiva. Al tomar un objeto una silueta indica el lugar al que pertenece y mientras esté en cercanía, el objeto regresa a su lugar automáticamente si es soltado. En caso de soltar el objeto lejos de su lugar original, una plataforma invisible impide que el objeto llegue al suelo, permitiendo su recuperación de forma sencilla y sin necesidad de que el usuario tenga que agacharse y moverse.

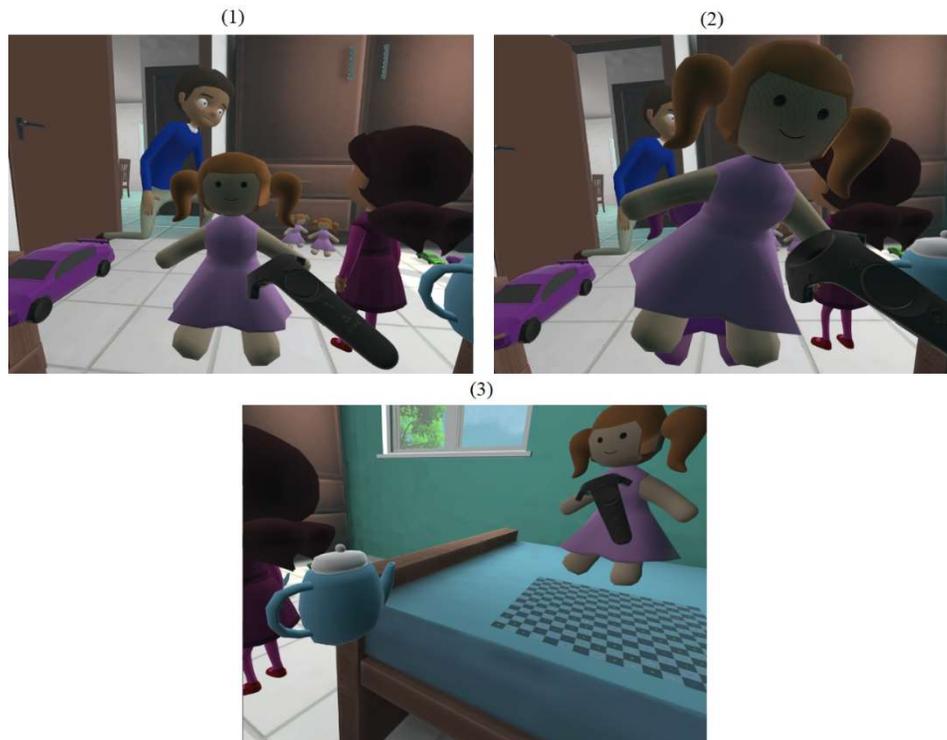


Figura 10. Mecanismo de selección de objeto en la versión inmersiva. (1) Las opciones se presentan en forma de objetos 3D. (2) El usuario toma el objeto deseado y (3) confirma su selección depositándolo en un área designada para ello.

Ambas versiones se desarrollaron en la plataforma de desarrollo 3D en tiempo real Unity y utilizando la librería VRTK para la versión inmersiva. El equipo inmersivo *HTC vive* se usó como dispositivo de prueba para esta última.

# **CAPÍTULO 5.**

## **Pruebas**

En este capítulo, se describen las características generales de los participantes, los instrumentos seleccionados, las variables utilizadas y los protocolos seguidos en cada modalidad.

El universo de estudio son niñas y niños con edad comprendida entre 6 y 12 años de nacionalidad mexicana; la población investigada se centró en los voluntarios del estado de Morelos, buscando una proporción en sexos de 1:1. La muestra consiste en alumnos de la escuela primaria “15 de septiembre de 1810”, voluntarios de la ciudad de Cuernavaca y voluntarios de la colonia Rancho alegre del poblado de Ahuatepec. Los participantes se dividieron en dos grupos modales: inmersivo y no inmersivo. Cada grupo contó con un protocolo de intervención que siguió las recomendaciones y restricciones para la prevención de contagios de covid-19 determinadas por la Secretaría de Salud. Las pruebas se llevaron a cabo entre marzo y julio del 2021 por el grupo conformado por el Tecnológico Nacional de México campus Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (TecNM/CENIDET) y el INSP.

### **5.1. Instrumentos utilizados y sus adecuaciones.**

Los instrumentos de evaluación seleccionados para las fases pre y post intervención fueron recreados en versiones digitales para facilitar su uso de manera remota mediante dos formularios de Google: uno con los instrumentos pre-intervención y otro con los instrumentos post-intervención. Las preguntas de identificación del participante, presentes en ambos formularios, permitió la correspondencia entre las respuestas pre y post intervención durante el tratamiento de los datos. Se utilizaron los instrumentos en el orden en que se presentan a continuación:

1. Cuestionario demográfico básico ad-hoc. Recolecta información sobre nombre, edad, sexo y modalidad de la prueba que realiza. Funge además como medio de consentimiento informado.

2. Escala de Afecto Positivo y Negativo (PANAS) (Watson et al.,1988). Registra cómo el participante ha percibido las emociones y sentimientos presente en el instrumento en un periodo de tiempo específico y definido en este trabajo como “las últimas semanas”. El Afecto Positivo refleja que tanto una persona se siente entusiasta, activa y alerta. Niveles altos significan estados de mucha energía, concentración y placer mientras que niveles bajos son característicos de tristeza y letargo. El afecto Positivo es una dimensión general de angustia y desagrado, asociado a estados de ánimo adversos como el enojo, disgusto, culpa, nerviosismo y miedo. Niveles bajos significan un estado de calma y serenidad. Así, el instrumento no mide dimensiones opuestas sino más bien ortogonales que pueden asociarse al tipo de personalidad dominante o incluso asociarse a estados de depresión y ansiedad. Este instrumento se aplicó en la etapa pre-intervención y también en la etapa post-intervención para buscar cambios en la percepción de dichos sentimientos y emociones. Cuenta con 10 ítems y no sufrió alteraciones o cambios.
3. Cuestionario de Depresión Infantil y Adolescente (CDI) (Kovacs, 1985). Este instrumento evalúa la sintomatología depresiva en la población infantil y adolescente. Consta de 27 ítems que se responden en una escala de 3 puntos: 0 = ausencia del síntoma, 1= síntoma moderado y 2 = síntoma severo. La escala mide un estado más que un rasgo en 5 subescalas: humor negativo, problemas interpersonales, ineficacia, anhedonia y autoestima negativa. De acuerdo con la suma de las respuestas se asigna una de tres categorías: sin depresión, signos de problemas psicológicos y signos de depresión. El punto de corte para la clasificación puede variar de acuerdo con los objetivos del estudio. Este trabajo utiliza 12 y 19 puntos para las categorías 2 y 3 respectivamente. Debido a la complejidad que representa realizar un diagnóstico y que éste debe ser realizado por personal capacitado y

especializado, los resultados del CDI funcionan como un pre-diagnostico o indicio de posible depresión. Este instrumento se usó en su versión en español y se regionalizaron algunas palabras (e.g. “tareas” en lugar de “deberes”) con el fin de hacer las preguntas más fáciles de entender.

4. Self-Assessment Manikin (SAM) (Bradley y Lang, 1994). Pretende medir en tres dimensiones la emoción presente en un participante al terminar la intervención con el AVAI. La dimensión Emoción originalmente llamada Valencia, señala si lo percibido por el usuario es placentero (i.e. valencia positiva) o no (i.e. valencia negativa). La segunda dimensión, Intensidad y originalmente llamada Excitación, busca determinar la magnitud con la que la primera dimensión está siendo percibida, ya sea poco perceptible o eufórica. La tercera dimensión, Dominio, busca evaluar el control que se tiene sobre las primeras dos dimensiones y que puede traducirse a que tanto se expresan externamente (i.e. expresiones faciales y corporales). Este instrumento se adaptó usando emoticonos (i.e. *emojis*), con la intención de hacer más sencilla su interpretación por parte del grupo etario objetivo. Adicionalmente se renombraron las dimensiones cómo se describió anteriormente por ser consideradas de mayor claridad para los niños (Figura 11). Este instrumento se piloteó con los cambios mencionados en la etapa post intervención.

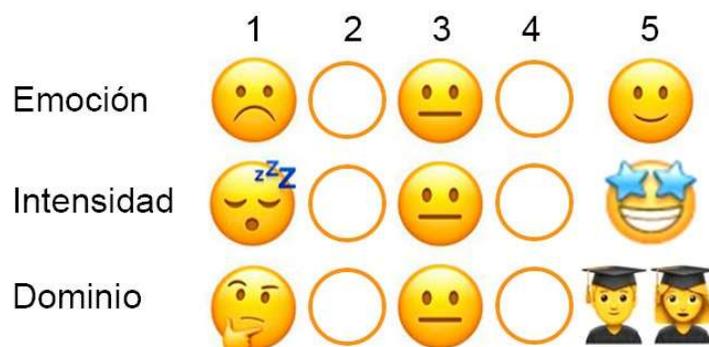


Figura 11. Adaptación del SAM con emoticonos. Los niveles 2 y 4 dejan abierta, al usuario, la interpretación a los estados intermedios de los emoticonos mostrados (e.g. Emoción 4 = cara medio sonriente).

5. Inventario de Motivación Intrínseca (IMI) (Ryan y Deci, 2000). Es un instrumento multidimensional de medición de la experiencia subjetiva asociada a la realización de una actividad objetivo. El instrumento evalúa en el participante su interés o disfrute, competencia percibida, esfuerzo, valor o utilidad encontrada en la actividad, presión y tensión percibida durante su realización y su elección percibida (i.e. voluntad real de participar). Propiamente dicho, solo el primer apartado se relaciona directamente con la motivación intrínseca mientras que los otros apartados sirven como predictores y moduladores de la misma. Se hicieron adecuaciones siguiendo los lineamientos del propio instrumento para incluir frases y palabras asociadas al uso del AVAI.
6. Inventario de Sensación de Presencia (SOPI) (Lessiter et al., 2001). Este instrumento mide mediante una escala Likert, qué tan real fue para el participante la experiencia con el AVAI desde las perspectivas del sentido del espacio físico, compromiso con el entorno, validez ecológica de los eventos mostrados, y los efectos físicos negativos experimentados durante el uso del AVAI (e.g. mareos, visión borrosa). Niveles altos, sin considerar los efectos negativos, apuntan a una sustitución plausible de la realidad y la aceptación de entorno virtual como nuevo medio de desenvolvimiento. Por su parte, niveles altos de efectos negativos pueden relacionarse a los dispositivos y medios utilizados para mostrar el AVAI (i.e. IHC), así como a los aspectos técnicos aplicados en el desarrollo del entorno, por ejemplo, los movimientos de cámara, el mecanismo de desplazamiento, color e intensidad de las luces en el entorno virtual y otros elementos de diseño. En este instrumento se reemplazaron o completaron frases para incluir palabras y elementos que hicieran referencia al uso del AVAI ASI.

## 5.2. Variables definidas.

Con base en los instrumentos anteriores y los efectos buscados, se definieron las siguientes variables:

1. Edad: La edad del participante.
2. Inmersivo: Indica la modalidad del AVAI que se aplicó al voluntario.
3. Alegre.x: Valor del ítem “alegre” del PANAS pre intervención.
4. Animado.x: Valor del ítem “animado” del PANAS pre intervención.
5. Enfadado.x: Valor del ítem “enfadado” del PANAS pre intervención.
6. Feliz.x: Valor del ítem “feliz” del PANAS pre intervención.
7. Temeroso.x: Valor del ítem “temeroso” del PANAS pre intervención.
8. Contento.x: Valor del ítem “contento” del PANAS pre intervención.
9. Asustado.x: Valor del ítem “asustado” del PANAS pre intervención.
10. Orgullososo.x: Valor del ítem “orgullososo” del PANAS pre intervención.
11. Triste.x: Valor del ítem “triste” del PANAS pre intervención.
12. CDI\_R: El valor final clasificatorio del CDI.
13. Alegre.y: Valor del ítem “alegre” del PANAS post intervención.
14. Animado.y: Valor del ítem “animado” del PANAS post intervención.
15. Enfadado.y: Valor del ítem “enfadado” del PANAS post intervención.
16. Feliz.y: Valor del ítem “feliz” del PANAS post intervención.
17. Temeroso.y: Valor del ítem “temeroso” del PANAS post intervención.
18. Contento.y: Valor del ítem “contento” del PANAS post intervención.
19. Asustado.y: Valor del ítem “asustado” del PANAS post intervención.
20. Orgullososo.y: Valor del ítem “orgullososo” del PANAS post intervención.

21. Triste.y: Valor del ítem “triste” del PANAS post intervención.
22. Emoción: Valor de la dimensión “emoción” del SAM.
23. Intensidad: Valor de la dimensión “intensidad” del SAM.
24. Dominio: Valor de la dimensión “dominio” del SAM.
25. IMI\_Interés: La media de los reactivos del apartado “interés” del IMI.
26. IMI\_Comp: La media de los reactivos del apartado “competencia percibida” del IMI.
27. IMI\_Esfuerzo: La media de los reactivos del apartado “esfuerzo/importancia” del IMI.
28. IMI\_Presion: La media de los reactivos del apartado “presión/tensión” del IMI.
29. IMI\_Eleccion: La media de los reactivos del apartado “elección percibida” del IMI.
30. IMI\_Valor: La media de los reactivos del apartado “valor/utilidad” del IMI.
31. SOPI\_D: La media de los reactivos del apartado “después de la experiencia” del SOPI.
32. SOPI\_SentidoEF: La media de los reactivos del apartado “sentido del espacio físico” del SOPI.
33. SOPI\_Comp: La media de los reactivos del apartado “compromiso” del SOPI.
34. SOPI\_ValidezE: La media de los reactivos del apartado “validez ecológica” del SOPI.
35. SOPI\_EfectosN: La media de los reactivos del apartado “efectos negativos” del SOPI.
36. SOPI\_T: La suma del valor de todos los reactivos del SOPI.
37. *Variable\_Dif*: Variable auxiliar con la diferencia entre un ítem pre y post.
38. *Variable\_MasD*: Variable auxiliar dicotomizada para identificar cuando el cambio de un ítem pre y post fue al alza.
39. *Variable\_MenosD*: Variable auxiliar dicotomizada para identificar cuando el cambio de un ítem pre y post fue a la baja.

40. *Variable\_Cambios*: Variable auxiliar dicotomizada para identificar cuando hubo cualquier tipo de cambio, o identificar los casos donde los cambios están por encima o por debajo de la media de los cambios según fue requerido.

Algunas de estas variables son referenciadas con su nombre a lo largo del capítulo 6 del presente trabajo.

### **5.3. Pruebas.**

Debido a las restricciones derivadas de la pandemia de COVID-19 se ajustó el procedimiento para las pruebas. Las pruebas presenciales no fueron posibles en un inicio porque promovían la movilidad de los participantes y el uso compartido de dispositivos que, estando en contacto directo con el sujeto de prueba, se vuelven un canal posible de contagio. Las pruebas inmersivas, que por su naturaleza requieren ser presenciales, tuvieron que esperar condiciones más favorables de acuerdo con los lineamientos de Salud Pública.

#### **5.3.1. Modalidad No Inmersiva.**

La modalidad No Inmersiva se llevó a cabo de manera remota y con recursos compartidos en línea (figura 12) Con apoyo del INSP se logró contactar a tres escuelas primaria: Escuela primaria federal matutina “15 de septiembre de 1810”, Escuela primaria federal vespertina “México”, ambas en Morelos; y la Escuela primaria matutina “Emiliano Zapata” ubicada en San Luis Potosí. En coordinación con sus directores, se solicitó la participación de sus grupos de 1º y 3º de primaria. Se realizaron videoconferencias con los padres de familia, maestros de grupo y directores para explicar los objetivos del proyecto, así como el procedimiento general. Solo las instituciones de Morelos participaron.

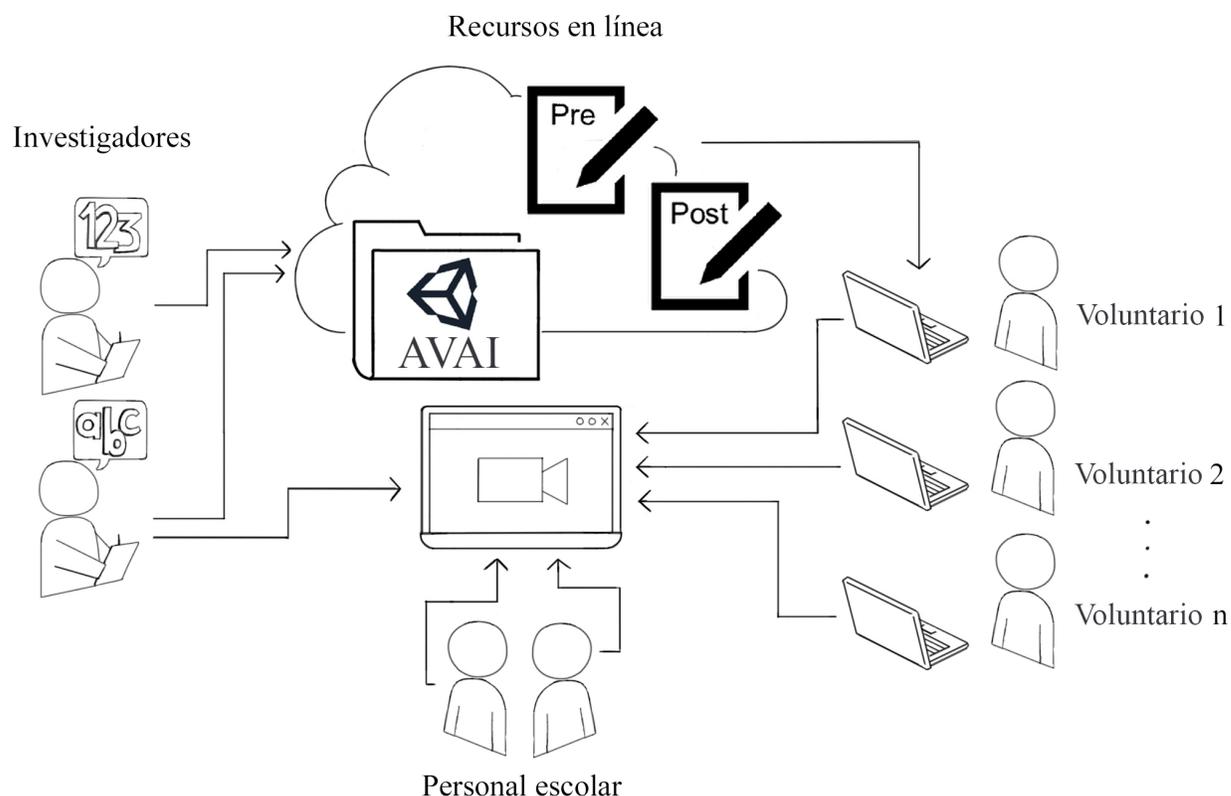


Figura 12. Protocolo para las pruebas no inmersivas.

El procedimiento consistió en los siguientes pasos:

1. Dentro de un grupo de Whatsapp se provee un manual ilustrado con los pasos necesarios para realizar la descarga de la aplicación ASI.
2. Se proporciona el enlace de descarga de la aplicación no-inmersiva, referenciado en el manual de descarga. Se instruye que no debe ejecutarse el programa antes del momento de la prueba.
3. Durante la prueba se comienza por informar sobre las características del estudio y se proporciona un vínculo al primer formulario donde deben indicar que dan su consentimiento (i.e. consentimiento informado).

4. Tras recolectar información demográfica básica el formulario avanza a los instrumentos pre-intervención que deben contestar.
5. Se instruye en la ejecución del AVAI ASI para proceder con el uso del entorno virtual el cual han de usar hasta completar las interacciones de éste.
6. Se proporciona el vínculo al formulario con los instrumentos post-intervención.
7. Se pide retroalimentación general voluntaria adicional y se da por finalizada la prueba.

Las pruebas tuvieron una duración de entre 80 a 150 min dependiendo de los contratiempos técnicos, dudas sobre el contenido de los instrumentos y la velocidad general de los participantes para contestarlos. Se permitió el apoyo de los padres, pero se enfatizó que las respuestas debían provenir de los niños. En todo momento se mantuvieron las cámaras encendidas. Estuvieron presentes el director de la escuela y el maestro de grupo. La muestra no inmersiva contó finalmente con 13 participantes (hombres=8, mujeres=5).

### **5.3.2. Modalidad Inmersiva**

Con apoyo de la Dra. Leonor y del INSP, se organizaron dos sesiones con 10 voluntarios cada una. Dadas las características presenciales de la prueba Inmersiva y las restricciones del COVID-19 se siguieron las recomendaciones básicas para disminuir los riesgos de contagio: un participante a la vez, sana distancia, uso de cubre bocas, uso de mascarilla o lentes, limpieza de los equipos entre cada intervención.

El procedimiento para las pruebas quedó como lo muestra la figura 13. Los instrumentos fueron contestados con ayuda de una tableta y/o celulares según el caso, y con apoyo del personal del INSP.

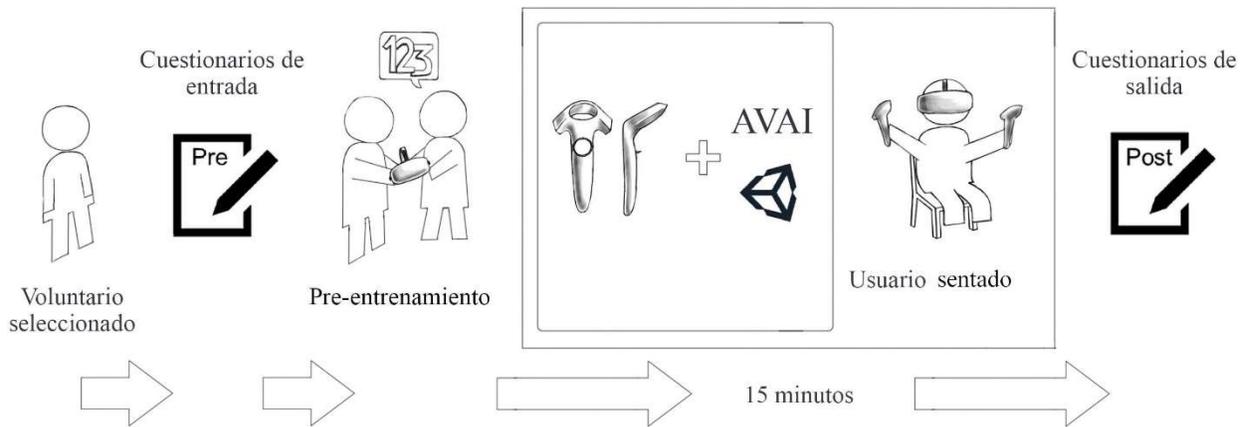


Figura 13. Procedimiento para las pruebas inmersivas.

Las pruebas tuvieron una duración de entre 30 a 50 min. Los padres no estuvieron presentes durante las pruebas (con excepción de un participante). Durante la prueba se dio apoyo a los participantes sobre cualquier duda con los instrumentos, palabras desconocidas o con el uso de los dispositivos. La muestra Inmersiva finalmente contó con 16 participantes con una proporción final de 50% hombres y 50% mujeres lo cual es ideal.

# **CAPÍTULO 6.**

## **Resultados**

## **6.1 Tratamiento de los datos.**

Las respuestas en la base de datos se registran originalmente acompañadas de la palabra que describe el nivel Likert seleccionado (e.g. “0 nada”, “5 mucho”) esto dificulta los cálculos de los datos por lo que se modificaron para eliminar la parte descriptiva y dejar solo la parte numérica. Similarmente, tanto las respuestas del Cuestionario de Depresión Infantil y Adolescente (CDI) como los nombres de las variables se registran con el texto completo del reactivo (i.e. la redacción que ve el participante). En algunos casos contienen palabras con acentos o los textos son muy largos para ser nombres de variable, por lo que se cambiaron por nombres más cortos y sin acentos. Se agregó una variable “*ID*” y se aseguró que el orden de los participantes fuera el mismo en ambas bases de datos (i.e. pre y post).

Probablemente debido a fallas de la tableta, celular o la conexión a internet, algunas respuestas no se registraban correctamente. Se tomó nota de estos casos y posteriormente se modificó directamente la base de datos con la respuesta deseada por el participante.

Con la base de datos estandarizada y usando las herramientas de Google Colaboratory, se realizó primero la interpretación de resultados de los instrumentos CDI, SOPI e IMI para incorporarlos en la base datos como nuevas variables. La exploración posterior de los datos buscó correlaciones intra-instrumentos y entre instrumentos, cambios en la percepción emocional y anímica, y las diferencias entre las versiones Inmersiva y No Inmersiva.

## **6.2 Análisis de la edad.**

La figura 14 ilustra la distribución de las edades en cada grupo modal. Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk con valor  $\alpha=0.05$ . La hipótesis nula de esta prueba es que los datos siguen una distribución normal. (Fórmula 1)

$$W = \frac{\left( \sum_{i=1}^n a_i x_{(i)} \right)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

Donde:

- $X_{(i)}$  es el número que ocupa la  $i$ -ésima posición en la muestra (ordenadas de mayor a menor).
- $\bar{x}$  es la media muestral
- $a_i$  es el cuantil esperado de  $X_i$

La hipótesis nula es rechazada si  $W < W_{\alpha n}$  donde  $W_{\alpha n}$  es el valor de la estadística de Shapiro-Wilk al nivel de significancia  $\alpha$ . Si el valor escogido de  $\alpha$  es de 0.05 y el valor  $p$  es menor a 0.05, entonces la hipótesis nula de que los datos están normalmente distribuidos es rechazada.

Los resultados para el grupo No Inmersivo, aplicando la fórmula 1, son  $W=0.9065$   $p=0.1642$  y para el grupo Inmersivo  $W=0.89959$   $p=0.07916$ , ambos con  $p > 0.05$  por lo que se consideran de distribución normal.

En las siguientes gráficas puede observarse que en la prueba No Inmersiva predominan los 8 y 9 años con rango de 6 a 10; mientras que en la prueba Inmersiva sobresalen los niños de 8 y 11 años con el rango de 7 a 12 años. La media de edad de los voluntarios es de 8.72 años, la media del grupo Inmersivo es de 9.12 años y la media del grupo No Inmersivo es de 8.23. El grupo Inmersivo cuenta así con niños de mayor edad.

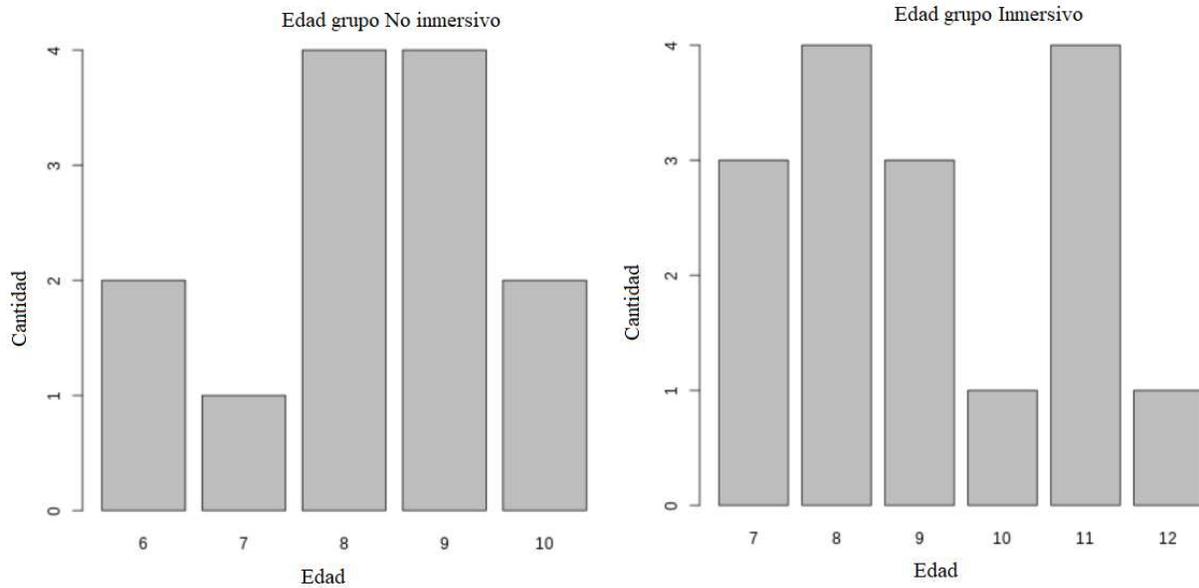


Figura 14. Distribución de edades en los grupos modales.

### 6.3 Resultados del CDI

En la figura 15 se observa la distribución general de los resultados del CDI. De los 29 participantes 21 (72.41%) reportan un resultado correspondiente a “sin depresión”; 5 (17.24%) correspondiente a “signos de problemas psicológicos” y 3 (10.34%) corresponden a “signos de depresión”. El prediagnóstico de depresión como parte del proceso de inducción emocional mediante herramientas virtuales tiene como objetivo filtrar a los participantes o para identificar un posible factor regulador de los elementos presentes durante la prueba y estudiar sus efectos o relaciones con los mismos. El uso que se le ha dado durante este estudio es del segundo tipo.

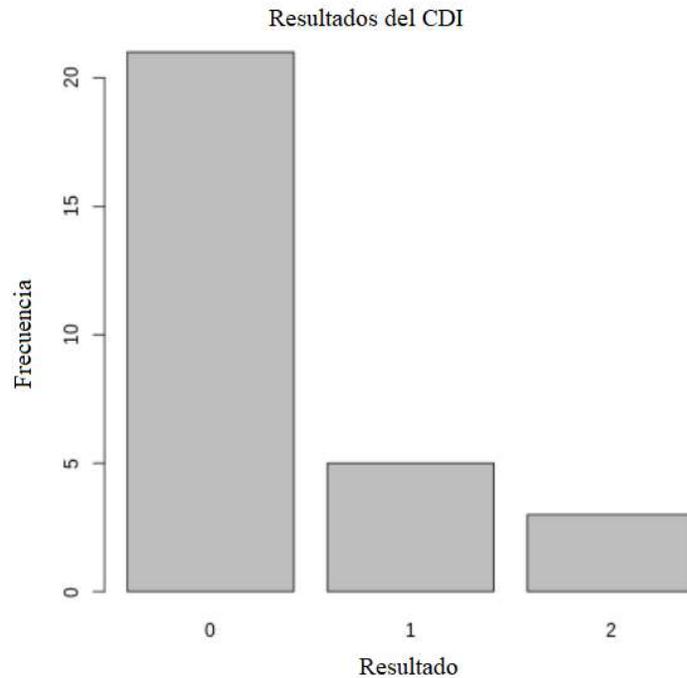


Figura 15. Distribución de los resultados del CDI en el grupo general.

La figura 16 muestra la distribución de los casos por grupo modal. Se observa que la proporción de individuos con problemas psicológicos es mayor en la modalidad No Inmersiva, con un 30.77% contra el 25% de la modalidad Inmersiva. En correspondencia, 69.23% de los individuos de la modalidad No Inmersiva tienen un resultado “sin depresión” contra un 75% de la modalidad Inmersiva.

Estas condiciones permiten observar dos puntos: uno es que los resultados mostrados abordan un escenario que observa los cambios en un grupo que incluye a los sujetos con problemas psicológicos; segundo, destacar que la cantidad de participantes con problemas psicológicos presentes en cada grupo modal, es otro elemento que pudiera homogeneizarse como parte de las variables grupales y reducir así posible ruido en los resultados.

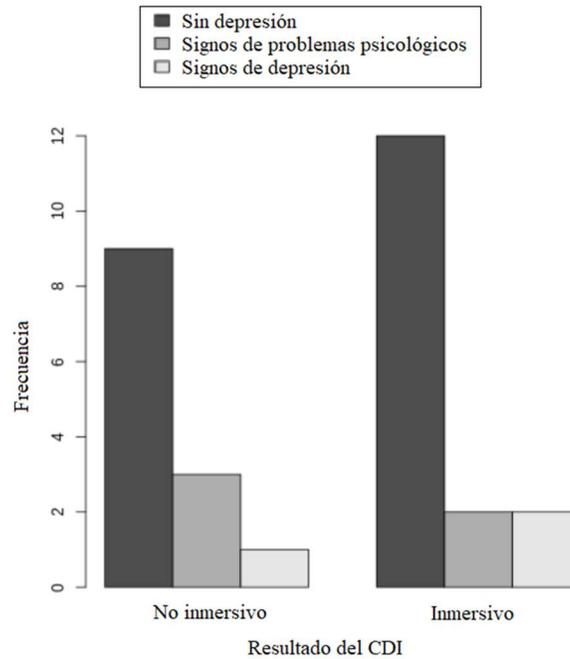


Figura 16. Distribución de los resultados del CDI de los participantes por grupo modal.

#### 6.4 Correlaciones de los instrumentos pre-intervención.

Se realizaron análisis de correlación de Pearson. Éste da una medida de dependencia lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas (fórmula 2).

$$r = \frac{\sum (x - m_x)(y - m_y)}{\sqrt{\sum (x - m_x)^2 \sum (y - m_y)^2}} \quad (2)$$

Donde:

- $r$  es el valor de correlación
- $m_x$  y  $m_y$  son las medias de las variables  $X$  y  $Y$ .

También se presenta el resultado de la prueba estadística  $t$  del análisis de correlación (formula 3), junto con los grados de libertad  $df=n-2$  y el valor  $p$  de la prueba. La hipótesis nula de la prueba estadística es:

*H0. el coeficiente de correlación no es significativamente diferente de cero, no hay una relación significativa entre las variables X y Y.*

$$t = r \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r^2}} \quad (3)$$

Donde:

- $t$  es el valor de la prueba estadística.
- $r$  es el valor de correlación
- $n$  es la cantidad de valores muestrales. En la formula,  $n-2$  corresponde con los grados de libertad ( $df$ ).

Entre las respuestas del PANAS y el resultado de CDI, la mayoría de los valores de correlación no resultaron ser muy altos, pero sí hay algunos valores que están arriba del 60% (i.e.  $r>0.6$ ). Varias correlaciones resultaron también ser significativas incluso con valores de correlación bajos (e.g. *Edad con Animado*  $r= - 0.39$   $p=0.0386$ ).

Dentro de las correlaciones con  $0.55>r>0.5$  y  $p<0.05$  que se considera importante mencionar, está *Edad con Contento* ( $t= -3.0838$ ,  $df= 27$ ,  $r= - 0.5103698$ ,  $p= 0.004674$ ) que indica que entre mayor es la edad del participante el valor de *Contento* disminuye. La relación entre *Deprimido* con *CDI\_R* ( $t= 3.3049$ ,  $df= 27$ ,  $r= 0.53$ ,  $p= 0.0027$ ) indica que percibirse como deprimido está relacionado con indicios de problemas psicológicos y depresión real. Para fines del presente estudio es un indicio de que puede agilizarse el proceso pre-intervención usando solo el PANAS. Otras correlaciones

entre elementos de valencia opuesta en el PANAS o también de la misma valencia son de cierta forma esperadas.

Para este estudio se consideran de relevancia las correlaciones con valor igual o superior a  $|0.55|$  y  $p < 0.05$ . La tabla 5 muestra las correlaciones del grupo general que cumplen con dichos criterios.

Tabla 4 *Correlaciones de relevancia de los instrumentos pre-intervención*

Elementos correlacionados	<i>t</i>	<i>Df</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Feliz – Contento	4.8371	27	0.6813	4.719e-05
Deprimido – Triste	4.8085	27	0.6791	5.096e-05
Asustado – Triste	4.0191	27	0.6118	0.0004208
Enfadado – CDI_R	3.8753	27	0.5978	0.000615
Deprimido – Enfadado	3.8678	27	0.5971	0.0006272
Alegre – CDI_R	-3.7199	27	-0.58	0.0009241

La relación *Feliz* con *Contento* no solo presenta el nivel de correlación más alto entre los reactivos, también tiene el nivel de significancia más alto. La relación entre *Triste* y *Deprimido* es esperada pues suele considerarse el segundo como una versión patológica del primero, entre otras características que han sido y siguen siendo ampliamente estudiadas. La relación entre *Asustado* y *Triste* es importante debido a la naturaleza transitiva de estar asustado. Si bien el impacto de estar ante una prueba nueva y extraña puede naturalmente generar miedo o susto, también es un indicativo de que pueden implementarse técnicas para disminuirlo antes de iniciar los cuestionarios y así obtener respuestas más cercanas a las variables tecnológicas exploradas y sus efectos en la persona.

Del mismo modo como el sentimiento de depresión se relaciona con el resultado del CDI, otra relación de especial interés es la que se presenta entre *Deprimido* y *Enfadado*, especialmente

porque existe también una relación entre *Enfadado* y *CDI\_R*. Esto puede ser un indicio de un camino relacional de *Deprimido* a *CDI\_R*.

La relación entre *Alegre* y *CDI\_R* de naturaleza negativa, funciona en conjunto con la anterior de forma que se podría interpretar de forma anticipada el resultado de un *CDI\_R* usando los valores de *Alegre*, *Deprimido* y *Enfadado* del PANAS.

Las relaciones entre *Deprimido-Enfadado* y *Enfadado-CDI\_R* resultan de interés ya que conservan cercanamente valores de correlación ( $r=0.597$ ) y de significancia ( $p=0.0006$ ) lo que los coloca como un posible camino relacional hacia el prediagnóstico de depresión y que permitirían considerar eliminar el CDI como un instrumento pre-intervención, cuando el propósito del estudio no busque explícitamente problemas psicológicos o signos de depresión.

La razón de mención sobre agilizar el proceso pre-intervención mediante la eliminación del CDI de los instrumentos es el grupo etario seleccionado para este trabajo. Lo observado por los evaluadores fue que los niños podían fastidiarse del proceso, restar atención o perder interés en contestar los instrumentos debido a la cantidad de reactivos. Al solicitar una opinión sobre su experiencia participando en el estudio, varios expresaron que la cantidad de preguntas era mucha y que les gustaría que fuera más corto. Es importante atender estas percepciones pues podría ayudar a mantener la motivación e interés del participante. Así, la eliminación del CDI agilizaría la etapa pre-intervención al pasar de 37 reactivos a solo los 10 del PANAS.

La tabla 5, muestra los resultados de la misma exploración, pero dividida por modalidad y señala cuáles de las relaciones generales se mantienen. Los datos exponen que las 6 relaciones que se presentan destacadas en el grupo general también están presentes en cada grupo modal con algunas excepciones.

Tabla 5 *Correlaciones de relevancia que se mantienen por grupo modal. Se señala con una X su presencia.*

Elementos correlacionados	No Inmersivo	Inmersivo
Feliz – Contento	X	X
Deprimido – Triste	X	X
Asustado – Triste		X
Enfadado – CDI_R	X	X
Deprimido – Enfadado	X	
Alegre – CDI_R	X	

La relación de más interés con esta información es *Enfadado-CDI\_R*, pues vincula lo reportado en el PANAS con un resultado prediagnóstico de depresión en el CDI.

### 6.5 Correlaciones entre los instrumentos pre y post intervención.

El análisis de correlación pre y post, abarca los instrumentos pre-intervención de Escala de Afecto Positivo y Negativo (PANAS), El Cuestionario de Depresión Infantil y Adolescente (CDI); y post-intervención *Self-Assessment Manikin* (SAM), PANAS, Inventario de Motivación Intrínseca (IMI) y el Inventario de Sensación de Presencia (SOPI). Igual que en el análisis anterior usando las formulas (1), (2) y (3), los instrumentos pre y post intervención presentaron muchas correlaciones con valores relativamente bajos, pero con significancia importante. De entre estas sobresalen la que se da entre *Edad* y *Emoción* ( $t= -2.24817$ ,  $df= 27$ ,  $r= - 0.3961328$   $p= 0.0339$ ) y *Edad* con *Intensidad* ( $t= -2.4829$ ,  $df= 27$ ,  $r=-0.4311395$ ,  $p= 0.01954$ ) ya que apuntan a que la edad es un factor importante por considerar.

La relación *Enfadado-SOPI\_D* ( $t= 2.5153$ ,  $df= 27$ ,  $r= 0.4357054$ ,  $p= 0.01815$ ) da indicios sobre un efecto positivo de la interacción con el AVAI. Una persona que registra sentirse *Enfadado* se

correlaciona positivamente con la disposición a continuar y extender su uso y recomendarlo a otras personas. Señal de que la experiencia le fue agradable.

La relación *Asustado-Emoción* ( $t= -2.237, df= 27, r= -0.3954239 p= 0.03374$ ) muestra cómo una condición emocional previa se traslada a la percepción del entorno virtual. Entre más asustado esté el participante, más negativa será su valencia emocional en el SAM. Del mismo modo la relación *CDI\_R y Emoción* ( $t= -2.5678, df= 27, r= -0.4430287 p= 0.01609$ ) indica que una persona con prediagnóstico de depresión reporta valencias negativas a las interacciones.

La relación entre *Emoción e Intensidad* no es muy alta ( $t= 2.588, df= 27, r=0.4458178, p= 0.01536$ ) pero parece indicar que valencias positivas se reportan con una mayor intensidad. Sin embargo, podría ser únicamente cierto para el contenido específico mostrado en el AVAI ASI y que esté induciendo emociones positivas. Diferentes tipos de AVAI con diferente contenido podrían mostrar diferentes valores de correlación entre estos dos elementos.

Igual que en el grupo general las relaciones consideradas como relevantes las que presenten  $r \geq |0.55|$  y  $p < 0.05$ . La tabla 6 muestra las relaciones que cumplen dichos criterios.

Tabla 6 *Correlaciones de relevancia de los instrumentos post intervención. Se marcan con una flecha (←) las de especial interés.*

Elementos correlacionados	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
SOPI_SentidoEF – SOPI_T	16.948	27	0.96	6.47e-16
SOPI_Comp – SOPI_T	10.362	27	0.893	6.583e-11
SOPI_Sentido_EF – SOPI_Comp	6.8084	27	0.794	2.593e-07
SOPI_Comp – SOPI_ValidezE	6.5858	27	0.785	4.591e-07
SOPI_SentidoEF – SOPI_ValidezE	5.5632	27	0.73	6.137e-06
Dominio – IMI_Presion ←	-4.6599	27	-0.667	7.897e-05
IMI_Interes – IMI_Valor	3.8221	27	0.592	0.0007073

IMI_Interes – SOPI_SentidoEF ←	3.7281	27	0.582	0.0009045
Orgullosa – IMI_Comp ←	3.6247	27	0.572	0.001184
IMI_Presion – IMI_Valor	-3.5608	27	-0.565	0.001397
Enfadado – Emocion ←	-3.4677	27	-0.555	0.001775

---

La correlación entre *SOPI\_SentidoEF* y *SOPI\_ValidezE* indica que un mayor sentido del espacio físico encontrado en la modalidad Inmersiva favorece el compromiso con el entorno virtual. Entre más aceptada sea la sustitución del entorno real por el virtual se incrementa el realismo percibido, la experiencia se vuelve más intensa y hay una relación más estrecha con el entorno.

La correlación entre *Dominio* e *IMI\_Presion* indica que entre mayor es el dominio reportado, será menor la presión sentida durante la tarea. Dado que la redacción de las preguntas sobre presión habla sobre un desempeño general durante la prueba se entiende entonces que el ítem *Dominio* se interpretó como el dominio sobre el tema mostrado en el AVAI y no sobre las respuestas emocionales percibidas por el mismo. Algo similar ocurre con la relación *Dominio* con *IMI\_Valor* ( $t= 3.1047, df=27, r= 0.5129171, p= 0.004438$ ) donde los ítems del IMI sobre el valor y utilidad exploran la disponibilidad del participante a realizar nuevamente la actividad, al mismo tiempo que dan su percepción sobre la importancia de implementar estas herramientas y contenidos. Parece entonces reforzarse que la interpretación de la dimensión *Dominio* se enfocó al contenido didáctico, difiriendo así de su propósito real que es el dominio sobre la emoción sentida.

La correlación *IMI\_Interes* con *IMI\_Valor* da indicios sobre cómo el disfrute de la actividad está relacionado con el valor encontrado en la misma. Esto significa que es importante que el contenido del AVAI y sus momentos de interacción sean divertidos y entretenidos sin abandonar sus propósitos didácticos.

Una correlación entre instrumentos importante se presenta entre *IMI\_Interes* y *SOPI\_SentidoEF* y señala que el disfrute de la actividad favorece el sentido del espacio físico, es decir que facilita la asimilación del espacio virtual como real. El entorno se convierte en un espacio en el que “quieres estar”.

Orgullo es un sentimiento que tiene efectos sobre la percepción propia acerca de lo competente que se es en la realización de una tarea, el valor percibido de la actividad y la presión sentida al interactuar con el AVAI tal como lo señalan las relaciones *Orgullosa* con *IMI\_ComP*, *Orgullosa* con *IMI\_Valor*, y *Orgullosa* con *IMI\_Presion* ( $t = -2.729$ ,  $df = 27$ ,  $r = -0.46497$   $p = 0.01104$ ).

La correlación *IMI\_Presión* con *IMI\_Valor* indica que entre menos presión tenga el participante para terminar la actividad mayor será la importancia que reporte sobre la misma y mayor será la disponibilidad para repetir el proceso. Es importante entonces una disposición previa del participante, así como un contenido didáctico que no imponga algún elemento de presión sobre él (e.g. tiempo límite, máximo de errores) excepto, claro, cuando el propósito sea evaluar. El factor de la presión también es importante pues se relaciona con los efectos negativos, tal como lo deja ver la correlación *IMI\_Presion* con *SOPI\_EfectosN* ( $t = 2.4541$ ,  $df = 27$ ,  $r = 0.4270605$   $p = 0.02086$ ).

La relación *Enfadado-Emoción* da indicios de que las condiciones emocionales previas a la inmersión tienen efectos importantes en las respuestas emocionales a la modalidad de la intervención. En este caso, se indica que entre más enfado haya sido experimentado en las últimas semanas, menos agradable será la experiencia virtual.

En la tabla 6 hay correlaciones muy altas entre las diferentes secciones del SOPI que indaga sobre el sentido de presencia desde distintas perspectivas. Estas relaciones intra-instrumento dan un panorama sobre la dinámica y contribución de cada sección al total. Lo mismo ocurre con las

correlaciones intra-instrumento del IMI. Son de mayor interés las correlaciones entre instrumentos pues permiten explorar el dinamismo entre los aspectos emocionales auto reportados contra lo experimentado durante y después de la intervención. Tomando esto en consideración destacan 4 relaciones: *Dominio – IMI\_Presión*, *IMI\_Interes – SOPI\_SentidoEF*, *Orgullosa – IMI\_Comp* y *Enfadado – Emoción*, mismas que ya han sido detalladas en los párrafos anteriores.

Lo tabla 7 explora las correlaciones anteriores por grupo modal para determinar si estas permanecen.

Tabla 7 *Correlaciones de relevancia de los instrumentos post intervención que se mantienen por grupo modal. Se señala con una X su presencia y con una flecha (←) las que son de interés.*

Elementos correlacionados	No Inmersivo	Inmersivo
SOPI_SentidoEF – SOPI_T	X	X
SOPI_Comp – SOPI_T	X	X
SOPI_Sentido_EF – SOPI_Comp	X	X
SOPI_Comp – SOPI_ValidezE	X	X
SOPI_SentidoEF – SOPI_ValidezE	X	
Dominio – IMI_Presion ←	X	X
IMI_Interes – IMI_Valor	X	X
IMI_Interes – SOPI_SentidoEF ←		
Orgullosa – IMI_Comp ←	X	X
IMI_Presion – IMI_Valor	X	X
Enfadado – Emocion ←		X

La correlación de *SOPI\_SentidoEF* con *SOPI\_ValidezE* que solo aparece en el grupo No Inmersivo llama la atención pues sus valores en el grupo Inmersivo ( $r=0.36$   $p=0.1746$ ) la descartan por completo en una modalidad donde los valores de *SOPI\_SentidoEF* y *SOPI\_ValidezE* se

encontraron más altos y se determinaron ambos estadísticamente significativos a la modalidad. Es un hallazgo contradictorio de interés para pruebas más extensas y futuros trabajos.

La correlación entre *IMI\_Interes* y *SOPI\_SentidoEF* no aparece en ningún grupo modal lo cual es de esperarse pues es solo al combinar los niveles de las diferentes modalidades que se puede ver una correlación entre estas dos variables.

Otra correlación importante es la que existe entre *CDI\_R* y *Emoción* que no destacó en el grupo general pero que en la modalidad inmersiva sobresale con un valor  $r = -0.64$  y  $p = 0.0082$ . Señalando que una condición de problemas psicológicos o signos de depresión se asocian con el reporte de valencias negativas después de la intervención con el AVAI.

## **6.6 Pruebas paramétricas sobre la modalidad y la intervención con el AVAI.**

Con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas entre las respuestas de los instrumentos atribuibles al grupo modal o a la intervención con el AVAI, se crearon subconjuntos con cada variable. Se realizaron pruebas de Shapiro-Wilk (fórmula 1) para determinar la distribución de las muestras y  $F$  de razón de varianzas para determinar la homocedasticidad de éstas. Se usó la prueba no paramétrica  $U$  o la paramétrica  $t$ -test según los resultados de las anteriores (i.e. si se cumplían los supuestos de normalidad y homocedasticidad). Pruebas adicionales de  $\chi^2$  (fórmula 4) se realizaron sobre demanda para determinar si existía una diferencia estadística significativa entre las frecuencias esperadas de los cambios de las respuestas que pudieran asociarse a la modalidad.

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E} \quad (4)$$

Donde:

- $O$  es la frecuencia observada del evento
- $E$  es la frecuencia esperada del evento. Siendo esta la parte proporcional igual para la cantidad de eventos posibles.

### 6.6.1 Resultados del PANAS pre y post.

La tabla 8 muestra los resultados de las pruebas  $U$  para las duplas pre/post que asocian modalidad o intervención. Los párrafos siguientes detallan sobre las variables que mostraron cambios significativos y los valores que reflejan dichos cambios.

Tabla 8 Resultados de la prueba  $U$  para las variables del PANAS pre y post. Se muestran los valores  $p$  y se somborean en gris los resultados significativos.

	Alegre	Deprimido	Animado	Enfadado	Feliz
NI x – NI y	0.07145	0.4229	0.1658	0.4284	0.8617
I x – I y	0.6043	0.04532	0.8527	0.0009777	0.3385
NI x – I x	0.7077	0.04045	0.6548	0.02169	0.2961
NI y – I y	0.3835	0.4952	0.4118	0.9798	0.5928
NI Dif – I Dif	0.3363	0.332	0.1966	0.04343	0.9785
Full x – Full y	0.1095	0.03258	0.2674	0.002105	0.3453
	Temeroso	Contento	Asustado	Orgullosos	Triste
NI x – NI y	0.09513	1	0.4327	0.2762	0.179
I x – I y	0.08045	0.1592	0.003068	0.9038	0.07936
NI x – I x	0.9451	0.3173	0.2024	0.8328	0.08933
NI y – I y	0.6847	0.7578	0.1578	0.3147	0.1539
NI Dif – I Dif	0.6417	0.07844	0.09004	0.3506	0.5607
Full x – Full y	0.0157	0.2773	0.004058	0.541	0.03246

#### PANAS – Deprimido.

Esta variable mostró diferencias significativas en tres momentos: tras la intervención Inmersiva, condiciones pre-intervención y tras la intervención general. La figura 17 muestra los cambios entre

las respuestas pre- y post-intervención. En esta variable entre más bajo es el valor reportado es mejor por lo que lo observado se interpreta como una mejora.

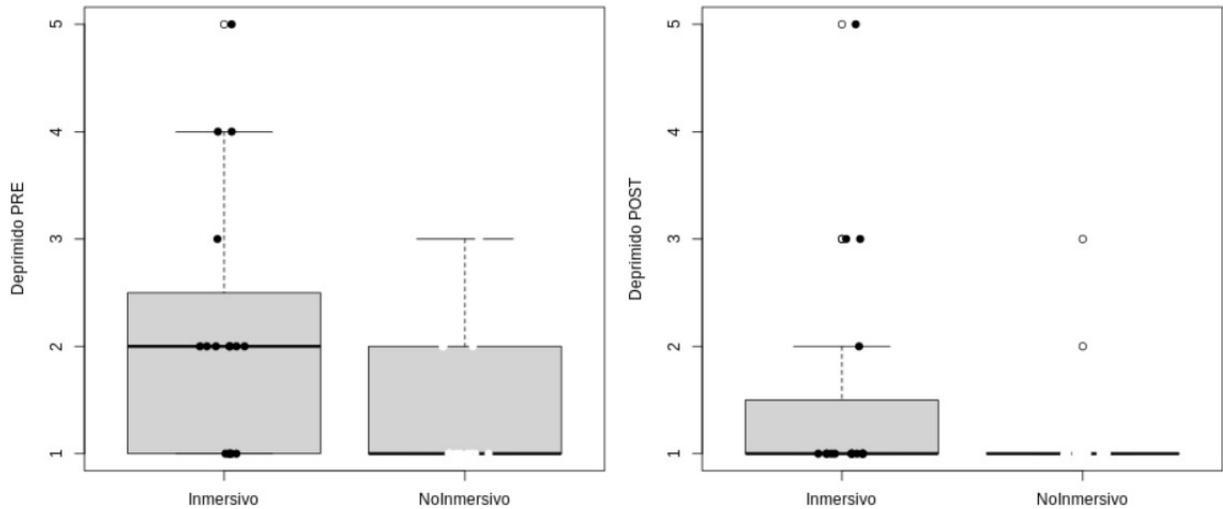


Figura 17. Boxplot pre y post del ítem deprimido. Se dividen los gráficos por grupo modal.

Los resultados de la prueba  $U$  indican que la prueba Inmersiva sí afecta la forma en que el participante evalúa su percepción sobre estar deprimido. Se observan mejoras en la mediana ( $Pre=2$   $Post=1$ ), el tercer cuartil ( $Pre=2.250$   $Post=1.250$ ), la media ( $Pre=2.188$   $Post=1.562$ ) y la varianza ( $Pre=1.495$   $Post=1.329$ ) indicando un reporte mayor de valores más bajos. También señala que las diferencias protocolarias para las pruebas pudieron influir en lo que los sujetos registraron en el ítem *Deprimido* previo a la intervención con el AVAI o que el estado anímico de los mismos ya era distinto. En este caso, la media de la modalidad Inmersiva es más alta que la media de la modalidad no inmersiva ( $I=2.188$   $NI=1.385$ ), la mediana es también más alta ( $I=2$   $NI=1$ ) y el valor máximo tiene una diferencia de 2 puntos ( $I=5$   $NI=3$ ) señalando que el grupo inmersivo se sentía más deprimido en las últimas semanas. En general, la intervención con el AVAI en sus dos modalidades tuvo efectos positivos en los individuos en la percepción de sentimiento “deprimido” disminuyendo la media ( $Pre=1.828$   $Post=1.414$ ), la mediana ( $Pre=2$

$Post=1$ ) y el tercer cuartil ( $Pre=2$   $Post=1$ ), con un cambio también en la varianza ( $Pre=1.1477$   $Post=0.8940$ ) señalado un reporte mayor de valores más bajos y cercanos al mínimo.

Usando pruebas binomiales se determinó que la probabilidad de registrar cambios positivos en la versión No Inmersiva es de 23.07% ( $p=0.09229$  95% de intervalo de confianza 0.461865, 0.9496189) mientras que en la versión Inmersiva es de 43.75% ( $p=0.8036$  95% intervalo de confianza 0.2987769, 0.802459), casi un 90% superior, lo que apunta a una ventaja en el uso de estas tecnologías.

### PANAS – Enfadado.

El sentimiento de enfadado registró diferencias en cuatro puntos: tras la intervención Inmersiva, condiciones pre-intervención, magnitud de la diferencia pre/post y tras la intervención general, La figura 18 muestra los cambios entre las respuestas pre y post intervención. En este ítem entre más bajo es el valor es mejor, por lo que lo observado se interpreta como una mejora en el grupo Inmersivo. El grupo No Inmersivo permanece prácticamente sin cambios.

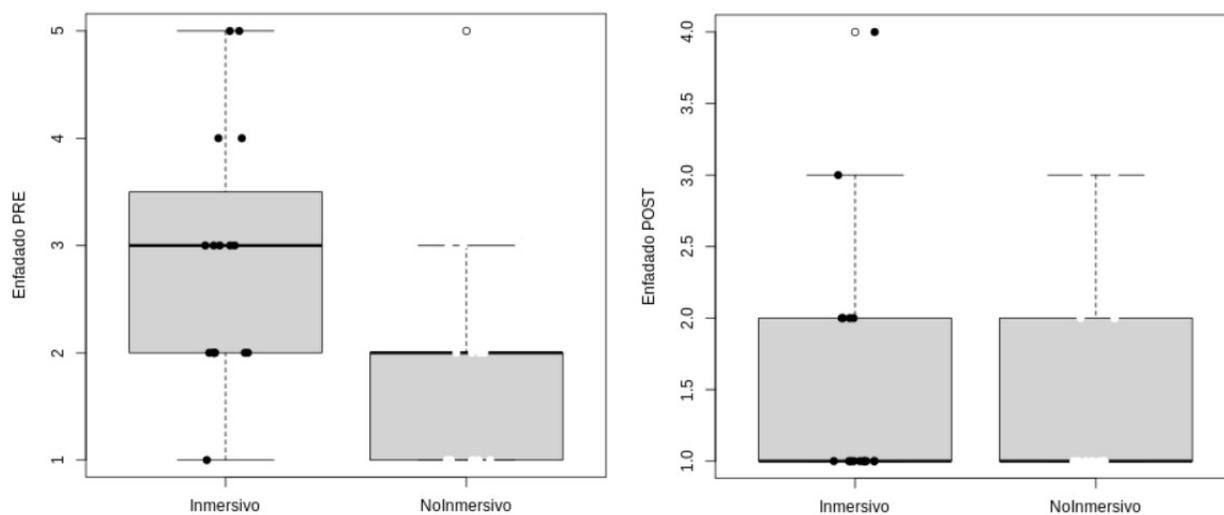


Figura 18. Boxplot pre y post del ítem Enfadado. Se dividen los gráficos por grupo modal.

Para esta variable la prueba  $U$  indica que la intervención en modalidad Inmersiva tiene un efecto positivo en la forma de evaluar la percepción sobre estar enfadado. Hay una disminución en el espacio inter-cuartil (en  $Pre$  de 2 a 3.250 y en  $Post$  de 1 a 2), el valor máximo ( $Pre=5$   $Post=4$ ), en la mediana ( $Pre=3$   $Post=1$ ) y la media ( $Pre=2.875$   $Post=1.562$ ). Señala también que las condiciones emocionales iniciales de los participantes ya eran diferentes pues los de la modalidad Inmersiva registran niveles más altos en el intercuartil (en  $NI$  de 1 a 2 y en  $I$  de 2 a 3.25), la mediana ( $NI=2$ ,  $I=3$ ) y la media ( $NI=1.923$ ,  $I=2.875$ ) previos a la intervención. Las diferencias protocolarias, de nuevo, pudieron haber influido en ello. La prueba  $U$  entre las diferencias pre/post de ambas modalidades señala que la magnitud de los cambios en las respuestas es diferente en cada modalidad. Esto debido a que la modalidad No Inmersiva prácticamente no presentó cambios. En general las intervenciones con el AVAI generan un cambio positivo en la percepción de haber estado enfadado en las últimas semanas. Se observó una mejora en el intercuartil, la mediana ( $Pre=2$ ,  $Post=1$ ), la media ( $Pre=2.448$ ,  $Post=1.552$ ) y el nivel máximo ( $Pre=5$ ,  $Post=4$ ) lo que señala una mayor similitud en las respuestas con una disminución en el valor reportado.

Con las pruebas binomiales se pudo determinar que la probabilidad de registrar cambios positivos en la versión No Inmersiva es de 30.76% ( $p=0.2668$ , 95% intervalo de confianza 0.3857383, 0.9090796) mientras que en la versión Inmersiva es de 68.75% ( $p=0.2101$  95% intervalo de confianza 0.110170, 0.5866206), un 123.5% mayor en proporción a la versión No Inmersiva.

### **PANAS – Temeroso.**

La variable *Temeroso* mostró cambios significativos solo tras la intervención con el AVAI sin importar la modalidad. La figura 19 con el boxplot del grupo general muestra este cambio. Interactuar con el ambiente virtual tiene efectos positivos en la percepción de que tan temeroso se ha sentido el participante en las últimas semanas.

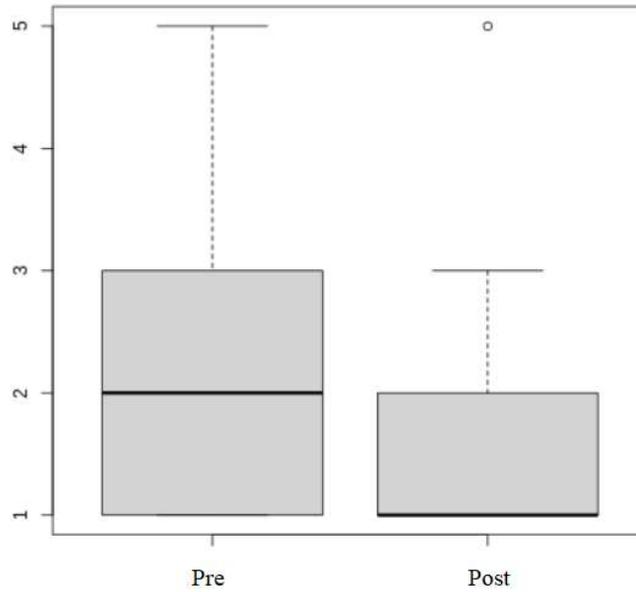


Figura 19. Boxplot pre y post del ítem Temeroso del grupo general.

Se observan mejoras en la mediana ( $Pre=2$ ,  $Post=1$ ), la media ( $Pre=2.379$ ,  $Post=1.586$ ) y el tercer cuartil ( $Pre=3$ ,  $Post=2$ ). También hay cambios en la varianza ( $Pre=1.81527$ ,  $Post=0.8940887$ ). Esta disminución en los valores reportados también puede significar que la incertidumbre sobre el contenido del AVAI y el procedimiento en general genera cierto temor y que una vez realizada la intervención y comprobar que es seguro el sentimiento disminuye. En este caso las respuestas podrían estar reflejando un estado emocional inmediato y no el de las últimas semanas.

### **PANAS – Asustado**

Esta variable mostró diferencias significativas en la modalidad Inmersiva y tras la intervención general del AVAI. La figura 20 muestra una mejora sobresaliente en la modalidad Inmersiva mientras que la No Inmersiva permanece casi sin cambios.



Es muy probable que estas condiciones propiciaran sentimientos de incertidumbre, temor y susto, pero que una vez pasado por el proceso y confirmado que no había nada que temer, el reporte de estas variables se viera disminuido, tal como se observa en los resultados. Es por esta razón que este trabajo recomienda incluir mecanismos de reducción del temor, susto e incertidumbre frente a la prueba; solo lo suficiente para disipar el ruido que la propia experiencia este causando.

### PANAS – Triste

Este sentimiento mostró cambios respecto a los valores pre- y post-intervención en el grupo general (figura 21). La prueba *U* permite determinar que el uso de una herramienta como el ASI mejora de manera importante la percepción que se tiene sobre el sentimiento de tristeza.

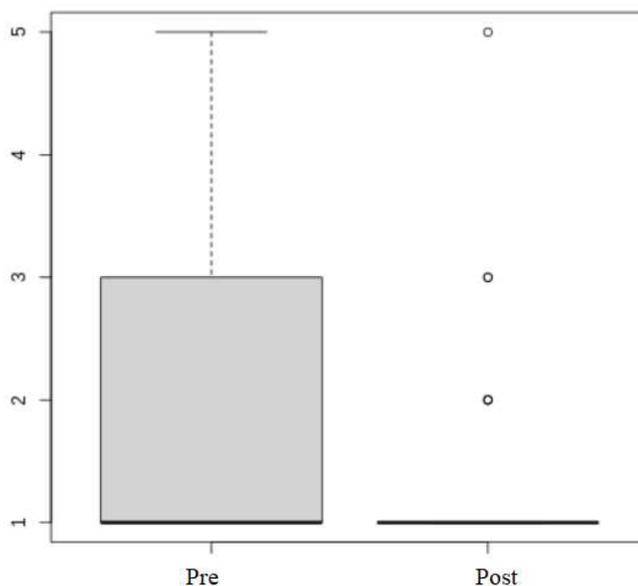


Figura 21. Boxplot pre y post del ítem Triste del grupo general.

Las mejoras se encuentran en la media ( $Pre=1.828$ ,  $Post=1.379$ ) y tercer cuartil ( $Pre=3$ ,  $Post=1$ ). La varianza también registra un cambio positivo ( $Pre=1.076355$ ,  $Post=0.8152709$ ). Los valores atípicos, considerados como legítimos, son las principales causales de que la diferencia entre las medias se comporte de manera conservadora aun cuando el espacio intercuartil se mueve tanto.

### 6.6.2 Resultados del SAM

En esta sección se muestran los resultados de las pruebas  $U$  para las duplas que asocien modalidad (tabla 9). Se detalla posteriormente sobre el elemento donde se encontró diferencia significativa y los valores asociados.

Tabla 9 Resultados de la prueba  $U$  para las dimensiones del SAM. Se muestran los valores  $p$  y se sombrea en gris los resultados significativos.

	Emoción	Intensidad	Dominio
Inmersivo – No inmersivo	0.01682	0.8666	0.1648

#### SAM – Emoción

Esta dimensión emocional presentó mejoras significativas tras el uso del AVAI. Aquí, entre más alto (i.e. positivo) es el valor, se considera como más favorable o agradable la emoción percibida por el usuario. La figura 22 muestra las diferencias entre las respuestas del ítem *Emoción* respecto al grupo modal. El grupo No Inmersivo refleja claramente emociones de valencia más alta.

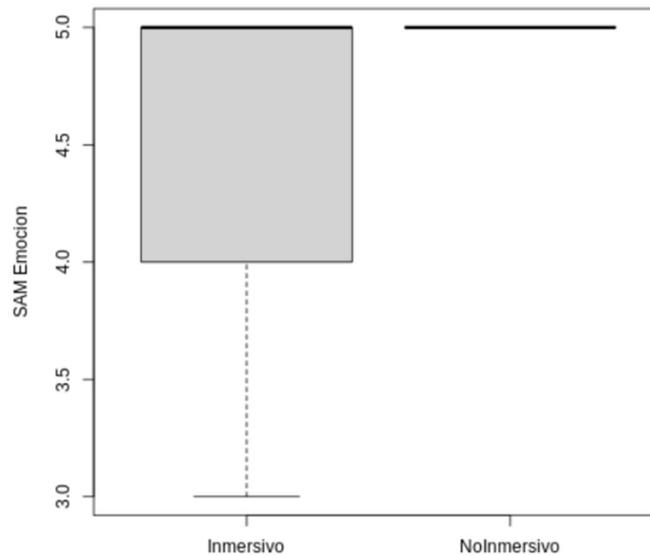


Figura 22. Boxplot modal de la dimensión *Emoción* del SAM.

La prueba  $U$  indica que las diferencias observadas en los valores son producto de la modalidad. La versión No Inmersiva solo registró valores máximos (i.e. 5) representando una emoción muy positiva. mientras que la Inmersiva registra valencias que van desde lo neutral hasta lo más positivo. Sin embargo, este resultado podría deberse también a las diferencias protocolarias o estar relacionado con la edad de los participantes.

### 6.6.3 Resultados del IMI

La tabla 10 muestra los resultados de las pruebas  $U$  para las duplas que asocian modalidad. Como se puede observar, no se encontraron relaciones significativas en las respuestas del IMI. Dada la naturaleza del instrumento es de esperarse, pues evalúa elementos propios del individuo e independientes de la actividad que realiza, explorando más bien su autorregulación.

Tabla 10 *Resultados de la prueba  $U$  para el IMI. Se muestran los valores  $p$ .*

	Interés	Competencia percibida	Esfuerzo Importancia	Presión Tensión	Elección percibida	Valor Utilidad
NI -I	0.07951	0.07951	0.347	0.2459	0.05192	1

### 6.6.4 Resultados del SOPI

La tabla 11 muestra los resultados de las pruebas  $U$  y  $t$  según el caso para la dupla de modalidad. Se detallan más adelante los elementos dónde se encontraron diferencias significativas.

Tabla 11 *Resultados de la prueba  $U$  y  $t$ -test (donde este indicado) para el SOPI. Se muestran los valores  $p$  y se somborean en gris los resultados significativos.*

	Después de la experiencia	Sentido del espacio físico	Compromiso	Validez ecológica	Efectos negativos	SOPI Total
NI - I	0.09836	0.007436	t-test 0.1442	t-test 0.01467	0.3685	t-test 0.00651

## SOPI – Sentido del espacio físicos

Esta variable arrojó diferencias notables entre modalidades. En la modalidad Inmersiva el espacio intercuartil se encuentra en valores más arriba, lo mismo que los mínimos y máximos (figura 23).

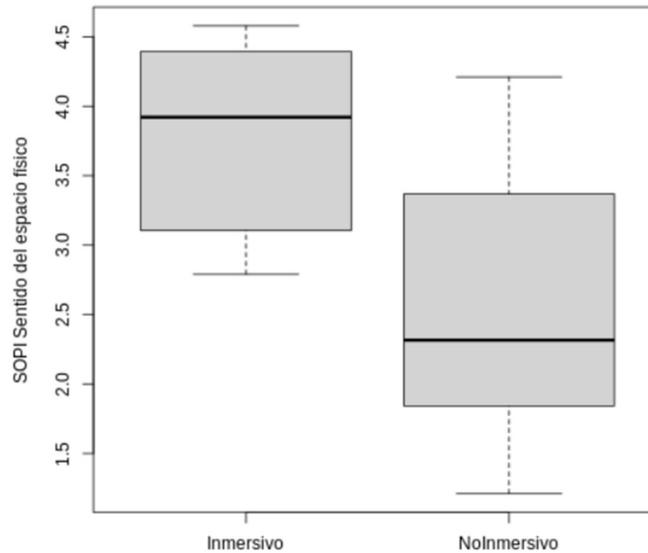


Figura 23. Boxplot modal de la sección “Sentido del espacio físico” del SOPI

La prueba  $U$  indica que las diferencias observadas son efecto de la modalidad. El sentido del espacio físico es mayor en la modalidad Inmersiva, con valores más alto en media ( $NI= 2.709$ ,  $I=3.789$ ), mediana ( $NI=2.316$ ,  $I=3.921$ ) y valor mínimo ( $NI=1.211$ ,  $I=2.789$ ). Esto es consiste con las tecnologías inmersivas que permiten observar el entorno desde el ángulo que el usuario desee, dando la impresión de estar “rodeado” del mismo. En contraparte, la versión No Inmersiva no permite explorar el entorno y lo muestra mediante un monitor fijo, marcando una clara separación del entorno virtual con la realidad.

## SOPI – Validez ecológica

El comportamiento de las respuestas de acuerdo con el grupo modal permite apreciar una diferencia que favorece a la modalidad Inmersiva (figura 24).

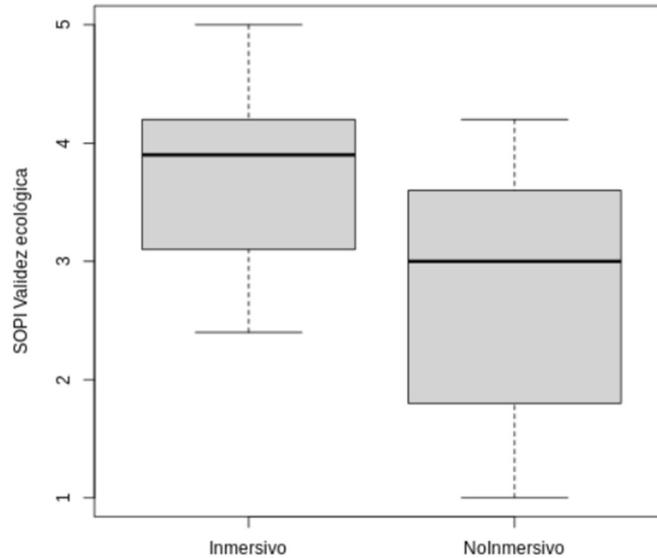


Figura 24. Boxplot modal de la sección “Validez ecológica” del SOPI.

La prueba  $t$  indica que la modalidad sí tiene efecto en la sensación de sustitución de la realidad y el disfrute del entorno virtual. En la modalidad Inmersiva es mayor la media ( $NI= 2.785$ ,  $I=3.688$ ) la mediana ( $NI=3$ ,  $I=3.9$ ), el valor mínimo ( $NI=1$ ,  $I=2.4$ ), el intercuartil y el valor máximo ( $NI=4.2$ ,  $I=5$ ). La validez ecológica es importante en este caso porque permite asociar lo mostrado en el AVAI con situaciones de la vida real. Un valor alto apunta a la plausibilidad de la situación presentada.

### **SOPI – Total**

Respecto al resultado total del SOPI, la versión Inmersiva presenta una clara ventaja. En general, indica que la sensación de presencia, objeto del instrumento, es más alta en la versión Inmersiva (figura 25). El resultado puede interpretarse con seguridad ya que los efectos negativos fueron mínimos para ambas modalidades y no hubo una relación significativa con ninguna, señal de que su contribución al total es marginal.

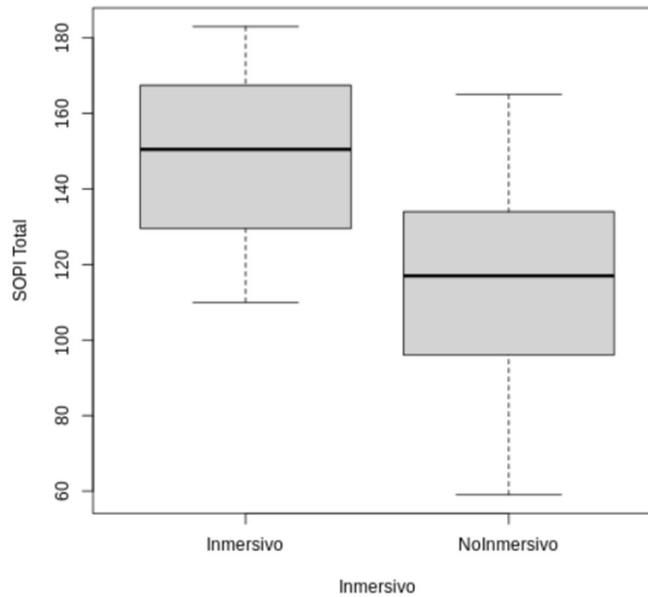


Figura 25. Boxplot modal de la sección “SOPI Total” del SOPI.

De acuerdo con la prueba  $t$ , las diferencias en el SOPI son por efecto de la diferencia en modalidad. La versión Inmersiva registra valores más altos en el valor mínimo ( $NI=59$ ,  $I=110$ ), la mediana ( $NI=117$ ,  $I=150.5$ ), la media ( $NI=115.5$ ,  $I=148.9$ ) y valores máximos ( $NI=165$ ,  $I=183$ ). El espacio intercuartil se mueve acorde y la varianza también muestra diferencias ( $NI=1164.269$ ,  $I=501.1292$ ). Los resultados son consistentes con los encontrados en la literatura respecto a los efectos de la RV en la sensación de presencia.

### 6.7 Pruebas paramétricas sobre la edad

En esta sección se muestran pruebas paramétricas con relación a la edad. Debido al tamaño de la muestra y el rango de edad, la cantidad de participantes para cada edad es muy pequeña, en algunos casos constando de solo un par de individuos. Lo observado durante las pruebas fue que dentro del rango etario seleccionado una diferencia de dos años ya muestra cambios notables en el comportamiento, razonamiento y forma de responder los instrumentos. Se decidió entonces,

utilizar la media (8.72 años) como el punto divisor entre las edades consideradas como mayores (grupo A) y menores (grupo B).

La edad parece ser un factor determinante en varios aspectos de los instrumentos. Algo observado con los resultados de las pruebas paramétricas dónde la modalidad no parece tener efecto a pesar de encontrar diferencias visuales a veces muy notables. Por este motivo se realizaron pruebas paramétricas donde se consideró que la edad pudiera tener relevancia.

### 6.7.1 Resultados de la selección del PANAS.

La tabla 12 muestra los resultados de las pruebas  $U$  para las duplas que asocian edad o intervención. Los párrafos posteriores detallan sobre las variables que mostraron cambios significativos y los valores que los reflejan.

Tabla 12 *Resultados de la prueba U selección PANAS. Se muestran los valores p y se sombrea en gris los resultados significativos.*

	Alegre	Deprimido	Animado	Contento
A x – A y	0.6525	0.2774	0.3476	0.2611
B x – B y	0.06871	0.05482	0.4355	0.6076
A x – B x	0.5138	0.9811	0.09181	0.009664
A y – B y	0.01156	0.3877	0.08318	0.03398
A Dif – B Dif	0.3257	0.3466	0.7383	0.2202

#### PANAS – Alegre

La variable Alegre mostró diferencias entre las respuestas post intervención. En este ítem entre más alto es el valor es mejor, por lo que lo observado (figura 26) se interpreta como una mejora. El grupo de niños de menor edad es el que registra los cambios más notables.

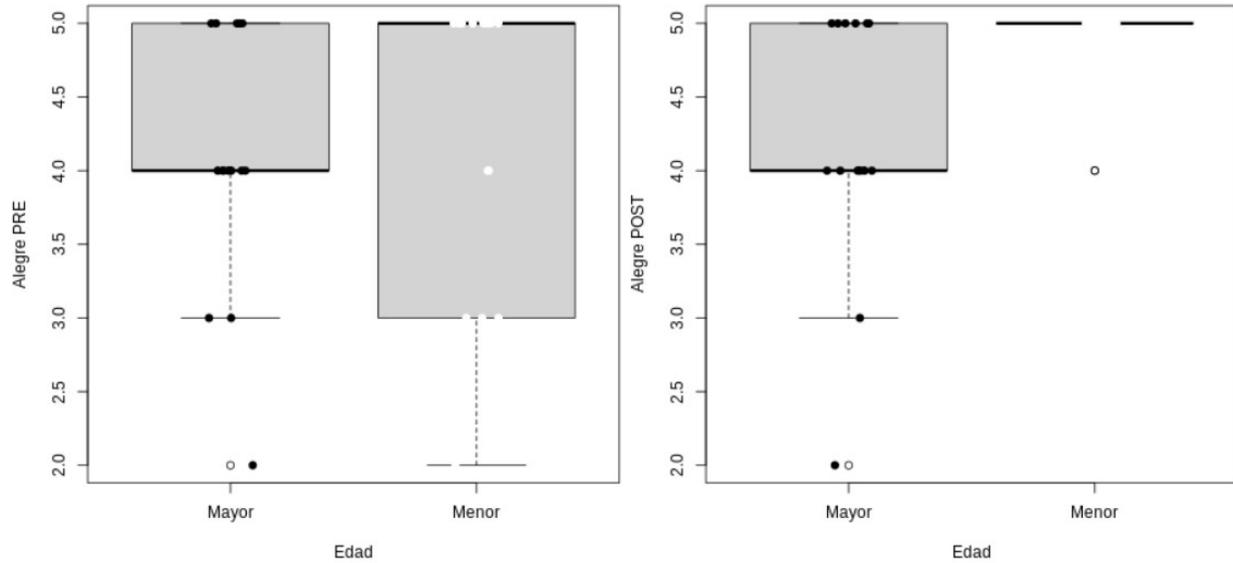


Figura 26. Boxplot pre y post del ítem Alegre por grupo etario.

La prueba  $U$  indica que la edad sí tiene efecto al momento de contestar el PANAS post-intervención. Las edades más pequeñas registran mayor media ( $A=4.2$ ,  $B=4.8571$ ) y mediana ( $A=4$ ,  $B=5$ ). Claramente se puede observar cómo los niños de mayor edad son más consistentes en la evaluación de esta emoción y no presentan prácticamente cambios entre sus respuestas pre- y post-intervención. Los niños de menor edad, por otro lado, son más entusiastas y el uso del AVAI funciona como aliciente para que la emoción de probar tecnologías nuevas y experiencias virtuales diseñadas para ellos se convierta en alegría. Esto podría señalar que su razonamiento sobre “las últimas semanas” es fuertemente influenciado por lo que ocurre recién, llevando a suponer inclusive que es trasladado en forma tal que “lo que siento ahora es lo que sentía entonces”.

### PANAS – Contenido

Esta variable mostró diferencias en dos momentos: condiciones pre-intervención y resultados post-intervención. La figura 27 muestra los cambios entre las respuestas pre- y post-intervención. En este ítem entre más alto es el valor es mejor por lo que lo observado en el grupo de mayor edad se

interpreta como una mejora. El grupo de niños de menor edad es el que registra los valores más altos desde un inicio.

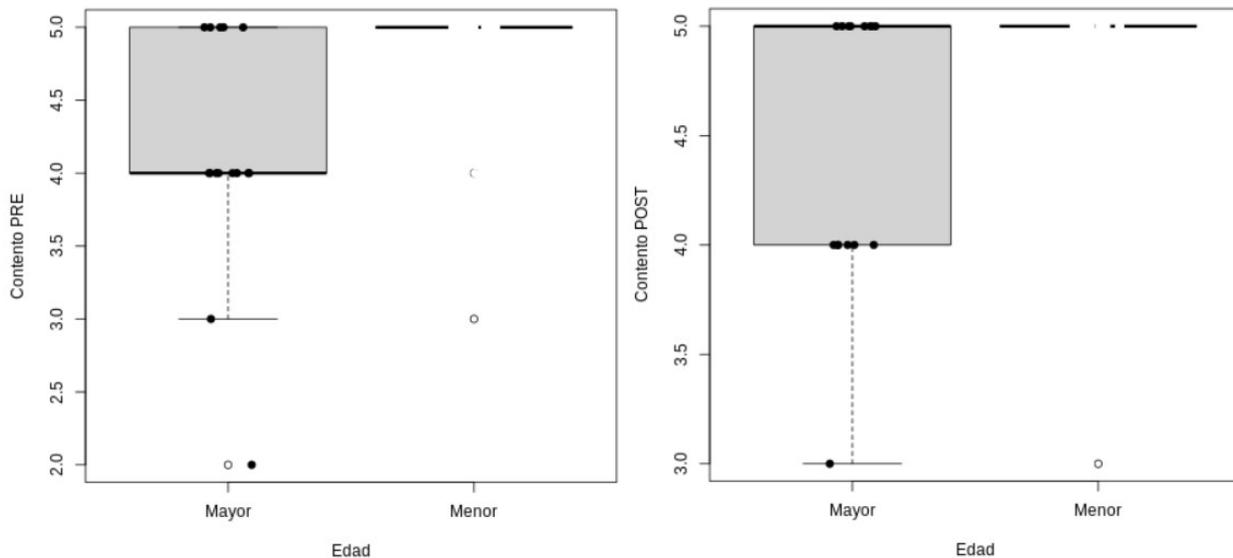


Figura 27. Boxplot pre y post del ítem Contenido por grupo etario.

La prueba  $U$  indica que la diferencia observada en las respuestas previas a la intervención sí está relacionada con la edad de los participantes. El grupo de menor edad registra el intercuartil, el máximo y la mediana con el valor más alto de 5, solo los valores atípicos bajan la media a 4.786. En el grupo de mayor edad se obtuvo una media de 4.133, una mediana y primer cuartil con valor 4 y un valor mínimo de 2. En las respuestas post intervención el comportamiento se mantiene similar y es igual significativo para la prueba  $U$ . A pesar de las ligeras mejoras registradas que consisten en “recoger” valores atípicos, prácticamente no hay cambios en las respuestas de los grupos etarios, mostrando que ambos son consistentes con su forma de evaluar su sentimiento de contenido. Este hallazgo es importante porque señala entonces que el grado de cambio esperado en esta variable depende de la proporción etaria presente en cada grupo, haciendo imperativo homogeneizarla para futuros trabajos.

## 6.7.2 Resultados del SAM

La tabla 13 muestra los resultados de las pruebas  $U$  para las duplas que asocian edad. Aunque el SAM se analizó en sus tres dimensiones, solo se encontraron resultados significativos en *Intensidad*.

Tabla 13 Resultados de la prueba  $U$  para el SAM por grupo etario. Se muestran los valores  $p$  y se sombrea en gris los resultados significativos.

	Emoción	Intensidad	Dominio
Grupo A – Grupo B	0.08357	0.02631	0.1315

### SAM – Intensidad

Esta variable mostró una diferencia importante en el espacio intercuartil y la mediana (figura 28). La prueba  $U$  señala que la edad tiene efecto en cómo se contesta este ítem. Esto ayuda a entender lo observado en la prueba  $U$  respecto a la modalidad. Debido a que en los grupos modales hay participantes de ambos grupos etarios, los efectos de la intervención sobre la Intensidad se "neutralizan" aparentando que la modalidad no determina lo reportado. Si se deseara una mejor definición de los efectos se pueden modificar los criterios de selección de participantes para que éstos sean de una misma edad. En este caso, los niños de menor edad reportan que la experiencia fue más intensa para ellos pero interpretando la dimensión *Intensidad* como algo positivo o emocionante, asociado más al disfrute de la experiencia.

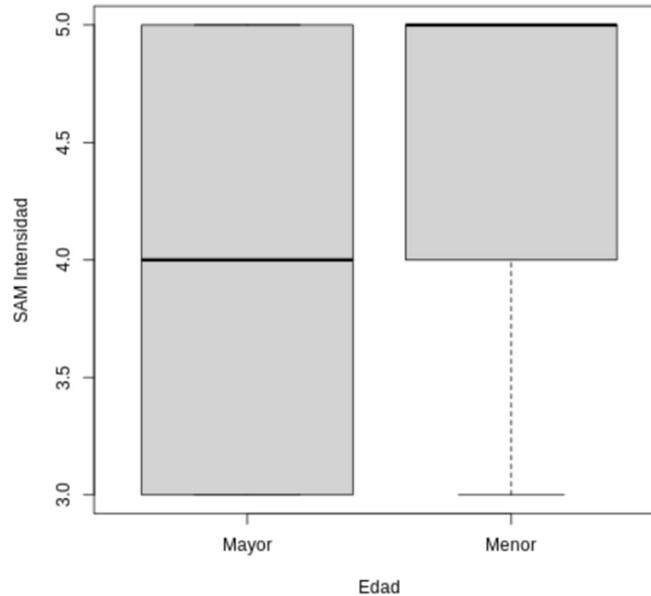


Figura 28. Boxplot por grupo etario de la dimensión “Intensidad” del SAM.

Si bien los valores mínimos y máximos son iguales, la media es mayor en el grupo de menor edad ( $A=3.933$ ,  $B=4.643$ ), lo mismo que la mediana ( $A=4$ ,  $B=5$ ) y el primer cuartil ( $A=3$ ,  $B=4.25$ ).

### 6.7.3 Resultados de la selección del IMI

La tabla 14 muestra los resultados de las pruebas  $U$  entre los grupos etarios. De las variables seleccionadas de este instrumento, solo la de Presión/Tensión presentó diferencias significativas asociadas a la edad de los participantes.

Tabla 14 Resultados de la prueba  $U$  para la selección IMI. Se muestran los valores  $p$  y se sombrea en gris los resultados significativos.

	Interés	Esfuerzo/Importancia	Presión/Tensión	Elección percibida
Grupo A – Grupo B	0.1459	0.1038	0.04085	0.2564

### IMI – Presión/Tensión

La variable presenta diferencias claras y evidentes entre los grupos etarios (figura 29). Aquí, entre más bajo es el valor reportado es mejor.

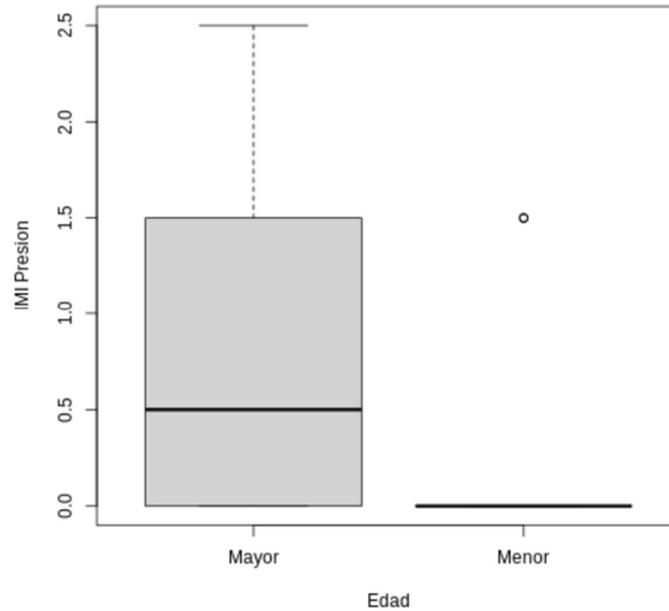


Figura 29. Boxplot por grupo etario de la sección “Presión/tensión” del IMI.

La prueba  $U$  confirma que la edad sí tiene efecto sobre las respuestas del ítem. En éste los niños de menor edad registran menos presión y tensión durante la prueba, que considera tanto los cuestionarios como el uso del AVAI. El grupo de edad mayor presenta un rango intercuartil de 0 a 1.5, una media de 0.833 y un valor máximo de 2.5. Por otro lado, el grupo de menor edad presenta una mayoría de respuestas en el valor mínimo y valores atípicos de 1.5, moviendo la media a 0.3214. Esto significa que los niños de menor edad se sintieron menos presionados y tensos durante la actividad, quizá asociado al diseño caricaturesco seleccionado para apelar a sus intereses y gustos.

## 6.8 Interpretación

La mayoría de los ítems, secciones y apartados de los instrumentos usados durante las pruebas no presentaron cambios significativos asociados a la modalidad. Algunas diferencias se asumen producto de las condiciones iniciales de cada grupo modal y otros mostraron estar asociados a la edad de los participantes.

Las correlaciones que son de interés son aquellas que se presentaron entre instrumentos ya que permiten ver caminos relacionales que pueden usarse como guía en el diseño de mejores AVAI que mantengan interesado y motivado al participante. También se encontró una relación entre sentirse enfadado y resultados que indican signos de problemas psicológicos, así como caminos relacionales secundarios que apuntan a lo mismo. Esto permite sugerir medidas para agilizar las intervenciones cuando la depresión no sea un foco principal del estudio.

Hay relaciones que sugieren que la aplicación de técnicas que reduzcan la emoción de estar asustado podría contribuir a tener resultados más claros sobre los efectos de los recursos tecnológicos utilizados para una prueba.

El sentimiento de orgullo de un participante no se relaciona con ningún sentimiento o emoción particular adicional, pero tiene efectos sobre cómo se perciben algunos elementos de la intervención sin importar la modalidad de ésta. Del mismo modo, hay sentimientos y emociones que parecen predisponer los efectos emocionales que tendrá una intervención con un entorno virtual. Como ejemplos está el enfado y un resultado del CDI anormal, que en este estudio aparecen relacionados con emociones de valencia más negativa tras la intervención.

Las otras dos dimensiones del SAM, Intensidad y Dominio, al parecer fueron interpretadas sobre el contenido didáctico y no sobre las emociones inducidas por el AVAI. Esto habla de que las adecuaciones hechas al instrumento resultan por el momento infructuosas o que probablemente la forma de aplicar y describir el instrumento estuvo errada, llevando al participante a una interpretación también errada sobre el propósito del SAM.

Se analizó si existe una influencia de la modalidad No Inmersiva e Inmersiva en las respuestas del PANAS antes y después de la intervención de Realidad Virtual. Las pruebas *U* determinaron que:

- En Alegre no hay afectación ni del procedimiento ni de la modalidad.
- En Deprimido la modalidad tiene efecto en las respuestas pre-intervención, la intervención Inmersiva tiene efecto en las respuestas y en general la intervención sí tiene un efecto en los datos.
- En Animado no hay afectación ni del procedimiento ni de la modalidad.
- En Enfadado la intervención Inmersiva tiene efecto en las respuestas, la modalidad tiene efecto en las respuestas pre-intervención, la modalidad tiene efecto en el grado de diferencia pre/post y en general la intervención sí tiene un efecto en los datos.
- En Feliz no hay afectación ni del procedimiento ni de la modalidad.
- En Temeroso la intervención sí tiene efecto en los datos, pero no se refleja en ninguna modalidad u otra paridad.
- En Contento no hay afectación ni del procedimiento ni de la modalidad.
- En Asustado la intervención Inmersiva tiene efecto en las respuestas y en general la intervención sí tiene efecto en los datos.
- En Orgullosa no hay afectación ni del procedimiento ni de la modalidad.
- En Triste la intervención sí tiene efecto en los datos, pero no se refleja en ninguna modalidad u otra paridad.

Los cambios observados se atribuyen a la modalidad Inmersiva (excepto la dimensión *Emoción* del SAM) y a la intervención en general, es decir, interactuar con un ambiente virtual de aprendizaje en cualquier modalidad genera por sí mismo cambios.

En el instrumento SAM solo la dimensión *Emoción* registro cambios asociados a la modalidad No Inmersiva. Sin embargo, y dadas las condiciones bajo las cuales se realizaron las pruebas, resulta

difícil determinar si la diferencia se debe a las variables tecnológicas, a la interpretación del instrumento o si dependen de las condiciones situacionales y protocolarias de cada modalidad.

La prueba  $U$  para la dimensión *Intensidad* arroja que fue reportada de forma similar entre los participantes de ambas modalidades. Esto puede deberse a que en ambos casos la experiencia mostrada fue única y sin ningún otro referente por lo que podría ser efecto de la novedad. También la forma en que se abordó el instrumento SAM asoció más la intensidad con el entusiasmo de usar un ambiente virtual en lugar de la intensidad de la emoción inducida por el AVAI.

En el caso de la dimensión *Dominio*, la prueba  $U$  señaló que la modalidad no influyó en cómo se contestó este ítem. Sin embargo, hay una diferencia aparente en la gráfica por lo que debe haber algún otro factor que pudiera estar generando ese efecto. Es posible que la forma en que se abordó el dominio, que fue más enfocado al manejo del contenido didáctico y no al dominio emocional, sea el responsable de este resultado.

En el IMI no se encontró ninguna relación entre las respuestas y la modalidad de la intervención. Las pruebas  $U$  con resultados  $p > 0.05$  indican que las diferencias tecnológicas de las pruebas y/o protocolarias no tiene un papel significativo. Se asume entonces que las características propias del individuo y especialmente el diseño del contenido didáctico son en este caso más importantes que el medio en el que se muestran. En el caso de la sección *Esfuerzo/Importancia* el efecto observado pudiera deberse una interpretación distinta sobre lo que significa "poner esfuerzo" de acuerdo con la edad de los participantes. Una interpretación de "se me hizo difícil" contra "puse mucho empeño" o "me esforcé mucho (con el fin de hacerlo bien)" puede tener cierto impacto en los resultados. En la sección *Presión/Tensión* Se esperaba que dadas las diferencias en las condiciones bajo las cuales se llevaron a cabo las pruebas de cada modalidad, la diferencia fuera mayor. Las condiciones de la prueba Inmersiva fueron individuales en un espacio semi controlado sin

presencia parental; por el contrario, las pruebas No Inmersivas fueron a distancia, grupales y con presencia parental. Si bien se existe una diferencia en los datos, no se confirma alguna relación con la modalidad.

Durante las intervenciones realizadas, se encontró que el apartado de *Afinidad* generaba confusión en los participantes ya que los reactivos hablaban de compañeros de clase o grupo que se asumen presentes durante la prueba y que pudieran generar sensaciones de distanciamiento o aislamiento. Debido a las condiciones bajo las cuales se llevaron a cabo las intervenciones, dicho grupo no existía. Así, en las intervenciones se omitió preguntar al participante sobre este aspecto y se colocaron respuestas aleatorias, mínimas o neutras. Los datos, por tanto, no reflejan la realidad de los participantes y fue omitida en el análisis.

En el SOPI, se destacaron únicamente el *Sentido del espacio físico* y la *Validez ecológica*, además del referente general *SOPI Total*. En los tres casos los niveles son mayores en la modalidad inmersiva. El sentido del espacio físico se relaciona con la sensación de sustitución de la realidad “real” por la realidad virtual e involucra la sensación de tener la capacidad de tocar los objetos y moverlos, percibir aromas y tener la idea de que el entorno reacciona a la presencia física del participante aun cuando no está ahí. La validez ecológica se asocia más a la interacción con los personajes del ASI y la participación con ellos. Así, los resultados refieren que la versión Inmersiva se sintió más “real” que la No Inmersiva.

# **CAPÍTULO 7.**

## **Conclusiones**

Con el presente trabajo se logró obtener evidencia sobre el efecto de las tecnologías inmersivas en la sensación de presencia y los cambios favorables en las emociones auto reportadas. Particularmente la percepción que se tiene de estas últimas en momentos independientes de la intervención con el AVAI (i.e. las últimas semanas). De igual forma se pudo observar que ciertos grupos de respuestas dependen más del individuo en sí mismo y no tanto de las condiciones o tecnologías que se usen, siendo el sentimiento de orgullo el más relevante.

Sin embargo, el bajo número de participantes, la condición de selección no aleatoria de los mismos, la diferencia entre protocolos modales y las diferencias sutiles, pero de importancia en los grupos etarios, generan mucho ruido en los datos: Por esto, es difícil llevar los hallazgos a generalidades concluyentes al 100%. A pesar de estas dificultades fue posible obtener hallazgos importantes.

Al determinar si existen diferencias significativas entre las respuestas de los instrumentos asociadas a la modalidad Inmersiva y No Inmersiva de la intervención con el AVAI ASI, hay correlaciones que señalan una relación entre un estado de ánimo percibido como de enojo y depresión, con signos de problemas psicológicos reales que además regulan la valencia emocional reportada tras la intervención.

La modalidad Inmersiva mostró efectos positivos, al mejorar la percepción de depresión en un 43.75% de los casos, enfado en un 68.75% y asustado en un 56.25%. Es decir, que los participantes reevaluaron sus emociones de manera favorable.

En general el uso de un ambiente virtual tuvo efectos positivos al disminuir la media de sentimientos y emociones negativas como temeroso en 0.793 puntos correspondientes a un 15.86% y triste en 0.449 que corresponde a una mejora del 8.98%.

Si bien las emociones positivas parecen no presentar cambios, puede concluirse que no hay efectos adversos sobre las mismas y, en algunos casos, si la escala Likert post-intervención permitiera contestar niveles más altos (e.g. del 1 al 10) las respuestas seguramente habrían presentado también una mejoría.

Adicionalmente se identificó que la edad es un factor determinante dentro para las pruebas. A pesar de ser un rango de tan solo 6 años, se encontraron diferencias significativas asociadas a la edad. Los niños de 6 a 8 años reportaron niveles superiores de sentimientos y emociones positivas como 0.653 puntos en *Contento* pre-intervención, 0.39 puntos en *Contento* post-intervención y 0.6571 puntos en *Alegre* post-intervención, una diferencia de 13.06%, 7.8% y 13.14% respectivamente contra niños de mayor edad. En la dimensión *Intensidad* del SAM, el mismo grupo reportó una media 0.71 puntos superior (14.2%), con un primer cuartil también 20% más alto que el grupo de niños mayores. Dado que los grupos modales tienen participantes de ambos grupos etarios, es muy posible que algunos efectos queden neutralizados o minimizados, lo que haría difícil su detección u ocultaría su relevancia.

De los efectos externos observados durante las pruebas Inmersivas sobresale que algunos participantes intentaron usar solo la mano (i.e. sin usar el control háptico) para intentar sujetar o tocar cosas del entorno. Lo mismo se observó con la mano no dominante (i.e. aquella sin el control háptico) aparentemente en un intento de comprobar o comparar lo percibido visualmente y mediante el control háptico. Este tipo de reacciones pueden interpretarse también como un indicativo de la sensación de presencia lograda en el participante. Otro tipo de reacción es removerse el visor con periodicidad. La búsqueda de “regresar a la realidad” es una señal clara de nerviosismo, ansiedad o miedo; los investigadores deben estar atentos a este tipo de comportamientos y tomar las medidas necesarias para determinar si se continúa o no con la prueba.

El sentido de presencia se describe técnicamente también como la “sensación de no mediación”. Es decir, el usuario olvida que lo que experimenta es gracias a dispositivos electrónicos y no a la realidad misma. Durante las pruebas Inmersivas, los participantes sujetaban por momentos el visor con la intención de asegurarlo más al rostro, producto de que los dispositivos de RV no están diseñados ergonómicamente para niños de la edad seleccionada. Esto afecta la usabilidad del ASI al mantener la atención en un elemento "fuera" del entorno virtual, además de hacer obvia la mediación de los dispositivos. Es importante en estos casos, contar con dispositivos que ergonómicamente no representen un problema al usuario o usar adaptadores y/o accesorios que ayuden con dichas incomodidades.

Otra limitante del proyecto fue el tamaño de la población. El objetivo inicial de contar con 30 participantes por modalidad fue recortado a menos de la mitad por circunstancias derivadas de la pandemia de COVID-19. Debido a la misma, las condiciones y protocolos bajo los que se llevaron a cabo las pruebas difieren por modalidad; siendo la No Inmersiva de forma remota y la Inmersiva de forma presencial. Si bien los análisis no mostraron que esto fuera relevante en la mayoría de los casos pre-intervención, algunos sí indican que esta condición influye en el estado anímico general del participante. La recomendación es que ambas se lleven a cabo bajo un mismo esquema presencial y con condiciones controladas para disminuir el ruido durante las pruebas.

### **7.1.-Trabajos futuros**

Si bien este estudio ha encontrado diferencias significativas asociadas a la modalidad y la edad, debido al tamaño de la muestra los resultados no pueden ser generalizados. Es recomendable para este tipo de estudios, incrementar la cantidad de participantes de forma que cada modalidad tenga al menos 30 individuos con condiciones homogéneas. Dentro de lo que permitan las condiciones de salud respecto a la pandemia de COVID-19, es importante que las intervenciones No Inmersivas

se lleven a cabo de manera presencial buscando compartir la mayor cantidad de características posibles con su contraparte Inmersiva.

Las variables analizadas con respecto a la edad fueron seleccionadas a lo largo del estudio con respecto a la modalidad y obedeciendo en parte a lo encontrado en las correlaciones entre instrumentos. Queda abierta la exploración de las variables no seleccionadas donde es muy posible que se encuentren más asociaciones al grupo etario. También es posible que las condiciones iniciales sean las que determinen los cambios de las respuestas, en particular una actitud positiva puede llevar a mejorar la sensación de presencia (Sun et al, 2015). O, de acuerdo a lo encontrado, si previo a la intervención un grupo modal reporta niveles de enfado mayores a los de un segundo grupo, es muy probable que en los resultados post-intervención la mejora sea solo visible en el primer grupo. Eso lleva a cuestionar si los efectos modales serian igualmente visibles con ambos grupos reportando niveles similares de enfado u otra emoción de interés. Organizar los grupos usando el PANAS como criterio puede ayudar a aclarar más los efectos asociados a la modalidad reduciendo el ruido de las condiciones emocionales iniciales.

Futuros proyectos y pruebas deberían enfocarse entonces en grupos más homogéneos en sexo, edad y estado emocional.

De acuerdo con (Monteiro et al., 2018) tener o mostrar preferencia sobre una versión en particular se refleja en una valencia más positiva después del uso de la misma. En el presente trabajo, sin la posibilidad de elegir entre modalidades, la disposición a participar en la prueba bajo la promesa del uso de una herramienta virtual nueva (i.e. factor novedad) contra la idea de un material didáctico tradicional (e.g. libro de texto) bien podría tener el mismo efecto preferencial. Para aclarar la influencia de este efecto podría repetirse la intervención a un mismo grupo modal una vez por semana y determinar si con cada uso posterior, hay cambios en los niveles de motivación,

interés o presencia. Del mismo modo, pueden compararse grupos cuyas intervenciones estén espaciadas con diferentes tiempos y determinar si el efecto novedad desaparece de formas distintas, se mantiene o se recupera. Una prueba de 2x2 podría arrojar más información acerca de este efecto y la preferencia sobre versiones, sobre las respuestas emocionales y motivacionales.

Realizar pruebas con una versión del AVAI ASI con vista 1PP requiere de más estudios y por ahora no se recomienda. Aunque colocar al participante como sujeto principal de un evento en realidad virtual (en 1PP) tiene mejores efectos aun cuando el control no sea directo (Kang et al, 2021) y tenga potencial en el mejoramiento de la autopercepción y manejo de la ansiedad, no hay aún suficientes estudios que permitan llevar a cabo tal práctica con niños en edad primaria de manera que pueda ser considerada segura. Por el contrario, algunos estudios podrían sugerir que dicha práctica podría tener efectos contrarios a los deseados si no se maneja con precaución y de forma integral la aproximación (Segovia and Bailenson, 2009; Gonzales-Lienres et al, 2020; Alsina-Jurnet et al., 2011), en particular si entre los participantes alguno ya ha sido víctima de un evento de abuso y se desconoce.

## 8. Referencias

- Alsina-Jurnet, I., Gutiérrez-Maldonado, J., y Rangel-Gómez, M.-V. (2011). The role of presence in the level of anxiety experienced in clinical virtual environments. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 504–512. doi:10.1016/j.chb.2010.09.018
- Alizadehsalehi, S., Hadavi, A., y Huang, J. C. (2019). Virtual reality for design and construction education environment. In M. D. F. Ling, R. M. Leicht, & R. L. Solnosky (Eds.), *AEI 2019: Integrated Building Solutions - The National Agenda - Proceedings of the Architectural Engineering National Conference 2019*, 193-203. (AEI 2019: Integrated Building Solutions - The National Agenda - Proceedings of the Architectural Engineering National Conference 2019). American Society of Civil Engineers (ASCE). doi: 10.1061/9780784482261.02
- Arana Llanes, J. Y. (2020) *Explotación de estados cognitivos en entornos e-learning a partir de BCI no invasivas*. (Tesis de Doctorado). Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Morelos, México.
- Baños, R. M., Botella, C., Alcañiz, M., Liaño, V., Guerrero, B., y Rey, B. (2004). Immersion and emotion: their impact on the sense of presence. *Cyberpsychology & behavior: the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 7(6), 734–741. doi.org/10.1089/cpb.2004.7.734
- Bouras, C., Philopoulos, A., y Tsiatsos, T. (2001). e-Learning through distributed virtual environments. *Journal of Network and Computer Applications*, 24(3), 175–199. doi:10.1006/jnca.2001.0131
- Bouras C., Psaltoulis D., Psaroudis C., y Tsiatsos T. (2002) An Educational Community Using Collaborative Virtual Environments. En Fong J., Cheung C.T., Leong H.V., Li Q. (eds) *Advances in Web-Based Learning. ICWL 2002. Lecture Notes in Computer Science*, vol 2436. (pp. 180-191) Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/3-540-45689-9\_15
- Bradley, M. M., y Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49–59. doi:10.1016/0005-7916(94)90063-9
- Butt, A. L., Kardong-Edgren, S., & Ellertson, A. (2018). Using game-based virtual reality with haptics for skill acquisition. *Clinical Simulation in Nursing*, 16, 25-32. doi: 10.1016/j.ecns.2017.09.010
- Buttussi, F., y Chittaro, L. (2018). Effects of Different Types of Virtual Reality Display on Presence and Learning in a Safety Training Scenario. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24 (2), 1063-1076. doi:10.1109/tvcg.2017.2653117
- Capece, N., Erra, U., and Mirauda, D. (2019). Streamflowvr: A tool for learning methodologies and measurement instruments for river flow through virtual reality. En De Paolis, L. T. y

- Bourdot, P. (eds) *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics* (pp 456-471), Cham. Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-030-25999-0\_37
- Carruth, D. W. (2017). Virtual reality for education and workforce training. 2017 *15th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*. doi:10.1109/iceta.2017.8102472
- Chirico, A., Cordella, L., Ferrise, F., y Gaggioli, A. (2018). Designing awe in virtual Reality: an experimental study. *Frontiers in psychology*, 8,2351 doi:10.3389/fpsyg.2017.02351
- Cisneros Brito, E. J. (2018). *Tutor virtual inteligente para Ambiente Virtual de Aprendizaje Inmersivo mediante tecnología de cognición aumentada*. (Tesis de Maestría) Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Morelos, México.
- Claxton, L. J., y Ponto, K. C. (2013). Understanding the properties of interactive televised characters. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 34(2), 57–62. doi:10.1016/j.appdev.2012.11.007
- Cummings J. J., y Bailenson J. N. (2015) How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence, *Media Psychology*, 19 (2), 272-309, DOI: 10.1080/15213269.2015.1015740
- D'Mello S. y Graesser A. (2012). Dynamics of affective states during complex learning. *Learning and Instruction*, 22, 145-157. doi: 10.1016/j.learninstruc.2011.10.001
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323, 66-69. doi:10.1126/science.1167311
- Franzuebbers, A., y Johnsen, K., (2018). Performance benefits of high-fidelity passive haptic feedback in virtual reality training. *Proceedings of the Symposium on Spatial User Interaction*, pp. 16-24. doi:10.1145/3267782.3267790
- Gonzalez-Liencre, C., Zapata, L. E., Iruretagoyena, G., Seinfeld, S., Perez-Mendez, L., Arroyo-Palacios, J., Borland, D., Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2020). Being the victim of intimate partner violence in virtual reality: first- versus third-person perspective. *Frontiers in psychology*, 11, 820. doi:10.3389/fpsyg.2020.00820
- Gorisse, G., Christmann, O., Amato, E. A., and Richir, S. (2017). First- and third-person perspectives in immersive virtual environments: Presence and performance analysis of embodied users. *Frontiers in Robotics and AI*, 4:33.
- Górski, F., Buń, P., Wichniarek, R., Zawadzki, P., Hamrol, A. (2017). Effective Design of Educational Virtual Reality Applications for Medicine using Knowledge-Engineering Techniques. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 395-416. doi:10.12973/eurasia.2017.00623a
- Haginoya, S., Yamamoto, S., Pompedda, F., Naka, M., Antfolk, J., & Santtila, P. (2020). Online simulation training of child sexual abuse interviews with feedback improves interview

quality in japanese university students. *Frontiers in psychology*, 11, 998.  
doi:10.3389/fpsyg.2020.00998

- Helsel, S. (1992). Virtual reality and education. *Educational Technology*, 32 (5), 38-42
- Kang et al., 2021] Kang, N., Ding, D., Riemsdijk, M. B. V., Morina, N., Neerinx, M. A., and Brinkman, W.-P. (2021). Self-identification with a virtual experience and its moderating effect on self-efficacy and presence. *International Journal of Human Computer Interaction*, 37(2):181–196
- Kovacs M. (1985) The Children's Depression, Inventory (CDI). *Psychopharmacol Bull.* 21(4):995-8. PMID: 4089116.
- Lalor, K., y McElvaney, R. (2010). Child sexual abuse, links to later sexual exploitation/high-risk sexual behavior, and prevention/treatment programs. *Trauma, violence & abuse*, 11(4), 159–177. doi.org/10.1177/1524838010378299
- Lessiter, J., Freeman, J., Keogh, E., y Davidoff, J. (2001). A cross-media presence questionnaire: The itc-sense of presence inventory. *Presence*, 10(3):282–297.
- Lombard, M. y Ditton, T. (1997). At the Heart of It All: The Concept of Presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2). JCMC321.
- Makhkamova, A., Exner, J.-P., Greff, T., y Werth, D. (2020). Towards a taxonomy of virtual reality usage in education: a systematic review. En: Jung T., tom Dieck M., Rauschnabel P. (eds) *Augmented Reality and Virtual Reality*, 283–296. Progress in IS. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-37869-1\_23
- Makransky, G., y Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, 66. 1141 doi:10.1007/s11423-018-9581-2
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., y Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60 (1), 225-236. Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.learninstruc.2017.12.007
- Mann, S., Furness, T., Yuan, Y., Iorio, J., y Wang, Z. (2018). All reality: virtual, augmented, mixed (X), mediated (X,Y), and multimediated reality. ArXiv, abs/1804.08386.
- Michela, A., van Rooij, M. M. J. W., Klumpers, F., van Peer, J. M., Roelofs, K., y Granic, I. (2019). Reducing the noise of reality. *Psychological Inquiry*, 30(4):203–210
- Mikropoulos T.A., y Natsis A. (2010) Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56, 769-780. doi:10.1016/j.compedu.2010.10.020
- Mikropoulos, T.A., Chalkidis, A., Katsikis, A., y Emvalotis, A. (1998). Students' Attitudes Towards Educational Virtual Environments. *Education and Information Technologies*, 3 (2): 137-148 doi:10.1023/A:1009687025419

- Monteiro, D., Liang, H.-N., Abel, A., Bahaei, N., & Monteiro, R. de C. (2018). Evaluating Engagement of Virtual Reality Games Based on First and Third Person Perspective Using EEG and Subjective Metrics. *2018 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)*. doi:10.1109/aivr.2018.00015
- Moon, K. J., Park, K. M., & Sung, Y. (2017). Sexual Abuse Prevention Mobile Application (SAP\_MobAPP) for Primary School Children in Korea. *Journal of Child Sexual Abuse*, 26(5), 573–589. doi:10.1080/10538712.2017.1313
- Moreno, R., y Mayer, R. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326. doi:10.1007/s10648-007-9047-2
- Noghabaei, M., Asadi, K., y Han, K. (2019). Virtual manipulation in an immersive virtual environment: simulation of virtual assembly. *Computing in Civil Engineering 2019: Visualization, Information Modeling, and Simulation*, 95-102. doi.org/10.1061/9780784482421
- Olmos-Raya, E., Ferreira-Cavalcanti, J., Contero, M., Castellanos, M.C., Chicchi Giglioli, I.A., y Alcañiz, M. (2018). Mobile virtual reality as an educational platform: a pilot study on the impact of immersion and positive emotion induction in the learning process. *EURASIA journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(6), 2045-2057 doi:10.29333/emjste/85874
- Pulijala Y., Ma M., y Ayoub A. (2017) VR Surgery: Interactive Virtual Reality Application for Training Oral and Maxillofacial Surgeons using Oculus Rift and Leap Motion. En: Ma M., Oikonomou A. (eds) *Serious Games and Edutainment Applications*. Springer, Cham. doi.org/10.1007/978-3-319-51645-5\_8
- Ragan, E. D., Bowman, D. A., Kopper, R., Stinson, C., Scerbo, S., y 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. doi:10.1109/tvcg.2015.2403312
- Reisoğlu, I., Topu, B., Yılmaz, R., Karakuş Yılmaz, T., y Göktaş, Y. (2017). 3D virtual learning environments in education: a meta-review. *Asia Pacific Education Review*, 18(1), 81-100. doi:10.1007/s12564-016-9467-0
- Ryan, R. M. and Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1):54–67. Doi: doi.org/10.1006/ceps.1999.1020
- Sanchez-Vives, M. V., y Slater, M. (2005). From presence to consciousness through virtual reality. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(4), 332–339. doi:10.1038/nrn1651
- Schroeder B.L., Bailey S.K.T., Johnson C.I., Gonzalez-Holland E. (2017) Presence and Usability Do Not Directly Predict Procedural Recall in Virtual Reality Training. En: Stephanidis C. (eds) *HCI International 2017 – Posters' Extended Abstracts*. HCI 2017. *Communications in*

*Computer and Information Science*, vol 714. Springer, Cham doi.org/10.1007/978-3-319-58753-0\_9

- Segovia, K. Y., & Bailenson, J. N. (2009). Virtually True: Children's Acquisition of False Memories in Virtual Reality. *Media Psychology*, 12(4), 371–393. doi:10.1080/15213260903287267
- Shapiro, M. A., y McDonald, D. G. (1992). I'm Not a Real Doctor, but I Play One in Virtual Reality: Implications of Virtual Reality for Judgments about Reality. *Journal of Communication*, 42(4), 94–114. doi:10.1111/j.1460-2466.1992.tb
- Slater, M. y Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3:74
- Slater, M., y Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6, 603-616. doi:10.1162/pres.1997.6.6.603
- Slater M., Spanlang B., Sanchez-Vives M. V., y Blanke O. (2010) First person experience of body transfer in virtual reality. *PLoS ONE* 5(5): e10564. doi:10.1371/journal.pone.0010564
- Sun, H. M., Li, S. P., Zhu, Y. Q., y Hsiao, B. (2015). The effect of user's perceived presence and promotion focus on usability for interacting in virtual environments. *Applied Ergonomics*, 50, 126-132. doi:10.1016/j.apergo.2015.03.006
- Tutty, L. M., Aubry, D., & Velasquez, L. (2020). The “Who Do You Tell?”™ Child Sexual Abuse Education Program: Eight Years of Monitoring. *Journal of Child Sexual Abuse*, 1–20. doi:10.1080/10538712.2019.16639
- Våpenstad, C., Hofstad, E. F., Bø, L. E., Kuhry, E., Johnsen, G., Mårvik, R., y Hernes, T. N. (2017). Lack of transfer of skills after virtual reality simulator training with haptic feedback. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, 26(6), 346–354. doi:10.1080/13645706.2017.1319866
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 1063–1070. doi:10.1037/0022-3514.54.6.1063
- Webster R. (2015) Declarative knowledge acquisition in immersive virtual learning environments Interactive. *Learning Environments*. 24 (6), 1319-1333 doi:10.1080/10494820.2014.994533
- Won, A. S., Bailey, J., Bailenson, J., Tataru, C., Yoon, I. A., & Golianu, B. (2017). Immersive virtual reality for pediatric pain. *Children (Basel, Switzerland)*, 4(7), 52. doi:10.3390/children4070052
- Wu, W., Hartless, J., Tesei, A., Gunji, V., Ayer, S., y London, J. (2019). Design Assessment in Virtual and Mixed Reality Environments: Comparison of Novices and Experts. *Journal of*

*Construction Engineering and Management*, 145(9), 04019049. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0001683

## **9. Bibliografía**

Marc Burgin, *Theory of Knowledge: Structures and Processes*, World Scientific, 2016, p. 48.

Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016) *e-Learning and the science of instruction*. Wiley & Sons, Inc., Estados Unidos.

UNICEF. (2019). Panorama estadístico de la violencia contra niñas, niños y adolescentes en México. Recuperado de <https://www.unicef.org/mexico/publicaciones-e-informes>