

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

FACULTAD DE INFORMÁTICA CULIACÁN

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL ESPACIO

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN



“Desarrollo de ambientes virtuales para el apoyo en la rehabilitación de niños con autismo en nivel 1, utilizando una interfaz háptica”

TESIS

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN**

PRESENTA

Raúl Quevedo García

Directores de tesis:

Dr. Xiomara Penélope Zaldívar Colado

Dr. Ulises Zaldívar Colado

Culiacán, Sinaloa. Marzo de 2022



Dirección General de Bibliotecas



U n i v e r s i d a d A u t ó n o m a d e S i n a l o a

Restricción de uso

UAS-Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial Compartir Igual, 4.0 Internacional.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Culiacán el día 5 del mes Mayo del año 2022, el (la) que suscribe Raul Quevedo Garcia alumno (a) del Programa de Maestría Ciencias de la Información con número de cuenta 19671512, de la Unidad Académica Facultad de informática, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Xiomara Penélope Zaldívar Colado y de acuerdo al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor, cede los derechos del trabajo intitulado "Desarrollo de ambientes virtuales para el apoyo en la rehabilitación de niños con autismo en nivel 1, utilizando una interfaz háptica", a la Universidad Autónoma de Sinaloa para su publicación, difusión, edición, reedición, traducción, compilación, distribución y explotación en medios impresos y digitales, con fines académicos y de investigación, la que será titular del mismo, en forma conjunta o separada con el autor.

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de ésta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

En apego al Art. 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor Cedo el derecho de publicación, difusión, edición, reedición, traducción, compilación, distribución y explotación en medios impresos y digitales, con fines académicos y de investigación a la Universidad Autónoma de Sinaloa.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Raul Quevedo Garcia', written over a horizontal line.

Raul Quevedo Garcia

Nombre completo y firma



DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y ANTIPLAGIO

A través de la presente Yo: **Raul Quevedo Garcia**, con número de cuenta: **1967151-2** y alumno del Programa de **Maestría en Ciencias de la Información**, con sede en la Facultad de Informática Culiacán y Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

DECLARO QUE:

El trabajo de tesis que presento para su defensa y el cual se titula: **“Desarrollo de ambientes virtuales para el apoyo en la rehabilitación de niños con autismo en nivel 1, utilizando una interfaz háptica”**

- 1.- Es el resultado de un trabajo personal y constituye un documento original e inédito.
- 2.- Los documentos, artículos, informes, etc. Utilizados para la realización del trabajo están referenciados de forma clara, tanto en el texto principal como en el apartado de bibliografía de la presente tesis.
- 3.- Que las citas de las obras que aparecen reflejadas de forma literal y entre comillas, presentan clara especificación de la fuente (autor, año) d la que ha sido extraídas.
- 4.- Tengo conocimiento que no puedo asumir como propio el trabajo de tesis de otra persona, la copia de frases, párrafos e ideas de otro trabajo sin citar autoría, o cualquier otra acción de similares características conlleva a la realización fraudulenta del manuscrito de tesis y podrá implicar la suspensión del examen de grado en tanto no se corrija o bien la suspensión definitiva, esto acorde con el nivel en que se pudiese incurrir.
- 5.- Soy consciente de que pretender ser el autor de un trabajo, en parte o en su totalidad, escrito por otra persona constituye un delito con base en los artículos 424 y 427 del código penal federal, título vigesimosexto de los delitos en materia de derechos de autor en la República Mexicana.

Culiacán, Sinaloa a 5 de mayo de 2022

Nombre y Firma del alumno

DEDICATORIA

A mi esposa:

Anahí Margarita Tejeda Carrillo, por todo el apoyo que me diste para cumplir esta meta.

A mis hijos:

José Luis Quevedo Tejeda, Raúl Quevedo Tejeda y Anayra Quevedo Tejeda, por ser mi mayor pilar para darme fuerza y nunca darme por vencido

A mis padres:

Mauro Quevedo Diaz y Arcelia Garcia Mora, por el apoyo que me das desde el cielo padre y mi madre que siempre me das tu bendición en cada meta que me propongo.

AGRADECIMIENTOS

A la universidad autónoma de Sinaloa y al posgrado en ciencias de la información, por ser mi casa de estudios y brindarme los conocimientos científicos y elevar mi nivel académico y profesional.

A CONACyT por apoyarme con mi beca para dedicarme exclusivamente a los estudios de maestría.

A mis directores de tesis Dr. Xiomara Penélope Zaldívar Colado, Dr. Ulises Zaldívar Colado y al M.C. Zeus del Valle Castillo Nájera siempre estaré agradecido por todo su apoyo y atención.

A mis profesores del posgrado por haberme brindado todo el conocimiento científico y elevar mi calidad académica.

A mis amigos de generación de la maestría, que siempre me brindaron su apoyo y logre formar una linda amistad con ustedes

Índice

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	5
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.2 JUSTIFICACIÓN	8
1.3 HIPÓTESIS	9
1.4 OBJETIVOS	10
1.4.1 Objetivo general	10
1.4.2 Objetivos específicos	10
1.5 ANTECEDENTES	11
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	31
2.1 TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA	31
2.1.1 Conceptualización del TEA	33
2.1.2 Las características generales de los niños con autismo	33
2.1.3 Necesidades de los niños con TEA	38
Comunicación y lenguaje del niño con TEA	39
Relación social y emocional	40
Nivel Conductual	41
Nivel Cognitivo	42
Procesamiento global de la información	42
Área motriz	44
2.2 REALIDAD VIRTUAL	44
2.2.1 Definición de Realidad Virtual	45
2.3 PROBLEMÁTICA DE LA REALIDAD VIRTUAL (RV)	45
	7

2.3.1 La detección de colisiones	46
2.4 Solución a la detección de colisiones	47
2.4.1 Algoritmos de detección de colisiones	48
2.4.2 Phantom Omni	49
2.4.3 PQP - A Proximity Query Package	49
2.4.4 OpenGL	52
2.5 LAS INTERFACES HÁPTICAS (IH)	52
2.5.1 Aplicaciones de Dispositivos hápticos en Terapias de RV	54
2.6 ÁREAS DE INTERVENCIÓN A TRAVÉS DE LAS IH	60
2.6.1 Definición de motricidad	61
2.6.2 Motricidad gruesa	61
2.6.3 Motricidad Fina	62
2.1.8 Motricidad aplicado a los niños con autismo	63
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN	64
3.1 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	64
3.2 MÉTODO DE SOLUCIÓN	64
3.3 VARIABLES DE MEDICIÓN	67
3.4 MUESTRA	67
3.5 PARTICIPANTES	67
3.6 RECURSOS MATERIALES: HARDWARE Y SOFTWARE	68
CAPITULO IV. DESARROLLO	70
4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	70
CAPITULO V. IMPLEMENTACIÓN	73
5.1 GRUPOS DE CONTRASTE	73

5.2 SOFTWARE	73
5.3 PROCEDIMIENTO	74
5.4 AMBIENTES VIRTUALES	74
5.5 DIFICULTADES DE LA INVESTIGACIÓN	76
CAPÍTULO VI. RESULTADOS	77
5.1 VARIABLE TIEMPO	77
5.2 VARIABLE NIVEL DE SIMILITUD EN LA FIGURA REPLICADA	79
5.3 VARIABLE NIVEL DE ATENCIÓN ENFOCADO EN LA ACTIVIDAD	81
5.4 VARIABLE NIVEL DE TOLERANCIA A LA FRUSTRACIÓN	83
CONCLUSIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	95
ANEXO 1: FORMATO DE MEDICIÓN	95

Índice de Figuras y Gráficas

Figura 1.4.3.1 Detección de colisiones	50
Figura 2.4.3.2 cálculo de la distancia	51
Figura 3.2.1 Identificación de vértices y caras de cada rectángulo del ambiente virtual	65
Figura 4.1.1 Figuras rectangulares con las que interactúa el paciente	70
Figura 5.4.1 Ambiente virtual Simple Deformable Surface interactuando con participantes del grupo A..	75
Figura 5.4.2 Ambiente virtual Simple Point Manipulation interactuando con participantes del grupo A.	76

Figura 5.4.3 Implementación del ambiente virtual interactuando con
participantes del grupo A.. 76

Gráfica 1 Grupo A Variable Tiempo	78
Gráfica 2 Variable Tiempo Grupo B	79
Gráfica 3 Variable Medición Nivel de igualdad a la Figura con el Grupo A	80
Gráfica 4 Variable Medición Nivel de igualdad a la Figura con el Grupo B	81
Gráfica 5 Variable de medición del Nivel de Atención en la actividad del Grupo A	82
Gráfica 6 Variable de medición del Nivel de atención en la actividad del Grupo B	83
Gráfica 7 Variable de medición del Nivel de tolerancia a la frustración con el Grupo A	84
Gráfica 8 Variable de medición del Nivel de tolerancia a la frustración con el Grupo B	85

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El trastorno del espectro autista (TEA) es una alteración que afecta el neurodesarrollo. Las investigaciones señalan que los niños que presentan este trastorno tienen una distribución neurobiológica de la corteza cerebral diferente al resto de las personas, lo que origina dificultades en el desarrollo de habilidades.

Berenguer, Roselló y Baizauli (2018) mencionan que los niños con TEA presentan características conductuales que impiden que se integren en las diferentes actividades escolares. Algunas de estas características son carencias en la comunicación e interacción social, y la presencia de patrones de conducta, intereses o actividades limitados y repetitivos.

Dichas características provocan en los niños con TEA problemas en su desempeño académico; se les dificulta el contacto y la convivencia con sus compañeros; así como realizar actividades escolares cuando tienen que salir de su rutina. Esto significa que es necesario modificar los comportamientos y rutinas de estos alumnos para que desarrollen en lo posible habilidades de socialización y, de esta forma, logren una mayor integración en los grupos en los que se desenvuelven, con el objetivo de favorecer su desarrollo integral.

Se debe de tomar en cuenta que el trastorno del espectro autista (TEA), como todo tipo de discapacidad, es una condición muy compleja en lo que se refiere a niveles y formas de manifestación (Fuentes, 2018). A lo anterior es indispensable buscar que los niños con este padecimiento tengan una inclusión asistida individualmente, precisa a sus necesidades de aprendizaje y rehabilitación; para lo que la Realidad Virtual (RV) a través de las interfaces hápticas ha demostrado ser una herramienta eficaz.

La Realidad Virtual (RV) es una simulación virtual, abstracta y tridimensional del mundo real, en la cual podemos visualizar e interactuar con el ambiente virtual creado por una computadora. En el ámbito de la rehabilitación, los ambientes virtuales han demostrado una integración superior con la percepción de espectador y esto no está limitado a algún tipo de persona

o edad. La implementación de ambientes virtuales integrados en alguna rehabilitación tiene mucho potencial debido a su versatilidad y rápido despliegue; todo esto a bajo costo y con la posibilidad de ser completamente reutilizable. Con los beneficios de la Realidad Virtual (RV) se desarrollarán habilidades o técnicas que ayuden a mejorar la motricidad fina a niños con este padecimiento.

Por ello, en este proyecto se creará un ambiente virtual con una interfaz háptica, que sirva de apoyo para que los niños con este padecimiento progresen en su rehabilitación, socialización y, además, permitirá comparar la eficacia que tiene el ambiente propuesto ante el método de rehabilitación que se utiliza actualmente. A continuación, se plantea el panorama del problema que se pretende abordar con esta investigación.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El autismo es considerado como uno de los padecimientos con mayor diagnóstico y, en los últimos años, su número ha aumentado. Algunas de sus consecuencias más notorias son las dificultades para la socialización, comunicación y aislamiento (Jara, 2017).

Como ya se mencionó, el TEA es un trastorno del neurodesarrollo. Su prevalencia es de aproximadamente un 2% en población escolar (Blumberg, y otros, 2013). Joshi et al. (2017) atribuyen este incremento de prevalencia a que ha aumentado la capacidad de reconocer los síntomas de TEA en niños con capacidad cognitiva dentro de los límites de la normalidad.

De igual forma, es importante identificar que el TEA incluye categorías que en clasificaciones previas (DSM-IV-TR) se denominaban Trastorno Autista, Trastorno de Asperger y Trastorno Generalizado del Desarrollo no especificado.

Según lo reportado por la Secretaría de Salud (2018) en Estados Unidos de Norteamérica se estima que 1 de 68 niños de 8 años de edad padecen de

TEA. En México se reporta una prevalencia de 1:115 niños, lo que es congruente con lo reportado para la población hispana en Estados Unidos de Norteamérica y mayor que algunos países latinoamericanos como Brasil, Venezuela y Argentina. Con base en esta prevalencia reportada, se estima que en México habría aproximadamente 400,000 personas menores de 18 años con TEA (Zavaleta & Hernández, 2018).

A pesar de la enorme variabilidad que presenta el TEA, Berenguer et al. (2018) consideran que un alto porcentaje de los niños con TEA de alto funcionamiento se desempeñan peor de lo esperado en al menos un área académica y tienen 5.5 veces más probabilidades de mostrar dificultades de aprendizaje; lo que puede incidir en un bajo desempeño académico, que no adquieran los conocimientos contemplados en las planeaciones e incluso derivar en la deserción escolar de estos alumnos. Lo anterior se debe a que, como los autores lo señalan, los síntomas nucleares del TEA y sus características asociadas suelen tener importantes repercusiones en la conducta de aprendizaje.

En este sentido, la realidad virtual aplicada a niños con autismo conforma un área de investigación muy prometedora en la actualidad. Los grandes avances en este campo en los últimos años han impulsado el desarrollo de nuevas tecnologías para mejorar el progreso para este padecimiento, dado que se están haciendo implementaciones de Realidad virtual (RV) en diversos ámbitos la salud mental, mediante el proceso de evaluación e intervención en patologías y condiciones de orden mental tales como el TEA, las que se benefician principalmente por la atracción por parte de la población más joven hacia estas tecnologías, y en especial por la posibilidad de simular la realidad, lo que ha aumentado la validez ecológica en los procesos de evaluación e intervención. De esta forma, se ha comprobado en investigaciones que la realidad virtual tiene un efecto positivo en la mejora y captación de la atención de los niños con Trastorno Espectro Autista; pero aún es necesaria la estandarización de los protocolos de atención que utilizan

herramientas tecnológicas con el objetivo de tener una práctica clínica e investigativa unificada (Delgado, Ocampo y Sánchez, 2020).

Las limitaciones en este campo son las interfaces que reducen el realismo con la que se puede simular la interacción con el mundo real. Por ejemplo, tener la sensación de tocar los objetos virtuales y así como la poca evidencia empírica que existe hasta el día de hoy para poder determinar si en verdad eleva el progreso de los niños con TEA con Realidad virtual e Interfaz Háptica (Pérusseau, 2016); por lo que en este proyecto se propone el uso de interfaces hápticas para la rehabilitación de niños con TEA.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Baker encontró que, desde 1997, los diagnósticos de TEA aumentaron un 200% a pesar de que la población disminuyó un 0.5% (Baker, 2002). En nuestro país, la Secretaría de Salud (2017) señala que casi un 1% de todos los niños en México, es decir, alrededor de 400,000 tienen autismo. Cabe señalar que este dato se obtuvo como resultado del primer estudio de prevalencia en México, por lo que no se puede comparar esto con la prevalencia en años previos, pero para comparación, hace 20 años se pensaba que el autismo afectaba a uno de cada 1,000 o menos niños/as en EU. Esta cifra de 400,000 niños/as con TEA representa un número muy importante y un problema urgente de salud pública en México (SS, 2017); de igual forma dada la importancia de este problema, llama la atención la carencia de estudios e investigaciones de tipo cuantitativo a este respecto.

Como se mencionó con antelación, los niños con TEA presentan características conductuales que impiden que se integren en las diferentes actividades escolares. Algunas de estas características son carencias en la comunicación e interacción social, y la presencia de patrones de conducta, intereses o actividades limitados y repetitivos; lo que implica estrategias de rehabilitación diseñadas especialmente para esta población.

A su vez, las mencionadas características provocan en los niños con TEA problemas en su desempeño académico; se les dificulta el contacto y la convivencia con sus compañeros; así como realizar actividades escolares cuando tienen que salir de su rutina. Esto significa que es necesario modificar los comportamientos y rutinas de estos alumnos para que desarrollen en lo posible habilidades de socialización y, de esta forma, logren una mayor integración en los grupos en los que se desenvuelven, con el objetivo de favorecer su desarrollo integral Berenguer et al. (2012).

Por ello, la presente investigación se enfocará en optimizar o mejorar el progreso de resultados en los tratamientos de rehabilitación de niños con autismo. Esta investigación se vuelve relevante debido al incremento de personas con diagnóstico de este padecimiento.

Además, se pretende brindar una propuesta de mejora en los métodos de rehabilitación con el uso de la tecnología, creando ambientes virtuales y utilizando interfaces hápticas que permitan una terapia empática y con resultados sobresalientes.

De esta forma, el presente trabajo permitiría demostrar mejoras significativas en la rehabilitación de los niños con TEA de nivel 1, que como se mencionó, actualmente afecta a un gran número de personas en el mundo entero y, en nuestro país. Por otra parte, se puede demostrar la eficacia que tiene el ambiente virtual propuesto contra el método tradicional que se aplica en la actualidad y que se puede tener acceso a una alternativa con mejores resultados en la rehabilitación; lo que representará un referente de interés para la comunidad médica, docente, y familiares de población con este padecimiento.

1.3 HIPÓTESIS

Con base en lo planteado, se determina la siguiente hipótesis de investigación:

- Con el uso de una interfaz háptica y el desarrollo de ambientes virtuales en terapias de rehabilitación para niños con autismo nivel 1, se deduce el medir y mejorar el progreso con motricidad fina en comparación con la metodología utilizada actualmente.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Desarrollar un ambiente virtual utilizando una interfaz háptica para las terapias de rehabilitación en niños con trastorno autista nivel 1 para medir y mejorar los resultados en el proceso de rehabilitación y demostrar la eficacia que tiene el ambiente propuesto con respecto a la metodología tradicional.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar un ambiente virtual que permita realizar la rehabilitación en los pacientes de manera lúdica y que facilite retener la atención de los niños con TEA durante la misma.
2. Identificar las variables de medición para evaluar el progreso de terapias con RV en niños con TEA.
3. Utilizar una interfaz háptica para la manipulación de objetos dentro del ambiente virtual que permita lograr un aprendizaje más sólido con el uso de esta herramienta tecnológica y así incrementar la fluidez en el aprendizaje.
4. Crear un ambiente virtual lo más realista posible, que permita lograr los objetivos en la rehabilitación de niños con TEA con mejores resultados, es decir, progreso en su tratamiento.

5. Comparar el progreso de los niños con autismo nivel 1 que utilizan el ambiente virtual propuesto contra aquellos que utilizaron el método tradicional con el que se trabaja actualmente.

1.5 ANTECEDENTES

Para identificar métodos y estrategias de investigación, a continuación, se presentan algunas investigaciones a nivel internacional y nacional de interés para el presente trabajo, iniciando con lo que respecta a terapias para niños con TEA, para seguir con la Realidad Virtual (RV) y después abordar lo referente a las Interfaces Hápticas (HI), dado el potencial de estas tecnologías para ser utilizadas tanto en diagnósticos como en rehabilitaciones de niños con TEA.

En cuanto a terapias dirigidas a personas con TEA, en la actualidad, Villalta y Ochoa (2007) en Madrid abordan en su estudio *La terapia facilitada por animales de compañía como programa de rehabilitación* las Terapias Asistidas con Animales (TAA), las que las autoras definen como: “una intervención diseñada para mejorar el funcionamiento cognitivo, físico, social y emocional de un paciente, con objetivos específicos y delimitados en el tiempo” (Villalta y Ochoa, 2007, p.49).

Es por ello que, la Terapia Asistida con Perros (TAP) es un tratamiento complementario al del TEA con mucho futuro y que debería ser más utilizada en diversos ámbitos, con diferentes colectivos y en pacientes sin límite de edad; ya que los animales, y en especial el perro, pueden llegar a ser un elemento clave en la mejora de muchas discapacidades, trastornos o situaciones. Además, este mamífero ofrece a los pacientes una mejor calidad de vida, mejorando así aspectos físicos, cognitivos y emocionales (Villalta & Ochoa, 2007).

Por su parte, Ortiz (2014) en su aporte *Teoría de Integración Sensorial* señala que otra terapia que se utiliza con frecuencia es la Teoría de Integración

Sensorial (TIS). Ésta propone que, debido a la organización jerárquica del sistema nervioso central y a su plasticidad, es posible estimular y mejorar la neurofisiológica del procesamiento de los estímulos. Por lo que en toda intervención se favorece el proceso neurológico, que organiza la sensación del propio cuerpo y el medio ambiente. Los estudios que investigan la eficacia de las TIS en la población autista muestran una evidencia prometedora (Ortíz, 2014).

Cabe señalar también que muchas fobias afectan especialmente a niños con TEA, tales como la fobia a volar o miedo a las alturas. Existen muchos métodos para tratar dichas fobias: en particular una investigación llevada a cabo por Kahan et al (2004) con realidad virtual, recientemente estudiada, demostró que la exposición a la RV es un tratamiento eficaz. El objetivo de dicho estudio fue determinar los efectos de la realidad virtual ante la fobia a volar y en qué grado influye el diagnóstico en la respuesta a largo plazo.

La metodología que utilizaron los autores se dividió en tres categorías: primeramente, la de **Sujetos**, que clasificó a todos los pacientes con diferentes miedos; y, en segundo lugar, la categoría de **Tratamiento** en la que se registró la preparación de los pacientes con terapeutas especialistas enseñándoles respiración relajada, seguridad en turbulencias. Posteriormente, se le expuso de forma gradual a las escenas virtuales. La tercera categoría fue la de **Análisis de datos**, la que reflejó que el tamaño de la muestra fue demasiado pequeño para realizar un análisis estadístico de manera adecuada.

Como resultados los autores obtuvieron que sólo 33% pacientes finalizaron el tratamiento; veintiún pacientes (68%) volaron después del tratamiento; y no hubo resultados en “volar con frecuencia”. Como resultado, no hubo diferencias entre los grupos de diagnóstico. El seguimiento mostró que los pacientes continúan volando, pero con ansiedad. Se discuten las implicaciones de la investigación y el tratamiento (Kahan, Tanzer, Darwin, & Borer, 2004).

Otra investigación que consistió en diseñar una terapia con realidad virtual para tratar a los pacientes que padecen Acrofobia (miedo a las alturas) fue la de la Rothbaum et al (1995) en Emory University School of Medicine en Atlanta, USA, que tuvo como objetivo comprobar la eficacia que tiene la realidad virtual ante este padecimiento.

Para ello se expuso a los pacientes en situaciones similares que pueden agravar el padecimiento. La muestra que se tomó en primera etapa fue un estudiante de preparatoria de 19 años quien padecía miedo a las alturas, particularmente en los ascensores. Se expuso al paciente a ambientes virtuales con su miedo durante 3 semanas en las que se desarrollaron 5 sesiones, teniendo como resultados lograr que el paciente subiera hasta el piso 40 sin darse cuenta que llegó a ese nivel sin entrar en pánico.

Por consiguiente, se amplió la investigación a 46 participantes, los que eran estudiantes con el padecimiento de Acrofobia, de los cuales sólo 20 aceptaron participar en el estudio y sólo 17 completaron de inicio a fin la experimentación. La edad promedio de los pacientes fue de 20 años y el hardware utilizado consistió en un casco de realidad virtual para que el paciente pudiera interactuar con el ambiente virtual, tomando caminos en alturas en los que se simuló barandillas para que los pacientes se puedan sujetar.

La experimentación se realizó durante 8 semanas tomando una sesión por semana individualmente. Se obtuvieron resultados muy favorables en el 80% de los participantes, lográndose comprobar la eficacia de esta terapia. Cabe recalcar que los pacientes tuvieron reacciones postraumáticas, derivadas del miedo al ambiente virtual que poco a poco fueron desapareciendo (Rothbaum, y otros, 1995).

Hourcade et al. (2013) desarrollaron otra investigación que empleó aplicaciones para tabletas electrónicas diseñadas especialmente para niños con TEA, demostró que los niños con este padecimiento han tenido mejores rendimientos con los dispositivos móviles o *tablets*. El inconveniente con la

mayoría de las investigaciones realizadas es que no se han sustentado con investigación empírica y con ello es más difícil determinar su nivel efectividad.

En cuanto al objetivo de esta investigación, fue evidenciar si las aplicaciones para *tablets* diseñadas para fomentar interacciones sociales positivas a través de actividades colaborativas comparando las aplicaciones con juegos manuales semejantes. Como metodología se estudió a 8 niños de los cuáles, cinco eran varones y tres eran féminas en edades entre 10 y 14 años. La participación de estos niños en el estudio fue extracurricular a sus tratamientos normales. Se diseñó un cuestionario para clasificarlos en 4 áreas de habilidades diferentes, como los son habilidades fundamentales, habilidades de inicialización social, habilidades de respuesta y llevarse bien con los demás. Como resultado de esta investigación se pudo concluir que los niños con TEA lograron incrementar sus oraciones, incrementaron los intercambios verbales y fueron más comprometidos con las actividades basadas en aplicaciones. Con los resultados anteriores se interpreta que las actividades de tabletas pueden tener un efecto positivo en las interacciones sociales de los niños con (Hourcade, Williams, Miller, Huebner, & Liang, 2013).

En España, un artículo de tipo cualitativo que aborda la efectividad de la Realidad Virtual (RV) en el tratamiento de niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA), es el de Alcañiz et al (2019) al que titularon *Uso de entornos virtuales para trastornos del neurodesarrollo: una revisión del estado del arte y agenda futura*. En este artículo, los autores señalan que en la actualidad las herramientas diagnósticas de los trastornos del espectro autista (TEA) se basan mayoritariamente en criterios cualitativos de información observacional en contextos con baja validez ecológica.

Estos autores hacen hincapié en la compleja relación existente entre respuestas fisiológicas y la estructura comportamental del paciente TEA ante un estímulo, lo que hace necesario utilizar técnicas avanzadas de tratamiento de la señal basadas en computación cognitiva. Las técnicas de inteligencia artificial, tales como aprendizaje automático y neurocomputación aplicadas al análisis de señales psicofisiológicas, han demostrado su efectividad en la

clasificación de complejos conceptos abstractos que representan especial dificultad para el niño con TEA; dado que la realidad virtual (RV) es una herramienta que permite recrear situaciones de la vida real con una alta fidelidad sensorial, pero al mismo tiempo también hacen posible controlar individualmente cada una de las situaciones y estímulos que influyen en el comportamiento humano.

Otro punto importante para considerar es que la RV también permite la medición en tiempo real de las reacciones humanas ante tales estímulos; lo que asegura el monitoreo de las reacciones del paciente con TEA. Los autores concluyen que la RV es una herramienta efectiva en la investigación del TEA, especialmente para la evaluación y diagnóstico de habilidades y competencias complejas (Alcañiz et al, 2019).

Otro estudio en el que se aborda la RV como un instrumento de utilidad para la rehabilitación del espectro autista, es el que realizaron en Colombia Delgado et al (2020) titulado *Realidad virtual: evaluación e intervención en el trastorno del espectro autista*. El objetivo del artículo de estos autores fue evidenciar y detallar los avances de la tecnología de Realidad Virtual en los procesos de evaluación e intervención en el trastorno del espectro autista (TEA) En ella señalan que, la RV es una tecnología de innovación que se está utilizando en el campo de la evaluación e intervención clínica. Los autores abordaron en su artículo de revisión teórica la selección, revisión y descripción de las últimas tendencias en evaluación e intervención en el trastorno del espectro autista por medio de la RV. Delgado et al (2020) refieren sobre el espectro autista que se caracteriza por dificultades en la comunicación social, la rigidez en la conducta y un patrón de conductas estereotipadas.

Como metodología de enfoque cualitativo, los autores revisaron 67 trabajos enfocados en la intervención de la dimensión autista comunicativa y social, contacto visual y expresión facial, procesos cognitivos y aprendizaje, vocabulario y otras aplicaciones; y analizaron los trabajos por medio de una tabla Excel para discriminar objetivos, metodología, resultados y conclusiones.

Cabe señalar que los resultados de algunos de estos trabajos no eran totalmente concluyentes en lo que refiere a la efectividad de la intervención por medio de la RV, dado que es una tecnología relativamente reciente y con la que se está incursionando en el ámbito de la terapia del Trastorno del Espectro Autista (TEA), por lo que se requiere realizar investigación con grupos más grandes, hacer comparaciones en grupos de control y seguimientos longitudinales; lo que señala la necesidad de que se realicen más estudios sobre la efectividad de esta tecnología como recurso de la rehabilitación en pacientes con TEA. En su trabajo, Delgado et al (2020) refieren que;

“La Realidad virtual (RV) ha incursionado en sus aplicaciones en la salud mental, mediante el proceso de evaluación e intervención en diversas patologías de orden mental, beneficiándose en primer lugar de la atracción que existe por estas tecnologías, en especial por lo más jóvenes y de la posibilidad de simular la realidad, aumentando la validez ecológica en los procesos de evaluación e intervención, haciéndose necesario la estandarización de los protocolos de atención que utilizan herramientas tecnológicas, esto con el objetivo de tener una práctica clínica e investigativa más unificada, por lo que hacen una serie de recomendaciones para los diferentes profesionales que hacen uso de RV en el tratamiento de diferentes condiciones clínicas” (p.371).

Lo anterior representa un punto de interés para el presente trabajo, dada la preferencia que los autores señalan que los pacientes más jóvenes tienen hacia las tecnologías, lo que podría hacer que este tipo de terapias tenga más aceptación en niños.

En cuanto a los antecedentes de patologías tratadas por medio de la realidad virtual, Delgado et al (2020) mencionan trastornos de ansiedad como las fobias específicas, las fobias sociales y el trastorno de estrés postraumático; el autismo, el trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH), los trastornos alimentarios, las adicciones y el dolor crónico. Además de otros usos en el ambiente educativo que actualmente se le está dando a

esta herramienta, dada la creciente aceptación del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's) en centros educativos.

Los autores también señalan que, al igual que en el resto de los países latinoamericanos, la prevalencia de esta condición en el contexto colombiano es aún desconocida ya que la investigación en este territorio se ha centrado en conocer las características clínicas de la población, pero han dejado de lado el abordaje de la prevalencia de la misma; siendo esta condición una de las mayores causas de consulta y unos de los diagnósticos más prescritos por los psiquiatras en los últimos años, situación que en Colombia sigue incrementándose al igual que en nuestro país; lo que según varios autores y organizaciones de salud se puede explicar por razones metodológicas: por ejemplo el uso de diferentes criterios diagnóstico, el aumento de la divulgación de los conocimientos científicos entre los profesionales y familiares o el desarrollo reciente de mejores métodos de detección como entrevistas psiquiatras y listas de chequeo más efectivas, pruebas genéticas y de Neuroimagen que detectan cambios en la funcionamiento cerebral en diversas zonas específicas involucradas con las principales deficiencias presentadas en esta población (IMSS, 2012); lo que da como resultado que se reconozcan más casos.

Los autores encontraron que el desarrollo de diversos prototipos y el uso de diferentes plataformas y dispositivos como computadoras, tabletas, tecnologías como la robótica y la RV por medio de plataformas colaborativas, se han ido implementando paulatinamente en la intervención de niños con autismo, observando un aumento desde el 2012 al 2017 en el número de trabajos publicados que utilizan alguna tecnología para la intervención cognitiva y de habilidades sociales de este tipo de población debido al potencial que la RV ofrece en la intervención para este tipo de pacientes.

Con base en lo encontrado en su investigación, los autores recomiendan realizar más investigaciones que permitan determinar la generalización del aprendizaje adquirido por medio de estas herramientas, ya que se ha registrado mejoría en diferentes habilidades que están afectadas en esta

población, tales como las habilidades para la vida diaria como cruzar la calle, reconocimiento de expresiones faciales y emociones, comportamiento asertivo y de integración social y reconocimiento sensorial, dado que la RV permite el entrenamiento de dichas habilidades desde ambientes virtuales seguros y de carácter colaborativo facilitando la interacción con otras personas por medio de un personaje virtual o avatar.

Cabe señalar que la mayoría de los juegos diseñados con propósitos terapéuticos sólo se centran en trabajar un dominio a la vez durante el tratamiento, como las habilidades lingüísticas, habilidades afectivas y habilidades de interacción necesarias en la vida social; lo que pone en marcha la combinación de diferentes procesos cognitivos y conductas en una misma sesión de intervención.

Los autores también encontraron que la investigación respecto al uso de la RV en el autismo se ha concentrado en aspectos de la comunicación (40.5%), seguidos por habilidades de aprendizaje e imitación social (37.8%), y otras dificultades asociadas al trastorno (21.6%); lo que puede servir como indicativo de las prioridades respecto a la intervención en esta población.

En cuanto a los resultados obtenidos por las diferentes plataformas de RV asociadas con las problemáticas que presentan los niños con TEA, en la categoría de “Procesos Cognitivos y de Aprendizaje” está el “Aula virtual Bimodal Stroop” que permite la evaluación de funciones cognitivas como la velocidad de procesamiento lector, la atención selectiva y la inhibición cognitiva. Esta plataforma fue utilizada en una muestra que integraba personas con trastorno del espectro autista de alto rendimiento, reflejando que la RV puede ser utilizada para la evaluación neuropsicológica.

De igual forma, Delgado et al. (2020) reportan la interfaz SIGUEME, que fue diseñada especialmente para pacientes en condición de autismo de bajo funcionamiento. Para comprobar su eficacia se realizó una prueba en la que se comparó a 28 niños que nunca habían recibido tratamiento con 74 niños diagnosticados con TEA entre los 3 y los 16 años. Los resultados arrojados por

dicho estudio reflejaron que SIGUEME mejora la atención/ categorización y la interacción en el bajo rendimiento de niños con discapacidad intelectual o TEA, por lo que esta plataforma es un instrumento útil para docentes, padres y educadores al aumentar la motivación e independencia del niño.

Los juegos de realidad virtual también representan instrumentos en el entrenamiento del vocabulario en niños con TEA. Al mismo tiempo, Delgado et al (2020) concluyeron que el uso de la RV en el tratamiento de habilidades sociales en niños con trastorno del espectro autista ha llevado a considerar esta herramienta como un instrumento eficaz para la neurociencia social, que busca las bases neurobiológicas de la conducta social, siendo la realidad virtual utilizada para enfrentar a determinadas situaciones e interacciones sociales.

En general, como se puede ver y de acuerdo con su objetivo, la revisión de Delgado et al. (2020) refleja la utilidad de la RV en el entrenamiento de la dimensión comunicativa e interacción social, el contacto visual y la expresión facial, las actividades de la vida diaria, procesos cognitivos y aprendizaje, vocabulario y demás aplicaciones potenciales de la RV en el TEA.

De igual forma los autores identifican que el éxito de la aplicación de estas tecnologías depende de la consideración cuidadosa de su idoneidad, relevancia, usabilidad y extrapolación en contexto del mundo real. También es importante considerar las características individuales de los niños con TEA, la severidad de los síntomas característicos del autismo, y las diferentes comorbilidades y el nivel de ansiedad social, ya que en la mayoría de los estudios que se revisaron en esta investigación utilizaron entornos estándar para todos los participantes sin considerar que las personas en condición de autismo tienen intereses muy particulares en ciertas temáticas: en este sentido, los programas pueden ser más efectivos si los contenidos se adaptan y personalizan a los intereses del paciente; lo que representa un punto de interés dada la flexibilidad de estas herramientas. También es importante conocer la percepción de las personas con TEA sobre el uso de video juegos y RV para tomar en consideración los aspectos positivos y negativos de estas herramientas.

Finalmente, en este artículo se señala que la RV en el autismo se ha enfocado de manera principal en la búsqueda de un ajuste lo más cercano posible a la realidad con el objetivo de evaluar los diferentes aspectos cognitivos y conductuales para crear estrategias de intervención que permitan generalizar el aprendizaje: por otra parte, también es importante considerar las necesidades individuales y las preferencias de las personas con TEA para que la RV tenga un impacto positivo en el bienestar, el aprendizaje y la calidad de vida de los niños diagnosticados con este padecimiento (Delgado et al, 2020).

Estas investigaciones tienen sus antecedentes en estudios como el de Kijima et al. en el que se desarrolló una técnica de juego llamada “Arena”, que se aplicó frecuentemente en tratamientos psicológicos o en el diagnóstico de pacientes con autismo. Dicha investigación tuvo como objetivo desarrollar la técnica de una caja de arena virtual: una aplicación de entorno virtual para tratamiento psicológico que actualmente se utiliza de manera realista, pero se adaptó a la realidad virtual con este proyecto. El diseño de la caja de arena virtual llamado “VIC-AGE” se desarrolló utilizando un subsistema HMD y un dispositivo tipo guante con entrada en los movimientos. Como resultado de la investigación, la capacidad de la caja de arena virtual en términos de cuánto permitía a los sujetos expresarse era bastante adecuado. Por lo tanto, parece haber una gran posibilidad de aplicar la caja de arena virtual a la medicina clínica práctica a través de experimentos adicionales (Kijima, Shirakawa, Hirose, & Nihei, 1994).

Para continuar reforzando los antecedentes de realidad virtual, la siguiente investigación de interés es la de Zaldivar et al. (2014), quienes desarrollaron una técnica para interactuar con un ambiente de ensamble virtual y poder tomar y manipular objetos 3D en la escena.

Su objetivo fue graficar una mano en un ambiente virtual y pasar, por medio de movimientos interpolados, de una postura inicial a una postura final. El principal reto de esta investigación estribó en que, para la manipulación de objetos, el Phantom Omni™ debe realizar un método de agarrado (grasping) poco realista, ya que por su arquitectura cinemática no permite animar una

mano virtual. Como solución a lo anterior, se buscó simular una mano en la escena, la cual pueda ser desplazada utilizando el Phantom Omni™, pero con la posibilidad de activar una postura de agarrado cuando se desee tomar un objeto. De esta manera, el usuario podrá tomar objetos y desplazarlos en la escena con el objetivo de ensamblarlos con otros objetos (Zaldivar, y otros, 2014).

Tanto los simuladores y los tratamientos con realidad virtual han mejorado con la interacción entre el ambiente virtual con el usuario, percibiendo la fuerza ejercida con los objetos virtuales dando un alto realismo al ambiente virtual la interfaz háptica ha logrado lo que se menciona anteriormente. En este sentido, el artículo “Interacción háptica basada en Phantom con objetos virtuales” de Salisbury y Srinivasan (1997) tuvo como objetivo señalar los beneficios de esta tecnología. Por mencionar sólo algunos, el usuario percibe la fuerza de interacción que sentiría al tocar objetos con la punta de un lápiz o la punta de los dedos elevando el realismo; otros dispositivos, aún no logran este nivel de realismo.

También es importante mencionar las áreas de aplicación de estas tecnologías: por ejemplo, se desde 1997 se desarrolló una simulación quirúrgica de un procedimiento de anastomosis con gráficos de alta calidad y una pantalla háptica basada en Phantom en la empresa Bostón Dynamics. Como conclusión, esta investigación obtuvo resultados favorables, esto se refleja en el uso creciente de la háptica Phantom. Este éxito se puede atribuir a la simplicidad de la interfaz y a su alto rendimiento; sin embargo, aún tiene potencial para crecer, prueba de ello es la experimentación con la adición del agarre motorizado con dos dedos con Phantom (Salisbury J. and Srinivasan M., 1997).

Cabe señalar que, un instrumento de la Realidad virtual son las interfaces Hápticas (IH). Sobre las interfaces hápticas, Zasulich y Santís (2016) también en Colombia publicaron su artículo científico *Interfaces hápticas: sistemas cinestésicos vs. Sistemas táctiles*. En este artículo se ofrece información técnica y de diseño sobre los tipos y funcionamientos de las IH.

Para ello, los autores desarrollaron un estudio observacional apoyado en el estado del arte.

En este artículo Zasulich y Santís (2016) refieren que el sentido háptico complementa al sentido de la vista porque permite obtener información de otras características físicas y con ello proporciona, a través de movimientos de actividad exploratoria, mayor detalle del objeto con el que un usuario interactúa.

De igual forma, los autores mencionan que el sentido háptico abarca dos tipos de sensaciones que producen información de un objeto y que son útiles para la interpretación que el cerebro humano hace de dicho objeto. De esta forma y de manera análoga, las Interfaces Hápticas (IH) pueden dividirse en dos grupos principales desde el punto de vista de la sensación que producirán en el momento del contacto con la parte del cuerpo: las que producen estímulos cinestésicos y las que producen estímulos táctiles.

El grado de realismo con el que el usuario percibe el estímulo que recrea el objeto virtual, estará en función de forma determinante de la tecnología que emplea el dispositivo con el que interactúa, del tipo de actuación sobre el cuerpo humano (cinestésico o táctil) y de la acción complementaria de un algoritmo-programa que ayude a la recreación del estímulo. Por tanto, la especificidad y el grado de realismo que proporcionen los dispositivos hápticos disponibles en el mercado influirá en los costos de adquisición, en el usuario final y en el tipo de aplicación.

Una IH cinestésica actúa sobre los aspectos activos del tacto (entendida como la información adquirida mediante los movimientos y/o la fuerza en músculos y articulaciones). Su funcionamiento involucra una realimentación de fuerzas por parte de la IH cinestésica y ocurre por el intercambio de fuerzas entre el usuario y el ambiente virtual en el que se encuentre.

Para lograr “inmersión corporal” (*embodiment*) la interface deberá ser capaz de afectar al cuerpo o la parte en contacto, para simular por ejemplo el peso de objetos levantados. Este principio y su mejora se aprovechan al

máximo en el desarrollo de juegos serios y procesos de rehabilitación con dispositivos hápticos-cinestésicos tipo robot.

La tecnología que utilizan las interfaces cinestésicas busca ejercer una realimentación de fuerza controlada sobre la parte del cuerpo, normalmente los dedos, la palma de la mano o el brazo, para recrear al objeto. La forma en que mecánicamente se construyen estas interfaces se define en dos grandes categorías relacionadas con la forma en que se le aplica la realimentación de fuerza: por elementos enlazados y por elementos tensionados. Los primeros son de tamaño reducido y portables, mientras que los otros son de gran tamaño.

La interfaz más comúnmente utilizada es la de elementos enlazados, en donde elementos rígidos se enlazan entre sí hasta el efector final y son activados por motores eléctricos situados en la base del dispositivo; esta configuración provee una buena transmisión y trazado de la fuerza hacia el efector final. La fuerza del motor será mayor a medida que aumente el peso y el largo del enlace, además se requerirá de codificadores de posición de mayor precisión si se necesita movilidad en un espacio de trabajo reducido. Los autores refieren como ejemplo de este tipo las IH Novint Falcon, Geomagic y Phantom.

La IH de tipo táctil, también conocida como pantalla táctil, es un dispositivo que se encarga de estimular los receptores nerviosos del tacto para desplegar en la interacción con la piel humana parámetros como temperatura, rugosidad, forma y textura. Los mecanorreceptores que comúnmente se estimulan en las pantallas táctiles y logran simular contacto en la piel son los de vibración y presión.

Además, los autores señalan que en varios estudios se ha podido demostrar que la realimentación táctil en la yema de los dedos tiene el potencial de aumentar el grado de inmersión en el usuario en ambientes virtuales o remotos (telepresencia y teleoperación). Finalmente, en esta

investigación también se reporta que existen varias IH ya desarrolladas y otras en etapa de investigación (Zasulich & Santís, 2016).

Por otra parte, Sabater, Ñeco, Reynoso y García (2004) hicieron un estudio cuyo objetivo fue presentar la herramienta software que permite al operador realizar tareas teleoperadas sobre entornos dinámicos generados por ordenador. En este sentido, uno de los simuladores virtuales utilizados con interfaz háptica es la Herramienta para la simulación de tareas teleoperadas de n grados de libertad. Esta es una herramienta software diseñada para la experimentación y desarrollo de esquemas bilaterales de teleoperación en entornos virtuales.

El método que se utilizaron para comprobar la viabilidad del software fue ejercer varias inserciones en el orificio y la fuerza cartesiana reflejada al operador, y como resultado se obtuvo la viabilidad del software desarrollado como una herramienta para el entrenamiento de operadores (Sabater, Ñeco, Reinoso, & García, 2004).

En el ámbito nacional, en su trabajo Resultados Preliminares sobre Interacción Háptica en Laberintos Virtuales, con Propósitos de Diagnostico en Pacientes con Discapacidades Neuropsicológicas, Domínguez et al (2017) presentan avances y experimentos preliminares sobre interacciones háptica de alto desempeño, con laberintos virtuales basados en retroalimentación kinestésica dinámica deformable. En este aporte los autores ofrecen también referentes anatómicos sobre los movimientos humanos, la manera en la que las personas perciben los estímulos y las formas de exploración háptica: dicha información debe de ser tomada en cuenta en el diseño de dispositivos hápticos. Su método fue experimental.

El propósito de su trabajo de investigación fue el de instrumentar el desempeño de un paciente con discapacidades neurológicas, neuropsicológicas o psicológicas, durante su inmersión al ambiente virtual, utilizando un dispositivo háptico (en su caso, un volante). A partir de sus resultados, los autores propusieron técnicas de rehabilitación basadas en

guiado háptico y entrenamiento remoto, mediante algoritmos de control no lineal para seguimiento perfecto.

Estos autores señalan que, para el diseño y construcción de una interfaz háptica, se deben de considerar las características anatómicas y fisiológicas del humano: con base en dichas características se definen los métodos para generar la fuerza de reacción, el ambiente de visualización virtual y las técnicas de control que se utilizarán.

En lo referente a las características fisiológicas del ser humano, Domínguez et al (2017) encontraron que los estudios demuestran que existe una fuerte relación entre las sensaciones sentidas por una mano humana, tal como un objeto deslizando, y los movimientos que la mano estaba haciendo para adquirir ese conocimiento, tal como sostener un aparato experimental.

El sistema humano háptico está conformado por dos subsistemas, el subsistema motor y el subsistema sensorial; y existe una fuerte relación entre ambos. La teoría consultada por los autores señala que, a diferencia del sistema visual, no es solamente importante lo que el sistema sensorial detecta sino qué movimientos fueron usados para obtener dicha información.

Además, los humanos utilizan dos diferentes formas de exploración háptica: la activa y la pasiva. La exploración háptica activa se pone en acción cuando el usuario controla sus propias acciones. La exploración háptica pasiva se ejecuta cuando la mano o el dedo del usuario es guiado por otra persona. Cuando el usuario está en control frecuentemente comete errores. En el caso de exploración en dos dimensiones el error más común es salir del contorno; por lo que el usuario tiene que hacer un gran esfuerzo para permanecer en el contorno. Sin embargo, cuando el sujeto es guiado, su atención completa puede ser dedicada a identificar el objeto representado.

Como se ha visto, los pacientes con discapacidades neurológicas y TEA manifiestan algunos síntomas en la actitud conductual y motriz. Las técnicas tradicionales de diagnóstico, no permiten almacenar datos ni proporcionar un resultado tangible, y mucho menos correlacionarlo con otras variables del

paciente, como por ejemplo de la actividad eléctrica cerebral: un dispositivo háptico permite instrumentar los efectos motrices derivados de alguna discapacidad, como puntos de contacto con objetos virtuales, fuerzas de reacción, desplazamientos y velocidades operacionales; de esta forma el especialista en neurociencias sólo se tiene que enfocar en la interpretación de dichas variables para relacionarlas con variables médicas que reflejen la situación del paciente durante el experimento.

El experimento que hicieron estos autores consistió en que el paciente se desplazara a través de un laberinto virtual sin tocar con las paredes, y cuando se daba contacto (detección de colisiones), se sintetizaba una fuerza de reacción manifestada físicamente en el dispositivo háptico y que el paciente percibe kinestésica mente.

Para ello, los autores diseñaron un volante el que representó el dispositivo de control de posición del paciente en el ambiente virtual. Cuando el paciente interactúa con el ambiente virtual, es posible identificar los movimientos involuntarios producto de la enfermedad.

Los autores concluyeron que es posible lograr la rehabilitación de un paciente con discapacidad motriz como consecuencia de enfermedades neurológicas y neuropsicológicas empleando interfaces hápticas, la robótica y la realidad virtual; ya que son herramientas efectivas para facilitar el proceso de rehabilitación y el conocimiento del estado de un paciente (Domínguez et al, 2017).

También en México, Peña (2016) en su investigación *Juegos serios basados en movimiento para apoyar las terapias vestibulares de niños con autismo*. Dada la carencia de información sobre este tema, su investigación fue de tipo exploratorio, y su objetivo fue determinar cómo un juego serio basado en movimiento puede favorecer la práctica de ejercicios no locomotores impartidos durante una terapia tradicional de estimulación vestibular; y de igual forma evaluar si este juego permite mejorar la activación física de los niños durante la terapia en comparación las terapias tradicionales.

Inicialmente, Peña (2016) identifica que los niños con autismo comúnmente manifiestan posturas anormales, tales como espalda arqueada o hiperextensión del cuello. Además, tienen problemas de equilibrio. También realizan movimientos extraños con los ojos, caminan en círculos, y encuentran difícil el subir y bajar escaleras, o caminar sobre terrenos irregulares. Por ello, en complemento con los juegos serios, el autor quiso utilizar también terapias vestibulares; sobre las que señala:

“Las terapias vestibulares involucran la realización de repeticiones de ejercicios no locomotores que estimulan el aparato vestibular y permiten aprender a modular e interpretar con precisión los estímulos sensoriales que el niño con autismo recibe. Sin embargo, los ejercicios no locomotores que se imparten durante la terapia tradicional de estimulación vestibular son repetitivos, los niños con autismo encuentran las terapias aburridas, por lo que comúnmente pierden la atención y no terminan las repeticiones de los ejercicios. Como consecuencia no se logra generar los estímulos sensoriales necesarios para mejorar su postura y equilibrio. Además, al no terminar las repeticiones, se limita la activación física de los niños por lo tanto no desarrollan las habilidades motoras que permiten mejorar su balance y postura” (Peña, 2016, p.3).

Un punto de interés es que los niños con autismo encuentran divertidos los juegos serios basados en movimiento y apropiados para apoyar las terapias motoras. Por otra parte, el autor también advierte que no se ha explorado cómo los juegos serios basados en movimiento pueden apoyar los ejercicios no locomotores de los niños con autismo; por lo que decidió en su investigación explorar cómo un juego serio basado en movimiento puede apoyar la práctica de ejercicios no locomotores que se imparten durante una terapia tradicional de estimulación vestibular para evaluar si este juego permite mejorar la activación física de los niños durante la terapia en comparación las terapias tradicionales.

El autor, siguiendo una metodología de diseño centrada en el usuario, diseñó, desarrolló y evaluó el juego serio basado en movimiento al que tituló

“Circo del cuerpo”. Este juego se compone de cuatro escenarios que permiten practicar ejercicios que imitan a una terapia de estimulación vestibular.

Utiliza un sensor Kinect y un proyector, los cuales se conectan a una computadora de escritorio. El sensor Kinect detecta la ubicación, y mediante operaciones trigonométricas se infieren los movimientos del usuario. Para evaluar el impacto de “Circo del Cuerpo” se realizó un estudio de usuario con 12 niños con autismo con distinta funcionalidad que asisten a “Pasitos, Centro psicopedagógico” A.C, escuela especializada en el cuidado de niños con autismo localizada en Tijuana Baja California.

“El estudio siguió un diseño intra-sujetos donde todos participantes fueron expuestos a dos condiciones. En la primera condición, los niños con autismo utilizaron el Circo del cuerpo como parte de la terapia. En la segunda condición, los niños con autismo utilizaron los soportes visuales para realizar la terapia tradicional. Los niños con autismo se asignaron de manera aleatoria para iniciar en cada una de las condiciones. Los resultados indican que los niños con autismo incrementaron su nivel de actividad física y el número de repeticiones utilizando Circo del cuerpo en comparación a los soportes visuales utilizados con la terapia tradicional” (Peña, 2016, p.35).

El grupo de contraste trabajó de forma tradicional con un muñeco. En sus resultados, Peña (2016) obtuvo que los niños realizaron 4.7% más repeticiones con el juego que con el muñeco. Una repetición se consideró como el intento de realizar la acción que se le estaba solicitando con cierto margen de precisión. Sus resultados también reflejaron que 66.67% de los participantes realizaron más repeticiones sin requerir ayuda de la psicóloga con el Circo del cuerpo. En contraste, los participantes p2, p7, p9 (25 % de la población) realizaron más número de repeticiones con el muñeco. Una prueba t ($p=0.01539$) indica que sí existe diferencia significativa entre el número de repeticiones realizadas. La psicóloga además percibió una mejora en los niños utilizando Circo del cuerpo en comparación al muñeco; con lo que se determina que la intervención basada en juegos serios se puede utilizar con éxito.

En otra investigación en nuestro país, Castro y Rodríguez (2018) en su trabajo respaldado por el CONACYT *Interacción Humano-Computadora y Aplicaciones en México* describen su experiencia en la instalación, diseño y evaluación de un ambiente inteligente que apoya las necesidades de niños con autismo. Este ambiente inteligente, al igual que en el aporte anterior, está instalado en Pasitos, el centro psicopedagógico localizada en Tijuana México especializado en el cuidado de niños con autismo.

Los autores principalmente toman en cuenta que, la mayoría de los niños con autismo carecen de conciencia corporal, desordenes sensoriales y tienen problemas motrices para controlar su fuerza. Como se mencionó, las terapias sensoriales en el centro psicopedagógico requieren la práctica continua y la repetición de diferentes ejercicios de coordinación y motricidad gruesa complementadas con terapias del espejo y musicoterapia.

En las terapias del espejo, los niños mueven su cuerpo enfrente de un espejo para ayudarlos a crear conciencia corporal y desarrollar habilidades motrices. En las sesiones de musicoterapia, los terapeutas utilizan ritmos para guiar el punto de inicio y fin de los movimientos de los pacientes.

Estos autores también tomaron en cuenta que las terapias de neuro-retroalimentación han mostrado resultados clínicos prometedores en la mejora de los problemas de atención de los niños con autismo. Para apoyar dichas terapias, Castro y Rodríguez desarrollaron un juego serio al que llamaron FarmerKeeper, controlado por un BCI diseñado para las necesidades de los niños con autismo. En el juego, el objetivo es mantener la atención de los niños por encima de un umbral para controlar a un corredor (representado por el pequeño granjero) que está buscando animales perdidos y llevarlos a sus corrales. Dicho juego utiliza una diadema cerebral de uso comercial para leer la actividad cerebral y detectar los niveles de atención del usuario, que cuando se supera un umbral de nivel de atención aumenta la velocidad del corredor.

Al inicio del juego, un agricultor adulto le dice al niño que hubo una tormenta que asustó a los animales que escaparon de sus corrales y se perdieron. Este agricultor desempeña el papel del terapeuta dentro del juego, dando instrucciones visuales y verbales para mantener al niño motivado y centrado, y ayudando al niño a mantener la postura correcta durante todo el juego. El pequeño granjero es el avatar del usuario.

La atención del niño se captura por medio de la diadema cerebral BCI, que controla la velocidad del camión, de acuerdo con un umbral definido por el terapeuta al comienzo de la actividad. Este umbral se puede usar para aumentar la dificultad del juego serio BCI de acuerdo con el progreso del niño a través de la terapia.

El tipo de investigación que utilizaron fue experimental y, con base en los resultados, los autores concluyeron que la interacción humano-computadora (IHC) representa una implementación compleja que involucra diversos campos de estudio ajenos a la Ciencia de la Computación, tal como la Psicología y la Antropología.

Además, señalan que diseñar sistemas informáticos interactivos que sean efectivos, eficientes, fáciles de usar y estéticamente placenteros requiere de procesos iterativos de diseño que continuamente tomen en cuenta a los potenciales usuarios y su contexto. También recomiendan entender el propósito y el contexto de un sistema para asignar con éxito funciones entre personas y máquinas, y para diseñar su interacción. Lo anterior, plantea la necesidad de contar con métodos para analizar las tareas, las necesidades y los comportamientos de los usuarios, lo cual es parte central del diseño de un sistema interactivo (Castro y Rodríguez, 2018).

Como se puede ver, los trabajos descritos involucran diferentes tipos de metodología, ya que algunos utilizan la investigación cualitativa y observacional para describir las tecnologías de Realidad Virtual (RV) e Interfaces Hápticas (IH) disponibles en el mercado y su potencial como herramientas de diagnóstico y de intervención en la rehabilitación de niños con autismo,

mientras otras investigaciones utilizaron métodos exploratorios y experimentales con grupos de contraste; pero en cuanto a sus hallazgos, todos coinciden en que se debe de tomar en cuenta aspectos anatómicos, fisiológicos y psico neuronales; así como el diagnóstico, las características y necesidades específicas de los usuarios (en este caso niños con TEA).

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se abordarán los referentes de interés sobre los que se sustenta el presente trabajo, iniciando con lo que respecta al autismo para después abordar lo referente a la Realidad Virtual (RV) e Interfaces Hápticas.

2.1 TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA

El estudio del autismo ha buscado comprenderse desde distintas teorías. No obstante, para comprender mejor esta condición, primeramente, será importante definir algunos conceptos claves en el tema de estudio. Entre los cuales se encuentran autismo, niveles de autismo, así como tratamiento del autismo.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), los trastornos del espectro autista (TEA) pertenecen a un grupo de trastornos complejos que afectan el desarrollo cerebral. En esta afectación se incluyen el autismo, el trastorno desintegrador infantil, el síndrome de Asperger, todos ellos caracterizados por originar dificultades en la comunicación y la interacción social, así como porque quien los padece presenta un repertorio de intereses y actividades restringido y repetitivo.

El autismo es el más conocido de los Trastornos Generalizados del Desarrollo (TGD), que por este motivo también se denominan Trastornos del Espectro Autista (TEA), y son considerados trastornos neuropsiquiátricos que presentan una gran variedad de manifestaciones clínicas y causas orgánicas, afectando de forma diversa y con distinto grado de intensidad a cada individuo (Tagle, 2017); pero se caracteriza principalmente por afectar tres importantes áreas de la persona (Vázquez, 2018):

1. Interacción social,
2. Comunicación,
3. Flexibilidad conductual, cognitiva y de intereses.

Como se ha estado mencionando a lo largo de este trabajo y como Vázquez (2018) señala, dado que el autismo es un trastorno en el que las personas pueden presentar una gran variedad de “síntomas” y múltiples grados de afectación que difieran entre sujetos; y aunque es posible observar en todas las personas autistas alteraciones en las tres áreas antes mencionadas, es muy importante identificar que cada uno es completamente diferente a los demás en cuanto al nivel de gravedad, por esta razón se ha establecido el concepto de “espectro autista”.

Siguiendo a Vázquez (2018), en este sentido un espectro es una distribución ordenada de las cualidades de un fenómeno u objeto, por lo que se denomina espectro autista al extenso “abanico” de indicadores de autismo; desde sus manifestaciones más superficiales hasta las más severas, lo que en su conjunto definirá el “nivel de afectación” que presenta cada persona autista en cierto momento de su vida.

De esta forma, el autismo es un trastorno generalizado del desarrollo que se caracteriza por la presencia de alteraciones en tres grandes áreas, en la interacción social, en la comunicación y en la flexibilidad conductual, cognitiva y de intereses. Esto se debe a que, como se mencionó con antelación el trastorno del espectro autista (TEA) afecta el neurodesarrollo; dado que los niños que presentan este trastorno tienen una distribución neurobiológica de la corteza cerebral diferente al resto de las personas, lo que explica las dificultades que presentan en el desarrollo de habilidades como la empatía, así como dificultad para interpretar los estados mentales de otras personas, tales como estados de humor, intenciones, deseos, o pensamientos, y para imitar gestos (Rivière, 2001; González, 2018).

Retomando lo anterior, el TEA es un trastorno heterogéneo dada la diversidad de los síntomas y por los diferentes niveles de autismo que se presentan al inicio de la detección. Aunque no en todas las personas con este padecimiento tienen las mismas alteraciones, puede encontrarse que un paciente solo tenga una alteración o, por el contrario, tenga más de dos y con

ello puede incrementarse el nivel de gravedad de cada paciente (Vázquez, 2015). A continuación, se ahondará en su conceptualización.

2.1.1 Conceptualización del TEA

La OMS (2019) señala que “los trastornos del espectro autista (TEA) son un grupo de afecciones caracterizadas por algún grado de alteración del comportamiento social, la comunicación y el lenguaje, y por un repertorio de intereses y actividades restringido, estereotipado y repetitivo” (OMS, 2019).

Según Quijada (2008), el TEA se define “como una disarmonía generalizada en el desarrollo de las funciones cognitivas superiores e independiente del potencial intelectual inicial” (pág. 86). La misma autora señala también que el término trastorno en el espectro autista (TEA) incluye trastorno autista (TA), Síndrome de Asperger (SA) y trastornos perturbadores del desarrollo no especificados (TPDNE).

Para Reynoso et al. (2016) el autismo “es un trastorno del neurodesarrollo que afecta las habilidades socioemocionales y la contención de la conducta repetitiva” (pág. 214).

Con base en todas estas definiciones, se puede concluir que el TEA incide de manera importante en la dimensión cognitiva y social de la persona, ocasionándole un verdadero conflicto el salir de su rutina o dejar de realizar ciertos rituales o conductas repetitivas; lo que representa importantes limitantes en el área de aprendizaje.

2.1.2 Las características generales de los niños con autismo

Valdez (2001) señala que el autismo se hace evidente entre los 2 y 3 años de edad, aunque en casos menos graves puede ser identificado hasta los 6 o 7 años, que es la edad en que las demandas escolares y sociales suelen hacerse más complejas, con lo que se descubren las dificultades

comunicativas, sociales y de flexibilidad que hasta ese momento podían haber quedado ocultas porque los padres se ocupaban de cubrirlas. También puede influir a la no detección de este problema médicos y educadores que restan importancia a las dificultades de desarrollo mostradas por los niños en la primera infancia.

En el DSM-5 / 2013 (Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, por sus siglas en inglés *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition*) se describe que en la mayoría de los casos puede apreciarse un desarrollo aparentemente normal en el primer año y medio de vida (Asociación Americana de Psiquiatría, 2014); pero a partir de la mitad del segundo año de vida se empiezan a observar los siguientes indicadores de alarma (Valdez, 2001):

- Pérdida del lenguaje ya adquirido o completa ausencia de éste.
- El niño parece preferir estar solo y se muestra indiferente ante las personas, tampoco demuestra interés por otros niños.
- Carece de expresiones para comunicar necesidades o intereses (por ejemplo, no señala con su mano lo que quiere, no entrega objetos para mostrarlos a otras personas).
- El niño no juega simbólicamente (no jugará a la “comidita”, no usará una caja como si fuera un carrito o una casita; es decir, no utilizará objetos para representar procesos o narrativas mentales).

Por su parte, el DSM-5 señala los siguientes criterios para identificar la presencia del Trastorno de Espectro Autista (TEA):

A) Deficiencias persistentes y clínicamente significativas en la comunicación e interacción social que se presentan en diferentes contextos, ya sea actualmente o en el pasado:

- Deficiencias de reciprocidad socioemocional: éstas pueden presentarse desde aproximaciones sociales anormales y fracaso para mantener una conversación bidireccional, disminución de la capacidad para compartir

intereses o emociones, hasta una falta total en la iniciación de la interacción social; lo que es congruente con lo mencionado en referencia a la falta de interés del niño por convivir con sus pares.

- Graves dificultades en la comunicación no verbal que se manifiestan en la interacción social: esto se puede reflejar en una baja integración de la comunicación verbal y no verbal, manifestada con el contacto ocular y el lenguaje corporal, déficits en la comprensión y uso de la comunicación no verbal, y en casos más graves una completa falta de expresión facial y gestual.
- Interferencia para desarrollar y mantener relaciones sociales adecuadas al nivel de desarrollo (aparte de con los cuidadores): esta manifestación puede ir desde dificultades para ajustar la conducta social a diferentes contextos, dadas las dificultades para compartir el juego imaginativo y para hacer amistades, hasta una aparente falta de interés en las personas.

B) Presencia de patrones de comportamiento, intereses y actividades restringidos y repetitivos, tal como se manifiesta en dos o más de los siguientes puntos:

- Comportamientos motores, verbales o uso de objetos de forma estereotipada y repetitiva (como una estereotipia motora simple, uso de objetos de forma repetitiva o frases de significado para el niño con TEA).
- Adhesión excesiva a las rutinas, patrones de comportamiento ritualizados de tipo verbal o no verbal o excesiva resistencia al cambio (como rituales motores, insistencia en una misma ruta o comida, preguntas repetitivas o angustia extrema ante pequeños cambios; lo que obviamente ocasionará problemas a los niños con TEA en las aulas escolares).
- Intereses excesivamente fijos y restringidos anormales, ya sea en su intensidad u objeto (como una fuerte vinculación o preocupación por objetos inusuales, excesivamente circunscritos o intereses

perseverantes).

- Híper o hiporreactividad sensorial o interés sensorial inusual por aspectos del entorno (como aparente indiferencia al dolor/calor/frío, respuesta negativa a sonidos específicos o texturas, oler o tocar excesivamente los objetos, fascinación por las luces o por dar vueltas a los objetos).

C) Como ya se mencionó, los síntomas suelen presentarse en la primera infancia, aunque pueden no llegar a manifestarse plenamente hasta que las demandas sociales exceden las limitadas capacidades de los niños con TEA (Hervás, Balmaña, & Salgado, 2017).

Como se puede inferir de lo expuesto, este conjunto de síntomas interferirá en la dinámica familiar cotidiana, afectándola.

Derivado de lo planteado, Quijada (2008) señala que estos niños presentan dificultades cualitativas en áreas de lenguaje y comunicación social y un rango de intereses restringido y repetitivo. Cabe reiterar que estas dificultades se inician antes de los 30 meses y no se deben a enfermedades progresivas, trastornos epilépticos, déficit sensorial, cognitivos globales o privación afectiva o social.

Con base en lo anterior, es muy fácil detectar en los niños síntomas de este trastorno basándose en las características que puede tener la gran mayoría de los niños con TEA en las alteraciones, dado que no pueden mantener una conversación observando directamente (mirar a los ojos) a la otra persona o es muy escaso el contacto visual; se sienten más cómodos al estar aislados de las demás personas; prefieren no mantener contacto físico con otras personas excepto con las personas más allegadas (papás o cuidadores) a ellos.

Algunos no soportan visitas extrañas en su hogar, por ejemplo, una reunión familiar donde crece el número de personas con las que tiene que interactuar puede ocasionar que el niño con TEA pase de un estado tranquilo a un estado violento o enojo como respuesta a la invasión de su espacio. Por

otro lado, no suelen seguir las reglas de juegos o las reglas de la escuela (Vázquez, 2015).

Una vez detectado por completo por medio de especialistas en el ramo del TEA, se tiene que clasificar el nivel de gravedad del autismo para poder así determinar la terapia o rehabilitación más adecuada para cada caso que se presente en los centros de atención, según el doctor Vázquez se clasifica conforme a la siguiente tabla.

Tabla

1 Niveles de TEA

NIVELES DE AUTISMO		
NIVEL DE GRAVEDAD	COMUNICACIÓN SOCIAL	INTERESES RESTRINGIDOS Y CONDUCTA REPETITIVA
NIVEL 3 Requiere atención muy elevada	Problemas muy altos de comunicación con las personas tanto oral como no oral que puede alterar la comunicación, comienza pocas relaciones con las personas y casi nunca responde.	No logra apreciarse cambios en su comportamiento, Problemas muy altos para estar dispuesto para algún cambio estados de comportamiento y constante movimientos repetitivos afectando la comunicación en todos los aspectos.
NIVEL 2 Requiere atención	Problemas altos de comunicación con las personas tanto como oral	No logra apreciarse cambios en su comportamiento,

elevada	o no oral que quizá con apoyo puede haber escasa la comunicación, comienza a tener relaciones con las personas y en ocasiones puede responder.	Problemas muy altos para estar dispuesto para algún cambio estados de comportamiento y constante movimientos repetitivos que pueden detectar personas no expertas en el área.
NIVEL 1 Requiere atención	Sin apoyo muestra problemas de comunicación, muestra tener relación con personas ajenas a las acostumbradas y se percibe que responde.	Sin ayuda logra apreciarse cambios en su comportamiento problemas no tan constantes para estar dispuesto para algún cambio estados de comportamiento y pocos movimientos repetitivos.

Fuente: elaboración propia (2021) con información de Vázquez (2015).

2.1.3 Necesidades de los niños con TEA

Los niños con autismo, independientemente de sus características individuales, tienen una forma diferente de percibir el mundo, los estímulos y la información que reciben de su medio ambiente (Rangel, 2017). Por lo anterior, para conocer las necesidades del niño con TEA es primordial identificar sus conductas en el ámbito educativo. En el apartado anterior se describieron algunas de sus características desde un abordaje diagnóstico y general, pero es importante delimitarlas en las categorías de importancia para los procesos de enseñanza-aprendizaje, y analizarlas desde una perspectiva pedagógica

para saber cómo inciden en el aprendizaje del alumno con TEA y en la dinámica de las aulas de clases, como se verá a continuación.

Comunicación y lenguaje del niño con TEA

Como se ha mencionado, la dimensión de la comunicación es una de las más afectadas en los niños con TEA, ya que:

- Entienden la comunicación desde su literalidad y su interpretación del lenguaje es siempre directa y centrada en una situación o aprendizaje único.
- Para estos alumnos, el lenguaje no verbal es un código complejo de interpretar, por lo que manifiestan comprensión y expresión distorsionada de éste.
- Pueden presentar ecolalias: repeticiones estereotipadas de frases o formulación de preguntas de las cuáles ya conocen la respuesta.
- Demuestran dificultades en las habilidades pragmáticas del lenguaje. Esto los limita para mantener una conversación en las siguientes situaciones:
- Tienen un limitado repertorio de temas de conversación
- Les cuesta respetar los turnos de palabra; lo que dificulta la relación con sus compañeros.
- Fluctúan entre los extremos del silencio o la verborrea.
- Les cuesta prestar atención a los comentarios de los demás.
- En sus conversaciones aportan muchos datos irrelevantes.
- En muchas ocasiones utilizan un vocabulario pretensioso, formal y preciso; lo que los puede hacer blanco de burlas o acoso por parte de sus compañeros:

- Vocabulario amplio y sofisticado.
- Frases largas y formales.
- No utilizan un lenguaje sencillo y coloquial (Merino & García, 2016).

Relación social y emocional

Los alumnos con TEA presentan mayor dificultad en la comprensión y aprendizaje de normas por imitación y en la generalización de éstas en diferentes contextos o con diferentes personas (por ejemplo, las normas en casa difieren dependiendo de cada familia de las reglas escolares, lo que representará dificultad de comprender para estos niños). Los conflictos en su comportamiento social responden, en la mayoría de las ocasiones, a su incomprensión sobre las expectativas que se tienen tanto del contexto, como del comportamiento de las personas (Merino & García, 2016). Esto es congruente con lo que se vio en apartados anteriores, donde se describía que los niños con TEA tienen incapacidad en descifrar lo que los demás están pensando o esperando sobre ellos con base en una comunicación cotidiana, en la que las personas comúnmente tienen la capacidad de interpretar gestos y estados anímicos. Derivado de ello, se presentan las siguientes situaciones:

- Necesitan aprender a mantener la distancia interpersonal acorde al contexto y a la intimidad con la persona.
- Dificultad para entender, expresar y compartir el mundo social (informaciones, pensamientos, experiencias).
- También tienen dificultad para comprender reglas y normas sociales, influyendo esto en el juego con otros niños/as o en la adquisición de roles grupales en las diferentes etapas educativas. Esto les origina problemas de integración en los grupos, por lo que una gran mayoría son víctimas de exclusión y acoso escolar, hecho que impacta en su autoestima y rendimiento.

- Cuando lograr comprender y aprender una norma o regla, son excesivamente estrictos en su cumplimiento, lo que en la vida real puede conllevar numerosas complicaciones, aunque a nivel formal sería una competencia deseable en muchos contextos.
- El punto anterior les ocasiona dificultad para colaborar en trabajos en grupo, ya que además de sus dificultades para comprender y entablar relaciones sociales, compartir sus intereses; mostrarán incapacidad para ser flexibles en la planificación de las tareas y determinación de objetivos.

Todas estas dificultades en su socialización afectan su rendimiento escolar al carecer de los apoyos naturales que supone cotidianamente para cualquier otro alumno contar con los compañeros para resolver dudas, compartir el material olvidado, o revisar los exámenes y dudas con pares.

Nivel Conductual

Las alteraciones en la imaginación les originan problemas para planificar, anticipar o programar su propio comportamiento; lo que hace muy difícil que este tipo de alumnos tengan recursos de autocontención.

Para los niños con TEA resulta extremadamente complejo anticipar o prever consecuencias de acciones o situaciones con algún carácter novedoso (por ejemplo, un castigo a una mala conducta). Como se vio en el apartado anterior en el que se abordaban las características desde un enfoque diagnóstico, un cambio por pequeño que sea les puede generar una gran inseguridad, de modo que tienden a demandar o buscar patrones estereotipados o repetitivos que les den seguridad.

Un punto que se deberá de tener muy en cuenta es que, cuanto más organizada sea la información que se les ofrezca, más se desarrollará su verdadero potencial, pudiendo llegar a ser excelentes en tareas que requieran rutina y concentración (programaciones informáticas, control de calidad, copiar de dibujos, memorizar información...).

- Presencia de rabietas o conductas disruptivas sin que exista un antecedente necesariamente obvio; lo que puede resultar un factor sorpresa para el docente.
- Dificultad para hacer representaciones mentales, planificar acciones para lograr un objetivo o predecir lo que va a pasar, lo que limita su capacidad para solucionar problemas o enfrentarse a imprevistos (dificultad en la capacidad de abstracción).
- Apego excesivo a objetos o temas de conversación (Merino & García, 2016).

Nivel Cognitivo

En los niños con TEA están muy presentes las dificultades a nivel cognitivo, principalmente:

- Alteraciones relacionadas con las vías sensorial, auditiva y táctil; teniendo en cuenta que también pueden presentar una extrema sensibilidad a olores, sabores y/o presiones.
- Pueden tener escasa o excesiva sensibilidad a determinados sonidos (por ejemplo, el sonido del gis en el pizarrón), sabores, olores y/o al contacto físico.
- También pueden presentar dificultades para reconocer las caras o interpretar los rasgos faciales y sus expresiones.

Procesamiento global de la información

Los niños con TEA focalizan su atención en estímulos poco relevantes, y son hiperselectivos con sus gustos, por lo que no tendrán las mismas prioridades que el resto de sus compañeros. Lo anterior dificulta la comprensión de la idea principal de un contenido o justifica la preferencia o

resistencia al cambio de un objeto o de una rutina. Estos alumnos pueden asociar cualidades físicas o de significado irrelevante; por ejemplo, pueden asociar palabras con sonidos como del papel arrugándose, agua corriendo, o piedras.

- Derivado de lo mencionado, la forma de incorporar nuevos conceptos en estos niños es muy diferente, ya que centran su atención en aspectos y detalles poco significativos y anecdóticos ignorando los más relevantes (Tortosa, 2008).
- Lo anterior origina que puedan tener dificultad para filtrar o reaccionar selectivamente los estímulos, de modo que son percibidos simultáneamente lo que les ocasionará una sobresaturación sensorial, tensión, ansiedad y dificultades para mantener una adecuada atención y comprensión de las materias (Merino & García, 2016).
- También presentan serias dificultades para comprender nueva información, así como para asimilarla, incorporarla y relacionarla con otros conocimientos, y se limitan a reproducirla de forma mecánica (Mendelson, Gates, & Lerner, 2016).

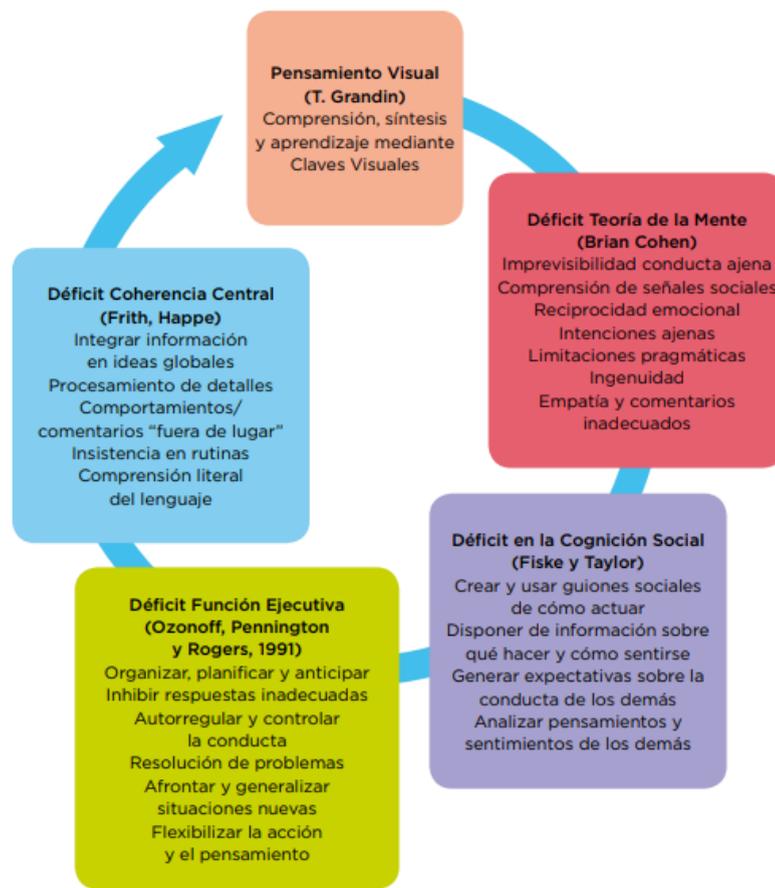


Figura 2.3.1.1 Perfil Cognitivo del alumno con TEA

Área motriz

Los niños con TEA normalmente muestran un desarrollo motriz algo torpe, principalmente en la motricidad fina. También pueden presentar las siguientes dificultades:

- Estereotipias motoras.
- Pueden padecer de forma frecuente fatiga física.
- La dificultad para la comprensión de reglas no explícitas, aunada a la torpeza motora, los exponen a sentirse especialmente vulnerables en áreas como la Educación Física.

En el siguiente mapa conceptual se presenta un perfil cognitivo del alumno con TEA, en el que se resumen las características descritas (Merino & García, 2016).

A continuación, se verá lo referente a la Realidad Virtual para comprender mejor su aplicación como instrumento en las rehabilitaciones de niños con TEA.

2.2 REALIDAD VIRTUAL

La Realidad Virtual se refiere a un tipo de simulación computacional que permite recrear ambientes para que un sujeto pueda interactuar en ellos, y vivenciar esta experiencia como si ocurriera en un entorno verdadero (pérez, 2008).

De esta forma, muchas aplicaciones que utilizan la tecnología de Realidad Virtual se basan en la teoría de que un conocimiento se retiene mucho mejor cuando una persona experimenta directamente una situación o sensación que simplemente cuando se ve o se escucha (Vera, Ortega, y Burgos, 2003).

2.2.1 Definición de Realidad Virtual

La realidad virtual (RV) puede ser descrita de diferentes maneras. Ciertamente, en ocasiones, esto provoca confusión, ya que una manera de definirlo es: “una simulación interactiva basada en un entorno creado por computadora en donde uno o varios usuarios pueden adentrarse de forma virtual, mediante el uso de distintas herramientas que le permiten experimentar percepciones multisensoriales emulando la realidad y creando un estado de presencia en el entorno” (Sherman y Craig, 2003, p.38); mientras que Akstalkanis y Blatner la definen solamente como una forma humana de visualizar, manipular e interactuar con ordenadores y datos complejos (Akstalkanis y Blatner, 1993). Se pueden encontrar definiciones muy diferentes de distintos autores, sin embargo, en los últimos años se ha llegado a tener una

definición más clara y donde la mayoría de los autores concuerdan con ciertas ideas sobre la captación de atención de los niños con TEA con la ayuda de la RV.

2.3 PROBLEMÁTICA DE LA REALIDAD VIRTUAL (RV)

En cuanto a la problemática que puede enfrentar al trabajar con este tipo de tecnología, es necesario hacer una distinción en cuanto a su campo de acción: por un lado, se puede mencionar los llamados “sistemas ventanas”, que han sido definidos como sistemas de realidad virtual sin inmersión. Las experiencias que proporcionan este tipo de sistemas son muy comunes, algunas personas las experimentan a diario y no necesariamente jugando a videojuegos, sino, por ejemplo, al trabajarse con el procesador de texto (el que simula una máquina de escribir) o leyendo en una hoja virtual (aunque para nosotros tiene seguramente el mismo nivel de realidad que si lo hiciésemos en una hoja “real”).

En segundo lugar, están los sistemas de mapeo por video, consistentes en la incorporación a la pantalla de imágenes que son grabadas con cámaras de video a tiempo real, del usuario o usuarios, que pueden, de este modo, interactuar con imágenes generadas por ordenador, o con otros usuarios. El usuario puede, a través de este enfoque, simular su participación en diversos tipos de situaciones, tales como aventuras, deportes u otras formas de interacción física; por ejemplo, se puede mencionar la videoconsola Wii que incorpora este tipo de interfaz.

Por otro parte, se tienen los sistemas llamados inmersivos, equipados con un casco o máscara que contiene recursos visuales, en forma de dos pantallas miniaturas coordinadas para producir visión estereoscópica y recursos acústicos de efectos tridimensionales. Similar al casco citado, pero sin aislar al sujeto del entorno físico real, tenemos los sistemas de realidad mixta o aumentada, que superponen imágenes sintéticas al entorno físico real (lo que es posible incluso sin casco, gracias a las lentillas creadas en la Universidad de

Washington que permiten ver imágenes superpuestas a la realidad mediante un microchip electrónico que incorporan). Este sistema, al que se conoce como realidad aumentada, se puede considerar un híbrido entre la experiencia material y la simulación digital. Otra forma de estos sistemas inmersivos se basa en el uso de múltiples pantallas de proyección de gran tamaño dispuestas octogonalmente entre sí para crear un ambiente tridimensional o caverna en la cual se ubica al usuario que asumirá la tarea de navegación. Estas son los principales tipos de Realidad Virtual partiendo del Interfaz (Cabañez, 2008). A continuación, se verá la problemática propia de las situaciones que se pretenden simular en la aplicación que se desarrolla en esta investigación.

2.3.1 La detección de colisiones

La detección de colisiones es la base fundamental para determinar cuándo dos o más objetos se interceptan. En cuanto a sus antecedentes en la realidad virtual Según Lin y Canny (1992) señalan que este ha sido uno de los problemas principales en muchos aspectos de la computación geométrica.

El problema de la detección de colisiones admite diferentes formulaciones dependiendo de la información que se requiera sobre la posición relativa entre varios objetos. Es un problema que depende enormemente de la aplicación. En su forma más general y básica es un problema de decisión: dado un conjunto de objetos en el espacio, determinar los pares de objetos que están en contacto. Los objetos pueden estar en movimiento o en reposo, en este último caso se habla de la detección de intersecciones. El problema de la detección de colisiones está íntimamente relacionado con el problema del cálculo de proximidad, el cual busca determinar la mínima distancia euclídea que separa dos objetos en el espacio, si los objetos están en contacto se busca determinar la distancia de penetración entre ellos (Arcila, Dinas, y Bañón, 2012, p.10).

Cabe señalar que la detección de colisiones es un elemento fundamental en el desarrollo de este trabajo, dado que se contabiliza sus acumulaciones,

por lo que a continuación se aborda lo referente a la solución de detección de colisiones.

2.4 Solución a la detección de colisiones

Como Arcila et al. (2012) señalan, para resolver el problema de la detección de colisiones se han propuesto una gran variedad de técnicas tales como métodos analíticos, técnicas analíticas exactas, representaciones jerárquicas y métodos de optimización.

Para modelos de objetos formados por caras poligonales es común utilizar detectores de colisión jerárquicos basados en volúmenes limitantes lo que involucra métodos exactos y analíticos. Un volumen limitante es una primitiva sencilla que recubre generalmente un objeto o conjunto de objetos. En este sentido, las primitivas utilizadas como volúmenes limitantes deben de tener una prueba de intersección rápida; es decir, lo que se pretende es aproximar un objeto mediante volúmenes limitantes. De esta manera la colisión entre dos objetos se calcula mediante la intersección entre volúmenes limitantes.

Si dos volúmenes limitantes no intersecan tampoco colisionan los objetos contenidos en los volúmenes limitantes. Los volúmenes limitantes sirven como prueba de no-intersección. Para el desarrollo que se presenta, se utilizaron algoritmos de detección de colisiones, los que se describen a continuación.

2.4.1 Algoritmos de detección de colisiones

Para llevar a la ejecución de una escena en la realidad virtual la detección de colisiones se debe dejar en claro el papel principal de los algoritmos de detección de colisiones.

Los algoritmos de detección de colisiones tradicionalmente han requerido de una gran cantidad de pruebas de intersección, verificando si todos los polígonos o aristas que representan la superficie de un objeto intersecan algún polígono o arista del otro objeto. La mayoría de investigadores en el área

proponen algoritmos que representen al objeto en una estructura jerárquica de primitivas sencillas de forma que se reduzca el número de llamadas para verificar la intersección entre los objetos. Estos algoritmos han demostrado ser efectivos y en la mayoría de las aplicaciones solamente se verifica una pequeña fracción de pares de objetos. Dados dos o más objetos, la meta es verificar si existe una intersección entre ellos, si las estructuras jerárquicas presentan intersección, entonces se aplica una prueba de verificación más precisa. Para ello, las estructuras jerárquicas se dividen en dos grupos:

1. Jerarquía de la subdivisión del espacio
2. Subdivisión del objeto.

En la jerarquía de la subdivisión del espacio, los objetos se subdividen en una jerarquía espacial y son agrupados jerárquicamente según las regiones en las que se encuentran; de este modo, cuando un objeto cambia de posición, se establecen las nuevas regiones a las que pertenece y se detectan las intersecciones únicamente con los objetos que pertenezcan a esas regiones (Arcila et al, 2012).

Lo anterior puede ser muy repetitivo, por ello, diversos expertos en el área proponen algoritmos que incorporen al objeto en una estructura jerárquica con la finalidad de que se reduzca el número de llamadas para determinar la intersección de los objetos. Favorablemente, se ha comprobado que los algoritmos son efectivos; dicho lo anterior, es fundamental determinar cuál algoritmo se ajusta más a esta investigación.

2.4.2 Phantom Omni

Para esta investigación, es fundamental percibir la fuerza que se ejerce en la rehabilitación y de esta forma aportar mayor realismo al ambiente virtual (Chan y Choi, 2009).

Sin embargo, una de las restricciones es la que ha representado sentir el estímulo del tacto: como consecuencia de ello y como parte de la solución en la RV se optó por implementar un dispositivo llamado Phantom Omni que es un

manipulador con el que es posible obtener una respuesta sensorial (Martínez et al, 2014) creado por SensAble Technologies, Inc., que consta de un dispositivo tipo joystick de configuración serial con 6 grados de libertad (GDL) y realimentación de fuerzas nominales de 3.3N en tres ejes.

El OpenHaptics SDK es el kit de desarrollo, proporcionado con el dispositivo háptico Phantom Omni en el OpenHaptics Toolkit v.2.0, que permite crear aplicaciones de software para el manejo de los dispositivos hápticos Phantom de SensAble Technologies. Este SDK incluye el conjunto de librerías HDAPI (Haptic Device API), HLAPI (Haptic Library API), utilidades, controladores del dispositivo (Phantom Device Drivers, PDD) y ejemplos de códigos fuente (Pinto, Sabater y Sofrony, 2011).

Cabe señalar que existen diversas aplicaciones para este dispositivo, por ejemplo: teleoperación, rehabilitación, entretenimiento y aplicaciones médicas de diagnóstico.

2.4.3 PQP - A Proximity Query Package

Este paquete fue desarrollado por la universidad de Carolina del Norte, y es libre para uso no comercial. Ejecuta una eficiente detección de colisión y cálculos de distancia para una colección de triángulos en un mundo 3D. Características (Chacón, 2010):

- Interface con C++ Compatible con plataformas de Linux y Windows.
- PQP_REAL tipo definible por usuario para operaciones de punto flotante o para operaciones dobles. Soporta tres tipos de consultas de proximidad: la detección de colisión, el cómputo de distancia, y la verificación de tolerancia usando la misma estructura modelo para todas las consultas.
- Se adecúa fácilmente a los requerimientos del cliente.
- Los programas del cliente deben incluir el archivo de cabecera "PQP.h" y vincularse a la biblioteca PQP.

- Ninguna restricción especial topológica o de la información de adyacencia son requeridas para modelos de entrada, solo son necesarios una lista de los triángulos del modelo.

Además de las características mencionadas, también se eligió la librería PQP porque que en la misma se pueden crear tres tipos de consulta de proximidad con un par de objetos geométricos combinados por triángulos según Geometric Algorithms for Modeling.

De esta forma, la detección de colisiones verifica si dos objetos se superponen (overlap) o también se podría decir cuando los triángulos se superponen (overlap), como se aprecia en la Figura 2.4.3.1 que describe cuando los dos objetos virtuales hacen un overlap, causando que un objeto traspase al otro.

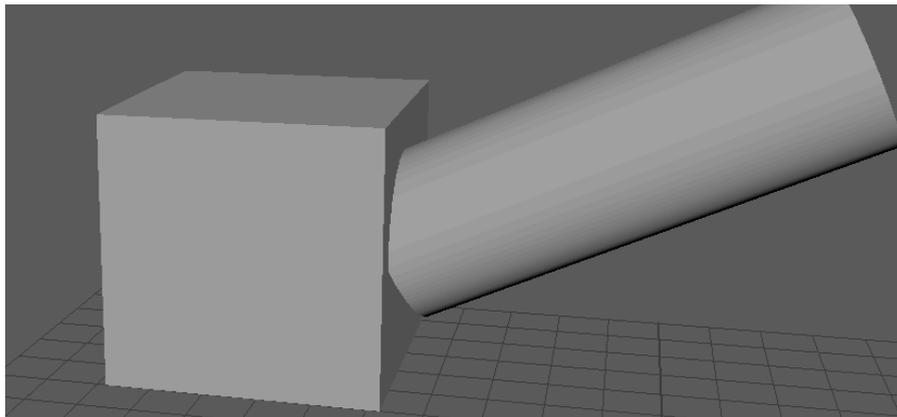


Figura 1.4.3.1 Detección de colisiones

Otro tipo de consulta que se puede ejecutar en la librería PQP es el cálculo de la distancia: su objetivo principal es calcular la distancia mínima entre dos modelos. Dicho de otra manera, la distancia entre los dos vértices más cercanos de cada objeto virtual, como se aprecia en la figura 2.4.3.2.

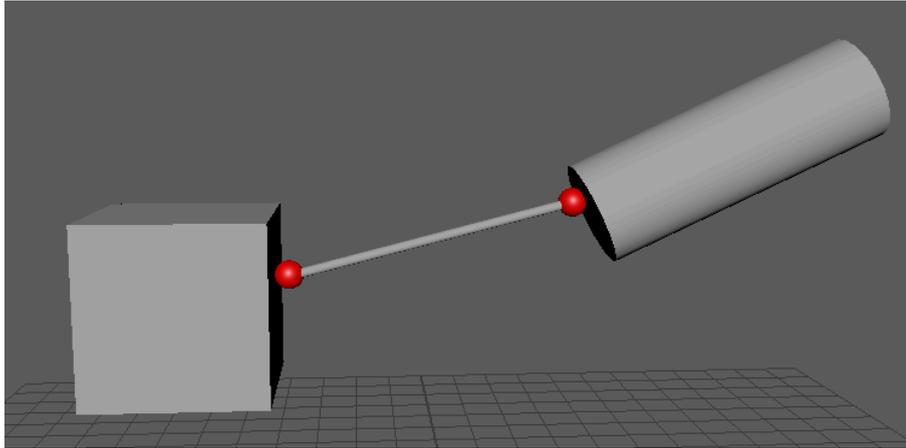


Figura 2.4.3.2 cálculo de la distancia

El último tipo de consulta de PQP es verificación de tolerancia: analiza mediante un valor de tolerancia si dos objetos se encuentran más cerca o más lejos del valor proporcionado inicialmente. Por ejemplo, podemos planificar una ruta usando la verificación de tolerancia para evitar colisiones con el valor dado como se aprecia en la figura 2.4.3.3.

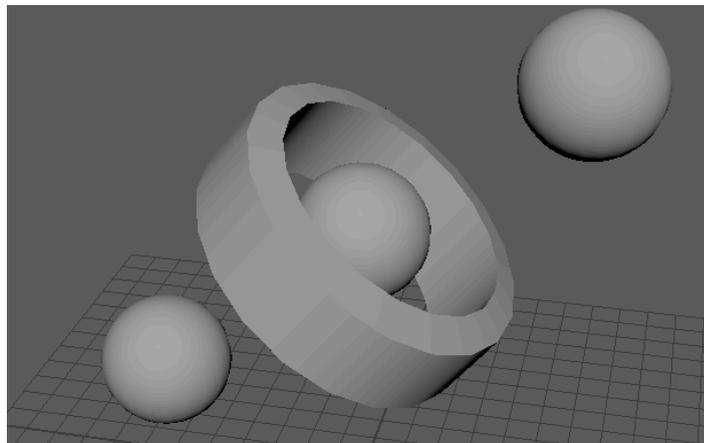


Figura 2.4.3.3 verificación de tolerancia

2.4.4 OpenGL

La plataforma en la que se está trabajando en esta investigación se conoce como OpenGL®. Esta es una interfaz de programación de aplicación (API) que puede trabajar en 2D y 3D. Permite muchas áreas de uso, pero en particular para este estudio, se usará la de realidad virtual. Una de las

características más relevantes de esta API es el modelo cliente/servidor en el entorno web (Khronos, 2021).

Esta plataforma fue desarrollada por Silicon Graphics a partir de su biblioteca IRIS GL, y se considera actualmente como la API libre y portable más utilizada en la industria para el desarrollo de aplicaciones gráficas 2D y 3D. Permite la generación de nuevos modelos o la interacción con modelos creados con otros paquetes gráficos a partir del manejo de ficheros WaveFront .obj y del uso de las librerías gl, glu y glut en lenguajes de programación como C++, C#, Java y Visual Basic (Pinto et al, 2011), lo que aporta una gran versatilidad, característica por la que también se optó por utilizar esta plataforma.

A continuación, se aborda lo concerniente a las interfaces hápticas, ya que son elementos fundamentales en las terapias de RV.

2.5 LAS INTERFACES HÁPTICAS (IH)

En cuanto a la percepción háptica, cabe señalar que no depende solamente de lo visual, sino que suministra importante información sobre ciertas dimensiones de los objetos como su temperatura, peso, rugosidad, etc., que no pueden percibirse a través de otras modalidades sensoriales (Ballesteros, 1993). “El sentido háptico complementa el sentido de la vista porque permite obtener información de otras características físicas y con ello proporciona, a través de movimientos de actividad exploratoria, mayor detalle del objeto con el que un usuario interactúa” (Zasulich y Santís, 2016, p.13).

El sentido háptico abarca dos tipos de sensaciones que generan información de un objeto y que son útiles para la interpretación que el cerebro humano hace de éste. Tiene que ver con el rasgo percibido del cuerpo manipulado. Si es su masa, esta provee información del peso e inercia, se tiene idea por medio del sentido cinestésico a través de receptores ubicados en los músculos, las articulaciones y los tendones; estos receptores permiten a la

persona sentir las fuerzas-torques ejercidas al contacto con un cuerpo y saber en dónde se encuentra su mano aun con los ojos cerrados. De esta forma, la Háptica es un área que estudia e investiga la interacción de la modalidad sensorial del tacto con un mundo virtual.

Una interfaz háptica, corresponde al medio mediante el cual, un operador humano interactúa con un ambiente virtual al utilizar un mecanismo de eslabones articulados, al que se nombra dispositivo háptico, y recibe en respuesta señales de retroalimentación de fuerza y estímulo visual correspondiente a la interacción (Martínez et al, 2014, p.1).

De manera análoga, las IH pueden dividirse en dos grupos principales desde el punto de vista de la sensación que producirán en el momento del contacto con la parte del cuerpo: las que producen estímulos cinestésicos y las que producen estímulos táctiles (Zasulich y Santís, 2016).

Con base en lo anterior, las interfaces hápticas son dispositivos bidireccionales que proporcionan sensaciones de fuerzas o tacto al operador a través de la misma interfaz con la que envía consignas al sistema remoto; son básicamente posicionadores de avanzadas prestaciones que permiten simular sensaciones táctiles gracias a la realimentación de fuerzas (Pinto et al, 2011). A continuación, se verán algunas de sus aplicaciones en las terapias de Realidad Virtual (RV).

2.5.1 Aplicaciones de Dispositivos hápticos en Terapias de RV

Ordoñez et al (2013) desarrollaron un sistema que constó de un ambiente virtual en dos dimensiones (2-D) para ejecutar diferentes ejercicios de rehabilitación y de una base de datos que almacena información sobre el desempeño de los usuarios, registrada a lo largo de las diferentes sesiones de entrenamiento. Para ello, se hizo uso de la interfaz háptica Phantom Omni que

permite un mayor realismo, esto se logra al poder sentir la presión que se ejerce con los objetos virtuales.

Lo anterior ayuda a la implementación de un ejercicio de rehabilitación motriz que consiste en guiar un anillo alrededor de una trayectoria curvilínea en un mundo virtual. Como aspectos innovadores, en esta implementación se destacan (Ordóñez et al, 2013):

I) la implementación de un campo de fuerza con nivel de asistencia pre-programado que ayuda al usuario a centrar el anillo alrededor de la trayectoria a seguir;

II) la generación automática de dichas trayectorias;

III) y la cuantificación del seguimiento que hace el usuario a la trayectoria.

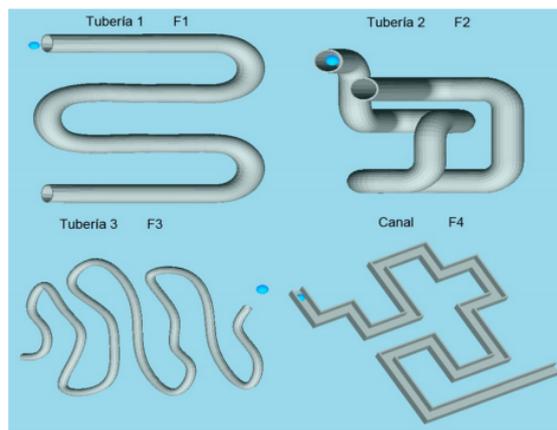


Figura 2.5.1.1 Ejercicios de familiarización con el uso de interfaces háptica. El usuario debe guiar una esfera por el interior de cada uno de los cuatro sistemas. En estos ejercicios no se mide el desempeño en el seguimiento de la trayectoria ni se penalizan las colisiones.

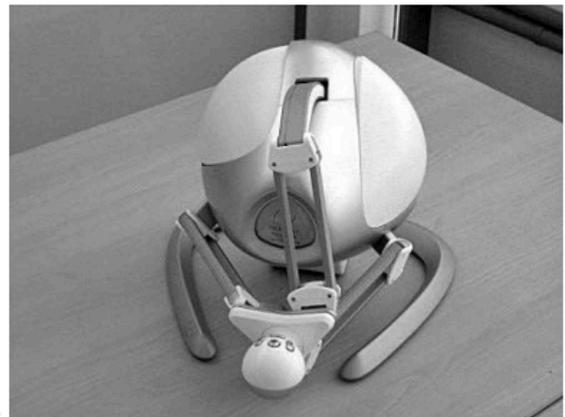
Por su parte, Pinto et al (2015) exploraron la eficiencia de distintas librerías de detección de colisiones al utilizar modelado mixto (superficial/volumétrico) 3D de objetos en una escena virtual. Para hacer esta comparación efectuaron pruebas de interacción virtual con dos dispositivos hápticos, midiendo tiempos de inicialización, cuadros por segundo y consumo

de RAM. Como interfaz háptica se utilizaron dos dispositivos Interfaz Phantom Omni e Interfaz Novint Falcon.

Figura 2.5.1.2 Interfaces hápticas usadas. a) Interfaz Phantom Omni®, b) Interfaz Novint Falcon.



a.



b.

Se plantearon cuatro casos de estudio de acuerdo con la interfaz háptica utilizada y el uso de una librería específica para la detección de colisiones, con cada caso definido como:

- Falcon-VC: librería V-Collide y dispositivo Novint Falcon™
- Phantom-VC: librería V-Collide y dispositivo Phantom Omni®
- Falcon-Physx: librería physX y dispositivo Novint Falcon™
- Phantom-Physx: librería physX y dispositivo Phantom Omni®

Como resultado, se obtuvo que la mejor opción para interactuar en el escenario virtual de un sistema de teleoperación consiste en calcular y reportar las colisiones con PhysX interactuando con la interfaz háptica Phantom Omni, esta selección permite además aprovechar la definición de propiedades físicas para la interacción de los objetos tridimensionales y la generación de efectos

de contacto teniendo en cuenta velocidad, aceleración de cursor y otras características ya ofrecidas por la librería.

Una terapia desarrollada en los últimos consistió en un delfinario virtual para posibles intervenciones de niños con autismo. En lugar de simular la natación con delfines, el programa virtual de interacción con delfines permitió que los niños con autismo de manera lúdica actuaran como delfines (Yiyu et al, 2013).

Otra investigación reciente se enfocó en niños con espectro autista para examinar el potencial de pantallas de realidad virtual (VR) (Newbutt et al, 2019). Para ello, uno de los objetivos de la investigación fue saber si a los niños con espectro autista les gustaría utilizar la realidad virtual en las escuelas. A través de un enfoque de métodos mixtos, se encontró que los VR son costosos y se prefirieron los cascos de realidad virtual de última generación (HMD) tecnológicamente avanzados. Además, los HMD resultaron ser físicamente más agradables y visualmente más cómodos, fáciles de usar y llamativos, por lo tanto, los niños quisieron usarlos otra vez.

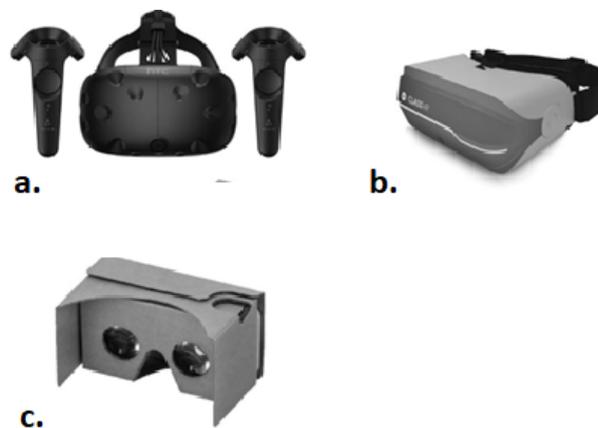


Figura 2.5.1.3 Equipo utilizado en el en el caso de estudio: top, a) HTC Vive, b) ClassVR, c) Google Cardboard VR.

Como conclusión, los autores encontraron que con la adaptación de Phantom, los HDM serían mejor aceptados por la mayor por parte de los niños

con TEA para así, lograr mejorar el nivel de atención, siendo este el principal obstáculo de los niños con este padecimiento.

Otro trabajo constó de un simulador de entrenamiento en anestesia regional en particular raquianestesia y epidural. La necesidad de dicho proyecto nació porque los practicantes solo podían observar al instructor, por cuestiones de seguridad, o solo podían tener acceso a cadáveres para poder realizar las prácticas de anestesia, esto generaba muchos costos.

Como objetivo de esta investigación, se propuso un ambiente virtual que puede llegar a un realismo muy elevado, incorporando el Phantom Omni para percibir la sensación de la fuerza que ejercen los estudiantes cuando se aplica la anestesia.

Las actividades principales se dividieron en tres tipos: PRE, INTER Y POST. Esto con el objetivo de tener un control de actividades que se llevan a cabo en el proceso de anestesia, creando el ambiente virtual de cada una de ellas.

La etapa PRE, se refiere a actividades relacionadas al proceso de preparación para la aplicación de la anestesia, por ejemplo: elegir la vestimenta, tipo de aguja, capacidad de jeringa, etc. Una vez finalizada la PRE del mapa de actividades, se continúa con INTER, que consiste en aplicar la anestesia en un entorno virtual visualizando un paciente en posición para recibir la anestesia, como se observa en la figura 2.5.1.5. En este proceso se utiliza el dispositivo Phantom Omni donde se percibe la fuerza ejercida en la aplicación de la anestesia.

La etapa POST se enfocó el seguimiento del paciente durante la intervención quirúrgica. Como conclusión de esta investigación, se plantea culminar las escenas del POST y se pretende agregar otra actividad al mapa con base a las recomendaciones de los expertos en esta rama (Gomes, D. (2017)).

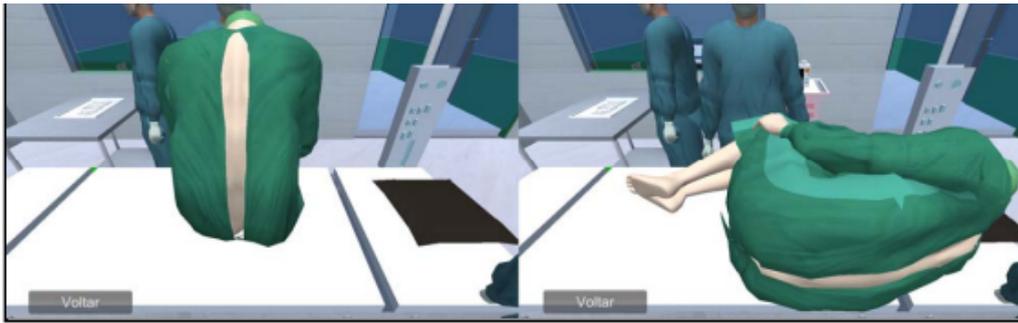


Figura 2.5.1.4 Resultado de la animación del paciente en la posición sentado y para posición decúbito lateral

En otra investigación se explora la idoneidad del simulador de formación profesional de realidad virtual, para lo que se desarrolló un sistema que contiene seis ambientes virtuales para la formación de personas con trastorno de espectro autista: uno de estos seis ambientes virtuales particularmente consiste en acomodar cajas (2D) con diferentes tamaños en un remolque de tráiler; para lo que se utiliza el Phantom Omni como herramienta para lograr percibir la fuerza ejercida aplicando las habilidades motoras como se muestra en la Figura 2.5.1.6, con la finalidad de que personas con este padecimiento puedan practicar antes de introducirse en el ambiente laboral en trabajos básicos y así puedan irse familiarizando con las labores.



Figura 2.5.1.5 Técnica de interacción con Phantom Omni

Como metodología se aplicó la prueba a cinco personas con TEA en edades entre 20 y 27 años, con duración por sesión de 2 horas al día supervisadas por tres entrenadores profesionales. Ninguno de los participantes tenía experiencia en realidad virtual. Los resultados reflejaron que los participantes tuvieron dificultad para adaptarse al Phantom Omni, mientras que los entrenadores opinaron que es una herramienta muy prometedora maximizando el realismo con la RV, pero también comentaron que se requiere más investigación con la parte del TEA para lograr un mejor resultado (Bozgeyikli, y otros, 2017). Los autores también determinaron que se requiere trabajar desde una edad temprana para lograr una mejor adaptación a la realidad virtual y elevar el nivel de realismo con un ambiente en 3D esto elevando la confianza y adaptación de las personas con TEA; lo que se toma en cuenta en la presente investigación para fomentar terapias que involucren la RV en niños con este trastorno.

En otra aportación se diseñó una interfaz háptica especialmente pensada para los niños con TEA para elevar sus habilidades motoras; considerando elevar su espacio de trabajo, movimientos atípicos y mayor comodidad al utilizarlo.

El objetivo principal del proyecto fue diseñar interfaces e interacciones de retroalimentación de fuerza háptica eficientes y confiables para el usuario con TEA. Esto consiste en una mesa de trabajo X e Y, en la que el diseño fue pensado para que el usuario permita sentarse y usar la parte superior de su cuerpo: cómo se puede observar en la Figura 2.5.1.6, se puede trasladar el brazo en un espacio de 2D con la alternativa de ajustar el ambiente de trabajo.

Cabe señalar que este proyecto aún no ha concluido, pero se obtuvieron resultados preliminares que sugirieron planear desde el ambiente virtual con la ayuda de los expertos en TEA para que, de manera conjunta, se logre tener un proyecto que eleve el progreso en particular en las habilidades motoras.

De igual forma, los investigadores concluyeron que, para definir cómo se llevaría la experimentación para poder comparar su nueva interfaz háptica,

tendrían que realizar entrevistas con personas expertas en el área en TEA (Pérusseau-Lambert, 2016).

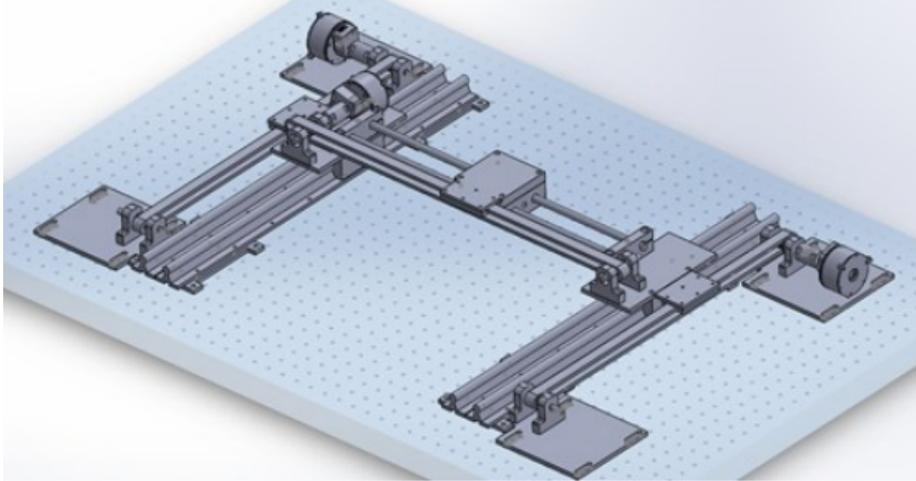


Figura 2.5.1.6 Técnica de interacción con Phantom Omni

A continuación, se verán las áreas involucradas en el funcionamiento de las interfaces hápticas.

2.6 ÁREAS DE INTERVENCIÓN A TRAVÉS DE LAS IH

Como se vio, los dispositivos hápticos son herramientas de apoyo (hardware especializado) para sistemas basados en realidad virtual que pueden ser utilizados para algunas personas que requieren realizar actividades para sus tratamientos de rehabilitación motriz (Mendoza et al, 2015).

Una alternativa para realizar lo anterior es a través de juegos basados en realidad virtual (rehabilitación virtual), debido a que a través de éstos, los especialistas tienen ventajas de estudiar el comportamiento de los pacientes, ya que ellos exponen varias modalidades sensoriales frente a la rehabilitación virtual, por lo que estos se abordan en los apartados posteriores.

2.6.1 Definición de motricidad

La motricidad según diferentes autores se refiere al ejercer movimientos en coordinación con la mente. Movimientos de las extremidades donde intervienen los receptores sensoriales, con lo cual ayudan a ejecutar los movimientos de los músculos sincronizados y además informan a los centros nerviosos sobre los mismos. Por ejemplo, para darle más claridad al significado, se puede mencionar cuando caminamos, saltamos, corremos, etc. (Jiménez, 1982).

La Motricidad se enfoca en la comprensión del movimiento como concepto central de la vida en tanto fenómeno natural, y de otro, en su perfilación específica al de movimiento humano que se asocia como medio para satisfacer necesidades de supervivencia, expresar emociones y creencias, asimismo, como un elemento de comunicación e interacción con el medio y con los sujetos que cohabita.

2.6.2 Motricidad gruesa

Según Guaman (2015) la motricidad gruesa engloba los movimientos más generales que realiza el ser humano, es decir: no se requiere demasiada precisión para poder ejecutarlos. Este tipo de movimientos se ejecutan desde el nacimiento, y se entrenan sin que las personas se percten, hasta lograr el movimiento deseado. También se pueden mejorar incrementando fuerza, velocidad y agilidad. Por ejemplo, ponerse de pie, saltar, caminar, etc. (Guaman, 2015). De esta forma, la motricidad gruesa se refiere

Al dominio de una motricidad amplia que lleva al individuo a una armonía en sus movimientos, a la vez que le permite un funcionamiento cotidiano, social y específico". El cuerpo humano cuenta con un sector activo para realizar el movimiento que son los nervios y los músculos, y un sector pasivo que es el sistema osteo-articular; por esto para realizar un movimiento debe existir una adecuada coordinación y sincronización entre todas las estructuras que intervienen para realizarlo, como son el

sistema nervioso, los órganos de los sentidos y el sistema músculo-esquelético (Franco, 2009. P. 44).

2.6.3 Motricidad Fina

Otro término que se debe definir por ser un área de interés para esta investigación es la Motricidad Fina. Según Guaman (2015), ésta se refiere a la capacidad para utilizar los pequeños músculos con precisión y exactitud. Se puede lograr con la estimulación de los músculos de las manos y dedos para que estos sean cada vez más precisos, logrando así dominar movimientos sincronizados con la mente, por ejemplo, cortar, apilar objetos, escribir, pintar, etc.

La Motricidad fina se refiere a la destreza manual que se adquiere sólo con la práctica, aunque en casos específicos no sólo se refiere al trabajo con las manos sino con otras partes del cuerpo (casos específicos de personas que han sufrido accidentes por la pérdida de sus brazos y por tal razón suplen la falencia de los brazos con otra parte del cuerpo). Este término habla del control de los movimientos finos (pequeños, precisos), contrario a los movimientos gruesos (grandes, generales). También hace referencia a la coordinación de las funciones neurológicas, esqueléticas y musculares utilizadas para producir movimientos precisos (como señalar un objeto pequeño con un dedo, en lugar de mover un brazo hacia el área en general) (Ruiz, 2017, p. 23 y 24).

2.1.8 Motricidad aplicado a los niños con autismo

Las personas con autismo tienen dificultades en la función motora gruesa (la que implica grandes movimientos de brazos, piernas, torso o pies) y en la coordinación motora, el funcionamiento coordinado de diferentes músculos, articulaciones y huesos (Alonso, 2017).

Por ello, delimitar la aplicación de la motricidad en los niños con autismo ayuda a desarrollar de manera completa sus habilidades de movimiento. Con la práctica, se pueden descubrir sus habilidades y capacidades motoras.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN

En este capítulo se detallan los pasos que se siguieron para aplicar el método de solución, iniciando con la metodología utilizada para recabar los registros para la comparación de grupos de contraste.

3.1 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Se utilizó un método mixto cuantitativo para medir el progreso de los participantes: las variables seleccionadas por los expertos con TEA son tolerancia a frustración, nivel de atención con la actividad, tiempo y nivel de igualdad a la figura (anexo 1), llevándose a cabo la experimentación en el centro de autismo Sinaloa (CAS) con ayuda de expertos en la materia de autismo.

3.2 MÉTODO DE SOLUCIÓN

1. Recopilación de información: en esta etapa se recolectó información de investigaciones que reflejaran resultados reales sobre la aplicación de la Realidad Virtual y las Interfaces Hápticas en rehabilitaciones en diversos campos de la neurociencia, principalmente en el área de niños con trastorno de espectro autista. También se revisaron artículos médicos sobre el tema del espectro autista y su afectación en niños, para identificar las características de esta condición y las consecuencias que tiene a nivel aprendizaje en los niños que la presentan.
2. Selección del campo de intervención: se seleccionó la motricidad fina como objeto de la rehabilitación de la psicomotricidad para adaptar al ambiente virtual propuesto para el tratamiento.
3. Creación de modelos en 3D: utilizando la interfaz de programación de aplicaciones (API) se diseñaron modelos en 3D con el lenguaje C++, modelos a base de coordenadas de vértices de X; Y y Z con un conjunto de vértices que dieron como resultado los modelos de la figura 3.2.1.

En esta figura se observa cómo el modelo representado está formado por los objetos de la escena integrado por 12 caras triangulares y de 8 a 36 vértices según la lectura de cada cara.

4. Configurar Librería PQP: uno de los objetivos de esta librería es detectar si dos objetos se traslapan, dado que en la escena propuesta se necesita de esta función para determinar cuando el Phantom Omni ocasione una colisión con los objetos rectangulares y poder manipularlos o moverlos como el usuario desee. Un ejemplo gráfico como se muestra en la figura 3.2.2.

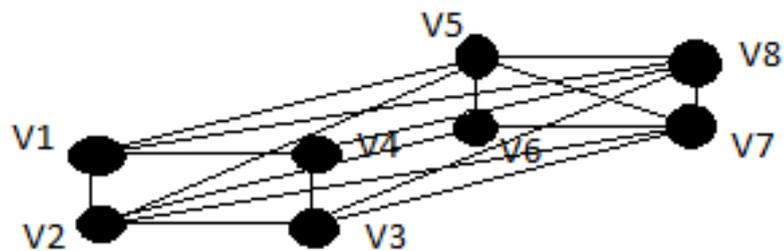


Figura 3.2.1 Identificación de vértices y caras de cada rectángulo del ambiente virtual

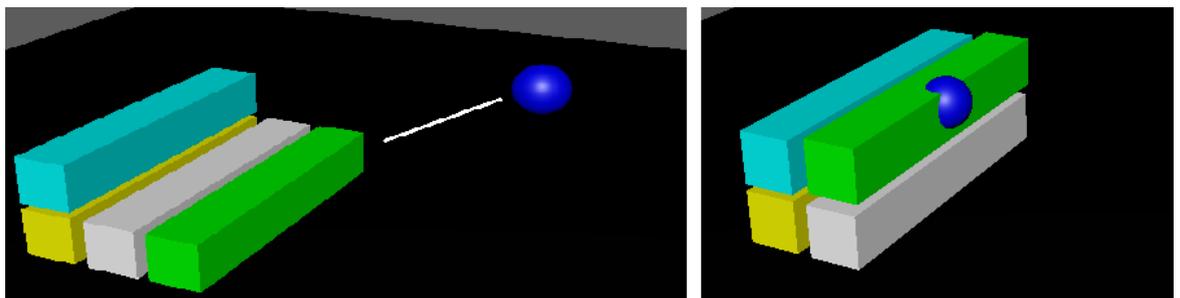


Figura 3.2.2 Función Overlap de PQP

5. Configuración de atributos de Phantom Omni: en esta investigación el

Phantom Omni es una herramienta clave para darle un realismo elevado, dando una percepción de fuerza que se ejerce en los objetos virtuales como se aprecia en la figura 3.1.2. Cuando se presenta una colisión entre dos objetos se siente la fuerza de choque. Para ello, se utilizó el lenguaje C++ para agregar las propiedades hápticas por medio de librerías de Open GL necesarias para dar realismo al ambiente virtual y que el manipulador PHANTOM OMNI permitiera obtener la respuesta sensorial.

6. Pruebas con niños con TEA en el Centro de Autismo Sinaloa CAS: se definió un centro especializado con niños con TEA para probar el proyecto: en esta investigación en particular se optó por el Centro de Autismo Sinaloa (CAS), delimitando la muestra con los niños con TEA de nivel 1.
7. Evaluación del ambiente de Realidad Virtual: se en este punto de la metodología se implementó el ambiente virtual propuesto con niños en el CAS para poder evaluar el progreso de la rehabilitación.
8. Resultados: se analizaron los resultados obtenidos de las pruebas con niños con autismo nivel 1 para corroborar la hipótesis planteada y responder a los objetivos de esta investigación. En la Figura se ilustra el método descrito.



Figura 3.1.3 Descripción grafica del método de desarrollo del proyecto

3.3 VARIABLES DE MEDICIÓN

Con base en lo recomendado por expertos en niños con TEA, se establecen las siguientes variables de medición para determinar la eficacia de las terapias de rehabilitación:

1. Tiempo y nivel de igualdad a la figura (anexo 1)
2. Tolerancia a frustración,
3. Nivel de atención con la actividad,

3.4 MUESTRA

La muestra se definió por conveniencia (Hernández et al, 2014), dada la situación de la pandemia derivada por el COVID-19: de esta forma, estuvo conformada de 8 pacientes con una edad de 6 a 8 años todos con un nivel de autismo 1, cada uno de ellos lleva un tratamiento en el Centro de Autismo Sinaloa (CAS) en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.

3.5 PARTICIPANTES

1. Se clasificaron 2 grupos de pacientes de diferentes escuelas teniendo un total de 8 niños con TEA sin importar el sexo de los participantes.
2. Se determinó un rango de 5 a 8 años, con lo que se categorizaron a los participantes en dos grupos de contraste:
 - Grupo A: 4 niños que trabajaron con realidad virtual.
 - Grupo B: 4 niños con rehabilitación real.

De acuerdo con lo recomendado con Newbutt et al (2019) se determinó que los niños tuvieran sesiones personalizadas, es decir, sólo el especialista y el paciente para de esta forma asegurar la concentración de la práctica.

3.6 RECURSOS MATERIALES: HARDWARE Y SOFTWARE

Se propone como mínimo requerimiento una laptop o PC con un procesador a9-9400 Radeon r5, 5 compute cores 2c+3g, 2400 mhz, 2 procesadores principales, 2 procesadores lógicos y con una memoria Ram 8 Gb; ya que se utilizaron para el desarrollo y la implementación del experimento.

Además, se requirió como mínimo un Phanthom Omni o versiones superiores que detecten el rango de movimiento con giro de la muñeca, contengan los parámetros para configurar una fuerza de máxima y valor par en la posición nominal (brazos ortogonales), con una rigidez Eje X > 7.3 lb/pulg. (1.26 N/mm), Eje Y > 13.4lb/pulg. (2.31 N/mm), Eje Z > 5.9 lb/pulg. (1.02 N/mm), con una retroalimentación de fuerza con 3 grados de libertad (x, y, z), y con una interfaz de comunicación con puerto ethernet del tipo Rj45.

CAPITULO IV. DESARROLLO

En el presente capítulo se detalla el diseño y desarrollo del proyecto, desde cómo se definió la problemática a abordar y la idea principal de desarrollo, hasta la terminación del ambiente virtual propuesto inicialmente, para lo que se inicia con la descripción del sistema.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Como etapa inicial se determinó centrarse en las habilidades psicomotoras que, por medio de esta rehabilitación, se puede mejorar el progreso en movimiento, experiencia, pensamiento, sentimientos y acción.

En la investigación de campo que se realizó en el Centro de Autismo Sinaloa (CAS) inicialmente se hace una dinámica que consiste en interactuar con la maestra y el paciente, la que consiste en lo siguiente:

Apoyándose en una mesa se colocan figuras rectangulares como se aprecia en la figura 4.1.1



Figura 4.1.1 Figuras rectangulares con las que interactúa el paciente

Después, la maestra selecciona una imagen y la muestra al paciente como se observa en la figura 4.1.2, el que tendrá que crear con las figuras rectangulares una figura lo más parecida posible a la mostrada por la maestra en un tiempo determinado.



Figura 4.1.2 Figura a Replicar

Se recomienda que se acompañe al niño siempre de la maestra, expresándole que no hay ningún problema si no puede finalizar en el tiempo propuesto, esto para evitar alguna escena o estado de estrés.

Una vez definida la propuesta se continuó creando los modelos virtuales para complementar la escena. Para ello se utilizó la API OpenGL como instrumento de apoyo capaz de dibujar los objetos con base en primitivas que consiste en puntos, segmentos de línea y polígonos, por cada objeto se crean rectángulos utilizando la función $glVexte(x,y,x)$ censando los puntos en los que reciben la señal.

Cabe señalar que las coordenadas representan los vértices, por lo que para crear un rectángulo se necesita llamar tres veces la función glVertex como se muestra en la figura 4.1.3.

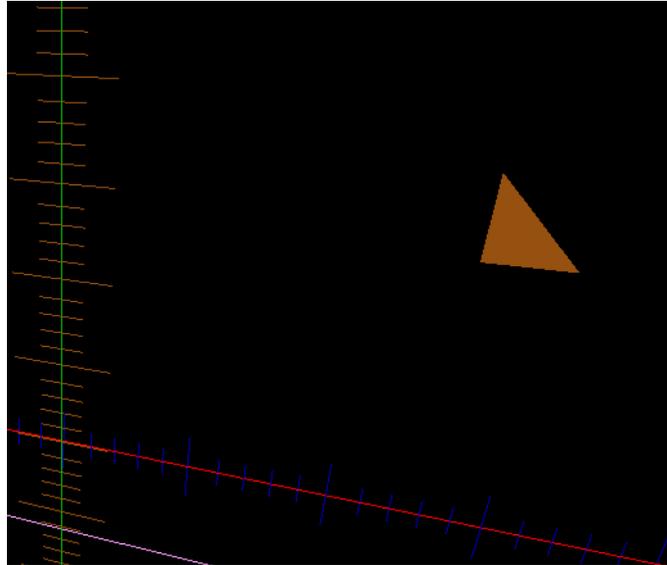


Figura 4.1.3 Función glVertex formando un rectángulo

De esta forma, a través de un conjunto de coordenadas se crean los objetos rectangulares y la mesa, como se muestra en la figura 4.1.4: con lo anterior se ha logrado abstraer del mundo real a lo virtual; lo que representa un logro para estos niños.

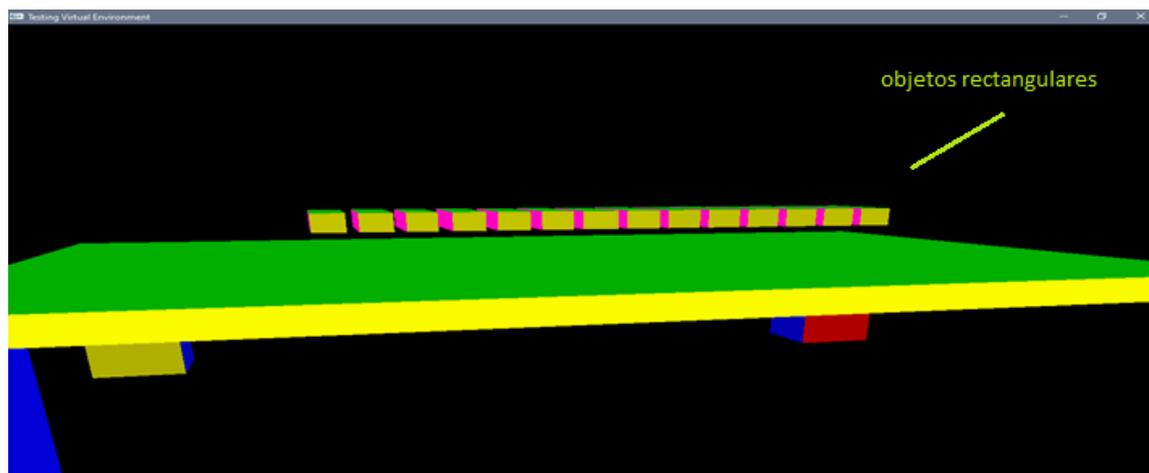


Figura 4.1.4 Ambiente virtual con interacción con interfaz háptica

A continuación, se detalla lo correspondiente a la implementación.

CAPITULO V. IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se detallan los aspectos relacionados con la implementación del proyecto, iniciando con lo que respecta a los grupos de contraste que participaron en el proyecto.

5.1 GRUPOS DE CONTRASTE

Se seleccionó un total de 8 niños, todos del sexo masculino. Todos ellos padecen autismo nivel 1 detectado por los especialistas del CAS.

- La edad de los niños fluctuó de los 5 a los 8 años de edad (media = 6.83, mediana = 7),
- Todos los participantes están inscritos en una escuela normal y asisten una vez por semana al Centro de Autismo de Sinaloa (CAS) durante 1 hora
- Se clasificaron los participantes en dos grupos:
- Grupo A: 4 niños que trabajaron con realidad virtual
- Grupo B: 4 niños que trabajaron con rehabilitación tradicional.

5.2 SOFTWARE

La plataforma donde se desarrolló el ambiente virtual y modelos virtuales fue OpenGL. Posteriormente, se enlazó con una interfaz háptica (Phantom Omni) para interactuar el mismo.

5.3 PROCEDIMIENTO

Se inició con una entrevista con el personal experto en atención a los niños con autismo para iniciar con el experimento, con base en dicha entrevista se tomó la decisión de comenzar el experimento primeramente con el grupo A: El abordaje consistió en tres sesiones para que los niños se acostumbraran al Phantom Omni y no se tuviera desventaja frente al grupo B al momento de comparar los resultados.

5.4 AMBIENTES VIRTUALES

Se utilizaron dos ambientes virtuales incluidos en la librería de Phantom: el ambiente virtual para adaptación se llama *Simple Deformable Surface*. Éste consiste en percibir la fuerza ejercida cuando se interactúa con la superficie como se muestra en la Figura 5.4.1. Al final, el niño con TEA pudo familiarizarse con el *Stylus del Phantom* y sus 6 grados de libertad.

El segundo ambiente virtual que se eligió fue el *Point Manipulation*, que consiste en un conjunto de vértices unidos con aristas como se aprecia en la figura 5.4.2. Esto hace posible a los participantes que se familiaricen con las habilidades motoras formando imágenes geométricas proporcionadas por la maestra a cargo del paciente.

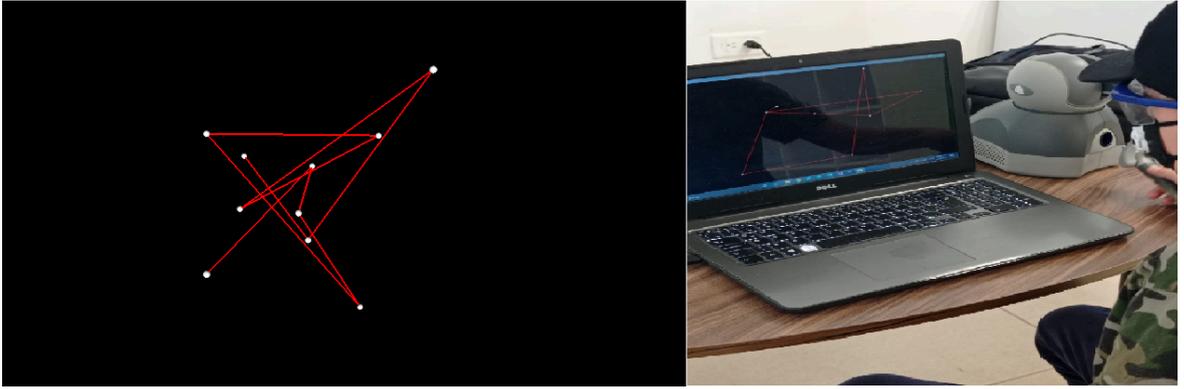
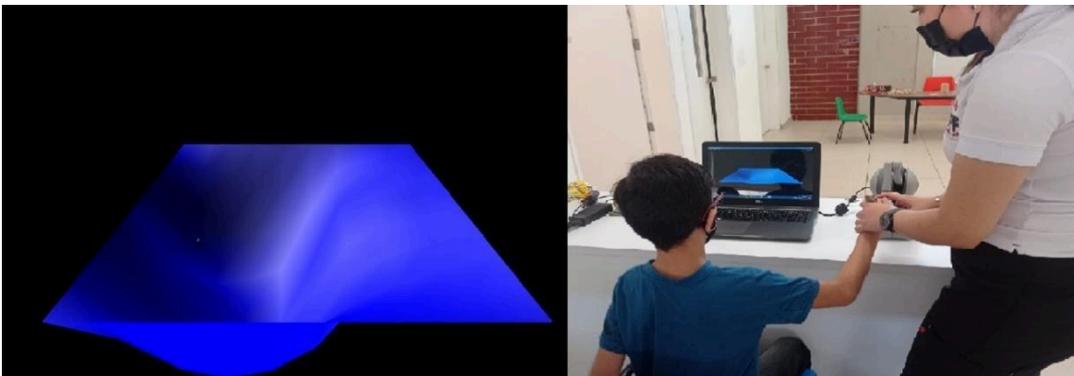


Fig. 5.4.1 Ambiente virtual Simple Deformable Surface interactuando con



participantes del grupo A.

Figura 5.4.2 Ambiente virtual Simple Point Manipulation interactuando con participantes del grupo A.

Una vez finalizadas las sesiones de adaptación continuó la etapa de experimentación como se aprecia en la figura 5.4.3, la que consistió en registrar las siguientes variables seleccionadas por los expertos en TEA:

1. Tolerancia a frustración,
2. Nivel de atención con la actividad,
3. Tiempo y nivel de igualdad a la figura (anexo 1).



Figura 5.4.3 Implementación del ambiente virtual interactuando con participantes del grupo A.

5.5 DIFICULTADES DE LA INVESTIGACIÓN

Se debe mencionar que en el transcurso de la implementación del experimento en la tercera sesión dejaron de asistir un paciente de cada grupo; tanto del grupo A y B, por motivo de la pandemia de COVID-19: dada su peligrosidad en cuanto a contagio en menores de edad, los padres optaron por no enviar a sus hijos a sus terapias; con lo que faltaron al experimento.

CAPÍTULO VI. RESULTADOS

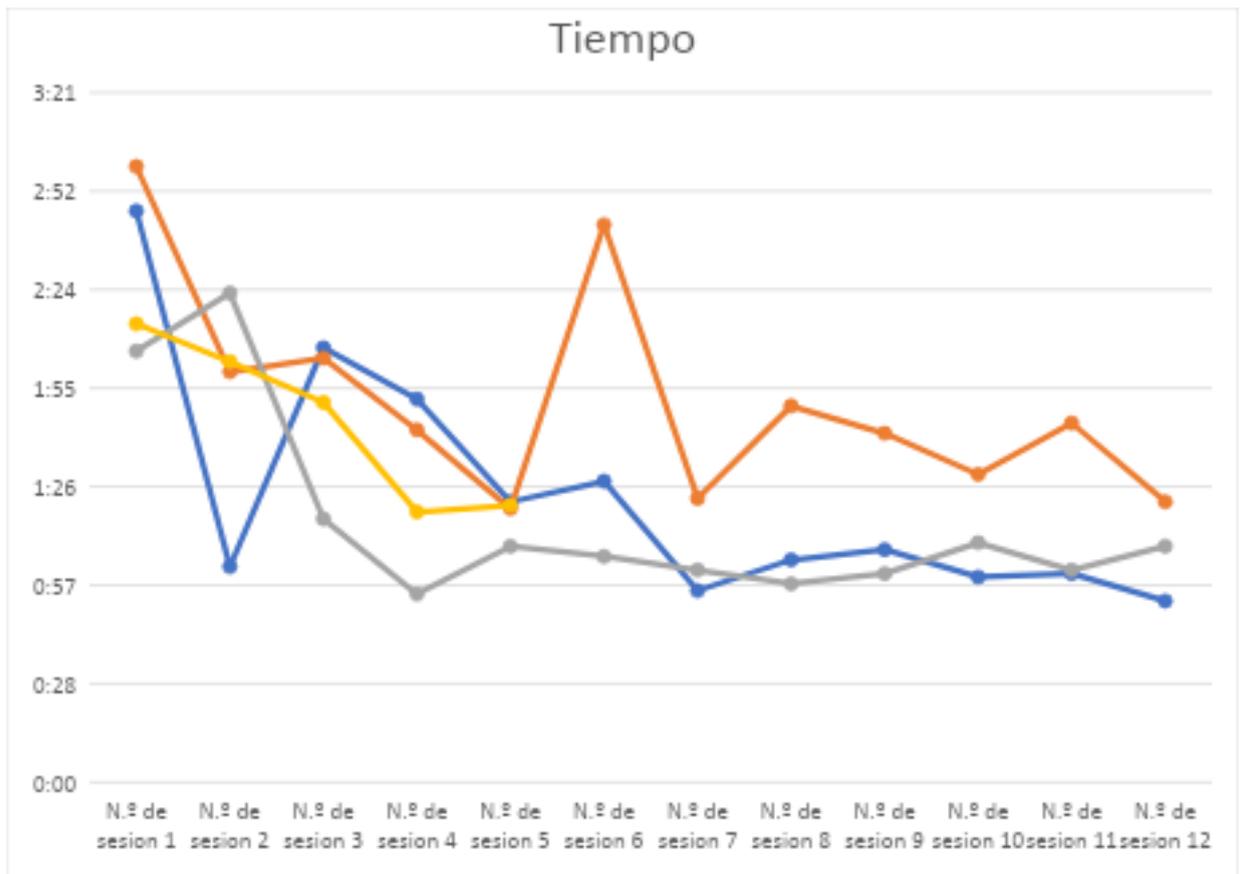
A continuación, se describen los datos obtenidos para cada grupo de contraste, iniciando la variable de Tiempo.

5.1 VARIABLE TIEMPO

Los resultados obtenidos en el experimento con el grupo A arroja como resultado en la variable “Tiempo” registros alentadores: según lo observado por los expertos del área de CAS, a los pacientes inicialmente les tomó bastante tiempo realizar las figuras que les fueron presentadas, como se muestra en los resultados al inicio de la gráfica que reflejan que los niños duraban un tiempo máximo de 3 minutos.

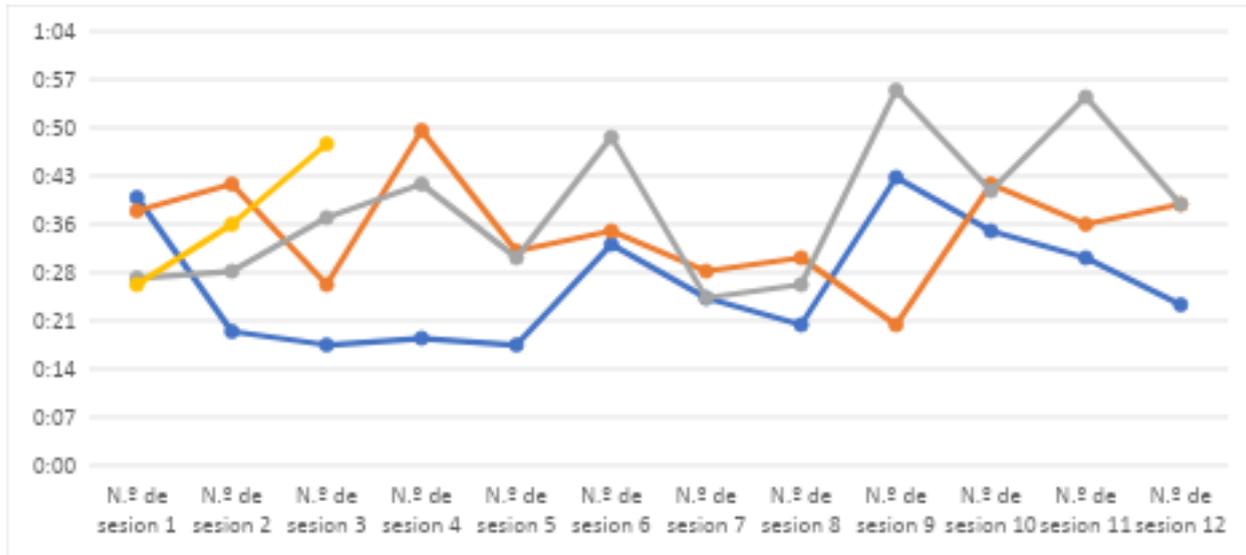
Desde la segunda sesión se empezó a observar una disminución considerable en los tiempos de realización de la rehabilitación, siendo constantes hasta la sesión número 5: cómo se puede ver, al llegar a este punto el paciente 2A logró una disminución en el tiempo de terminación de la actividad porque se atravesaron 2 semanas de vacaciones; lo que representó dificultad para retomar el proceso ganado anteriormente. En este sentido, cabe señalar que sólo bastó con una sesión para retomar el nivel de habilidad para terminar la actividad en menor tiempo.

Vale la pena mencionar que el paciente 4A por cuestiones de la pandemia tuvo que abandonar el experimento, pero observando la gráfica con las 5 sesiones que tomó se puede observar una tendencia similar a los demás pacientes.



Gráfica 1 Grupo A Variable Tiempo

En cuanto a los resultados obtenidos por el grupo B con la misma variable de tiempo, se puede observar en los registros de la Gráfica 2, que desde el inicio de la experimentación no se tuvo ninguna dificultad en los pacientes para terminar las figuras presentadas para armar de manera tradicional la actividad, por lo cual se interpreta con los datos que al no encontrar dificultad o reto los pacientes en el nivel de dificultad no se encuentra mejoras, no encontrándose tendencias en los datos de las gráficas de inicio a fin de las sesiones con alguna mejora.

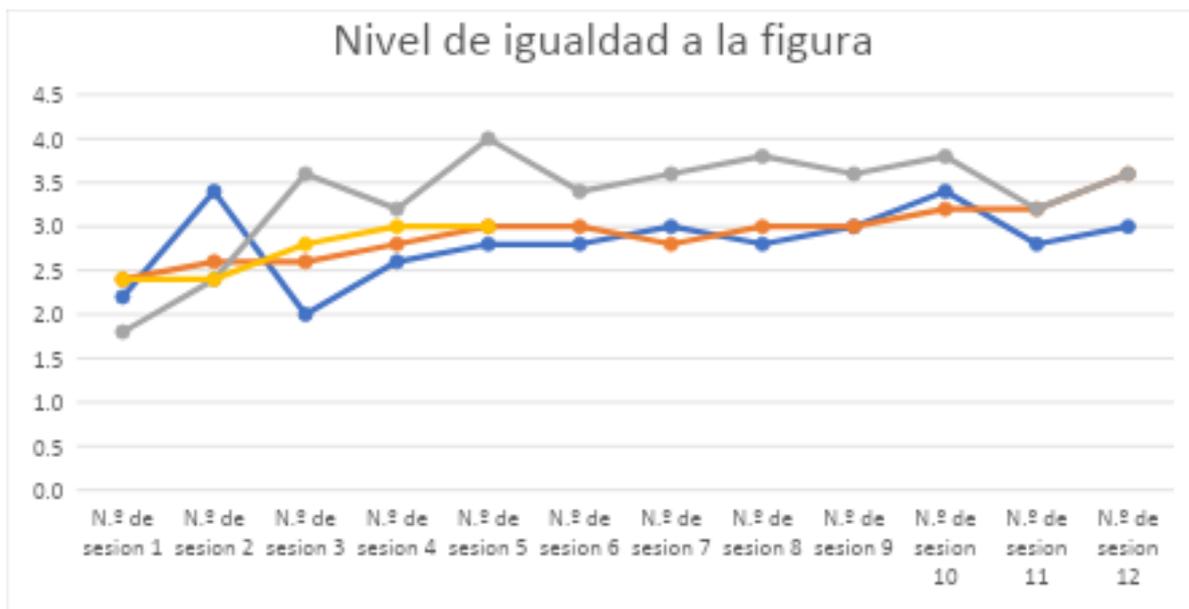


Gráfica 2 Variable Tiempo Grupo B

5.2 VARIABLE NIVEL DE SIMILITUD EN LA FIGURA REPLICADA

En relación con el nivel de igualdad que replicaron los niños en sus figuras, en la primera sesión se pudo observar que los pacientes del Grupo A manifestaron dificultad para adaptarse con el *Style del Phantom Omni*. En este sentido, cabe mencionar que ayudó bastante la fase de adaptación, lo que significa que desde la segunda sesión se comenzaron a registrar ligeras mejoras en lo referente a lograr igualar las figuras virtuales.

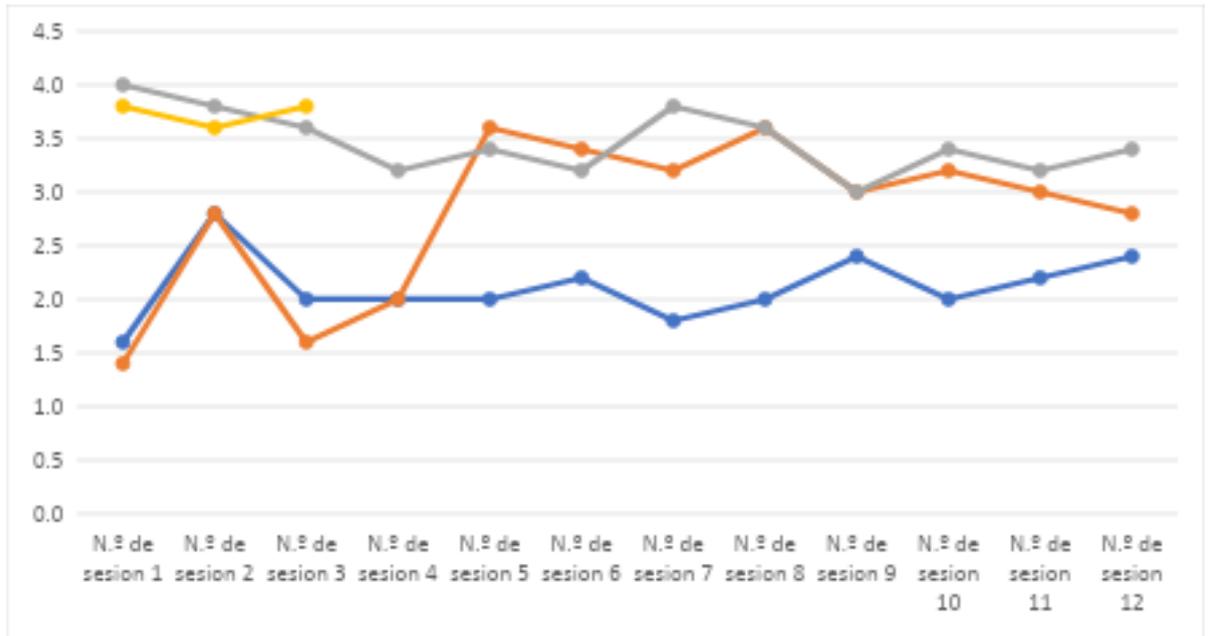
También se registró que el paciente 2A manifestó dificultad en la sujeción del lápiz tomándolo de manera errónea; de igual manera se detectó ese problema con el *Style del Phantom Omni* desde la 4 sesión en la que su maestra pudo corregirlo con la ayuda del ambiente virtual. Como se observa en los datos de la Gráfica 3, tuvo un crecimiento uniforme lento ganando habilidad en la igualdad en el ambiente virtual basándose en las figuras que se les mostraba, así mismo en la última sesión según los datos se visualiza un dominio aceptable, también se identificó de manera presencial el dominio del ambiente virtual.



Gráfica 3 Variable Medición Nivel de igualdad a la Figura con el Grupo A

Por otra parte, en lo referente al nivel de igualdad, se detectó que la mayoría de los pacientes el grupo B desde la primera sesión no demostró ninguna dificultad para armar los bloques de manera, lo cual significa que por no tener un reto que superar encontraron aburrido el experimento: con base en lo anterior, desde la primera hasta la doceava sesión no se registraron variantes en los datos, como se presenta en la Gráfica 4.

También es importante mencionar que en la onceava sesión el paciente 1B mencionó que no quería continuar con el experimento, “porque era muy fácil para él”; lo que confirma que los participantes al no encontrar retos en sus terapias se aburren fácilmente.

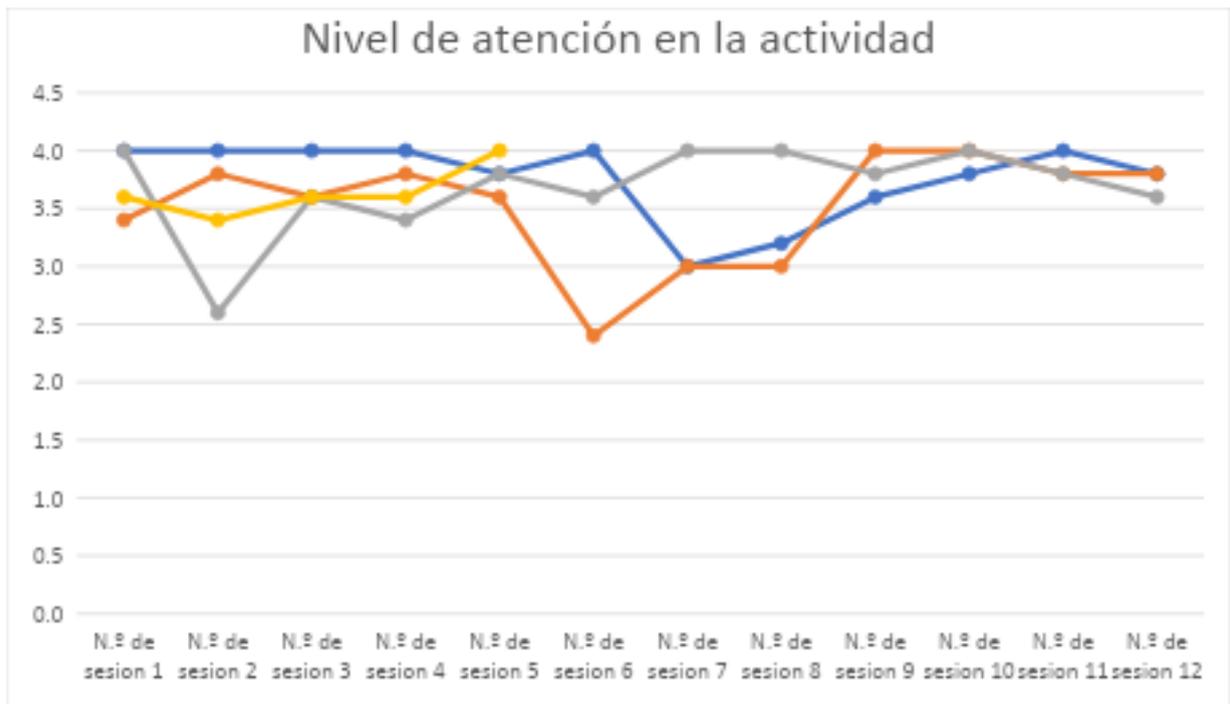


Gráfica 4 Variable Medición Nivel de igualdad a la Figura con el Grupo B

5.3 VARIABLE NIVEL DE ATENCIÓN ENFOCADO EN LA ACTIVIDAD

Respecto a los resultados registrados por el Grupo A en el nivel de atención en la actividad, se obtuvieron muy buenos resultados desde la primera sesión: de igual forma, se debe de mencionar que con respecto al paciente 2A se observó una ligera disminución en la sexta sesión, esto debido a que la madre del paciente notificó a las maestras instructoras que no pudo adquirir los medicamentos que constantemente tiene que tomar.

Con lo anterior se explica el comportamiento de su nivel de atención bajo consignado en la gráfica. Ya en las sesiones posteriores se observa cómo desde la séptima se logró recuperar, y al llegar a la doceava y última sesión se registró que todos los pacientes tuvieron resultados significativos.

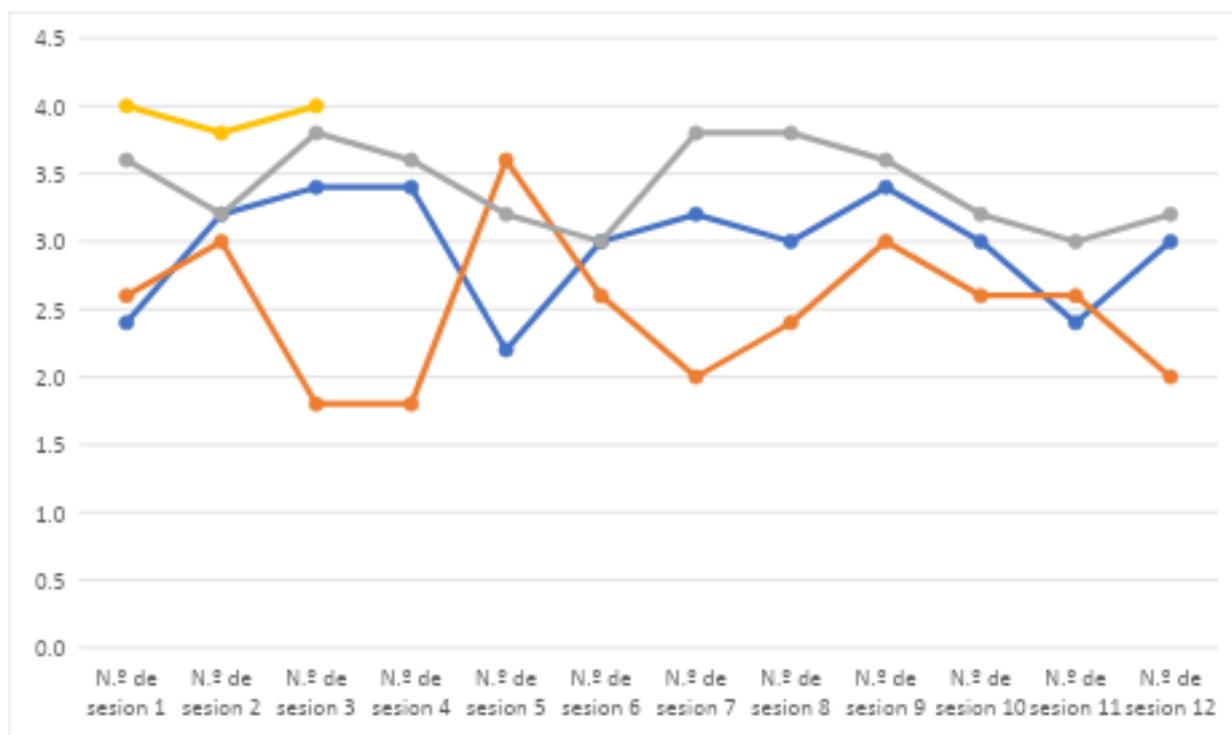


Gráfica 5 Variable de medición del Nivel de Atención en la actividad del Grupo A

Por su parte, según los resultados obtenidos por el grupo B, desde la primera la captación de atención de los pacientes fue aceptable: sin embargo, al aproximarnos a la sesión 4 fue cada vez más complicado mantener la atención de los participantes dado que se distraían fácilmente.

Al avanzar el número de sesiones la atención de los participantes fue empeorando; observando que en la sesión onceaba los participantes 1B y 2B lograron mantenerse similar a la primera sesión; sin registrarse ningún nivel de mejora como se obtuvo en el grupo A.

De igual forma, se logró elevar y mantener el nivel de atención de los participantes hasta el final del experimento sin tener una disminución en los datos obtenidos.



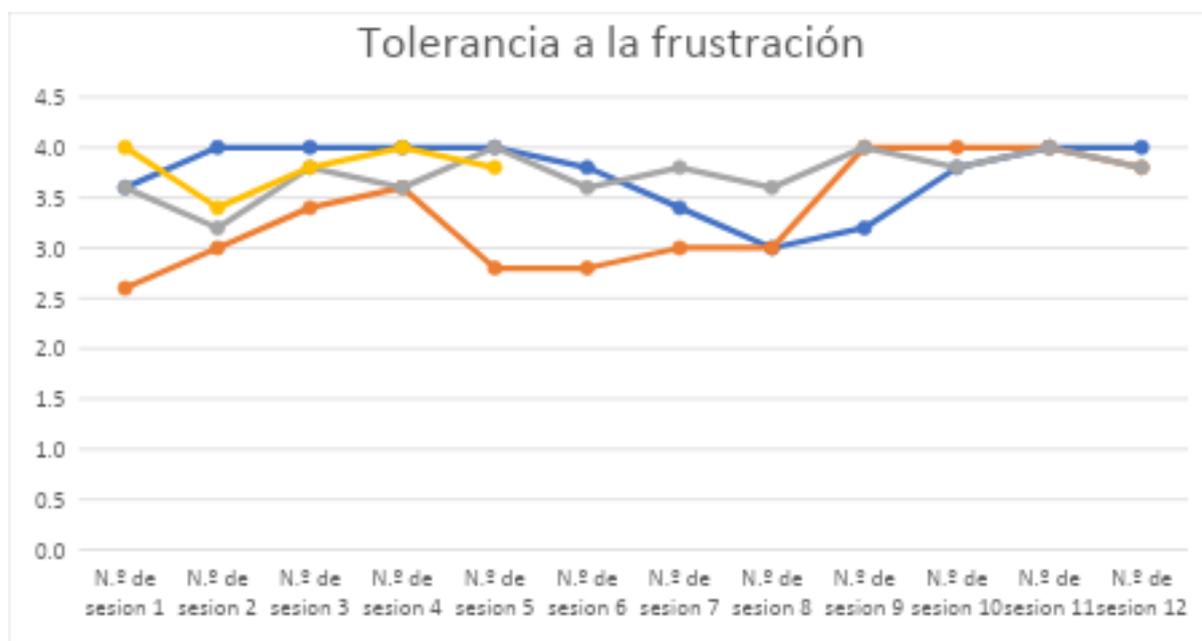
Gráfica 6 Variable de medición del Nivel de atención en la actividad del Grupo B

5.4 VARIABLE NIVEL DE TOLERANCIA A LA FRUSTRACIÓN

Es importante señalar que, dadas las características de los niños con TEA, la variable tolerancia a la frustración es una de las más importantes según los expertos en el área, dado que con esta dimensión se logra medir los avances que han desarrollado los pacientes.

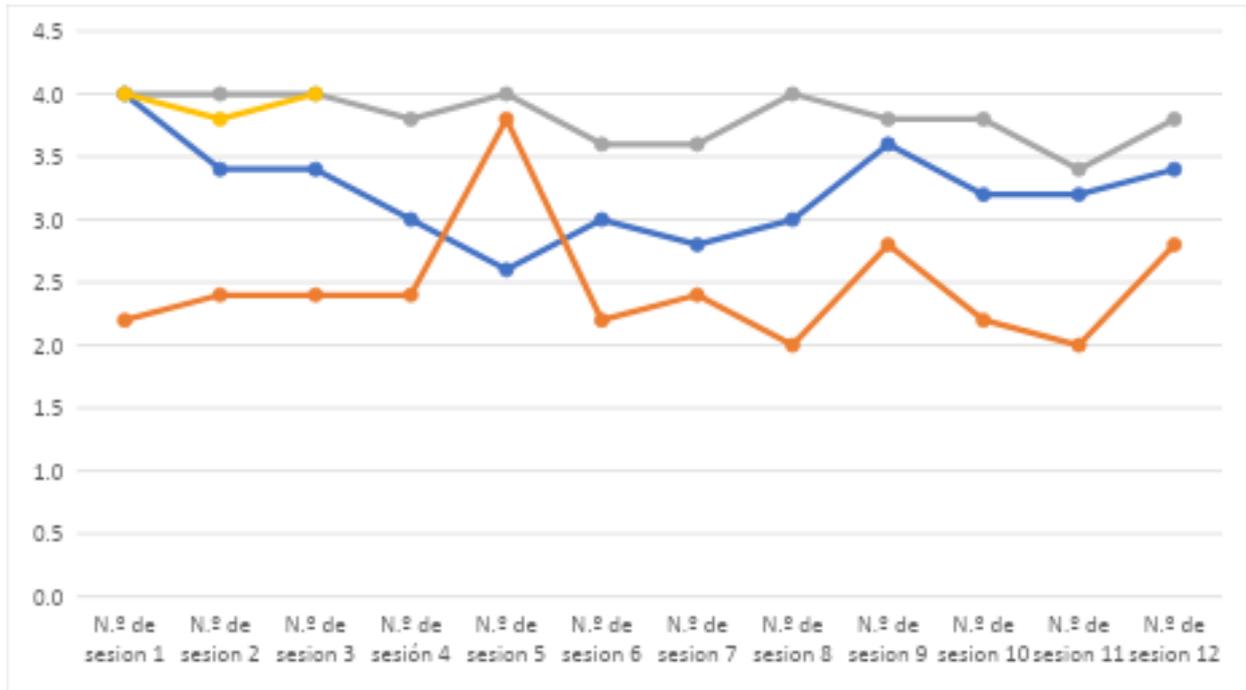
En este sentido, en la Gráfica 7 se consignan los resultados del grupo A en los que se muestran avances significativos desde la primera sesión. También cabe mencionar que en la sesión cinco el paciente 2A tuvo un comportamiento de estrés por no poder terminar a tiempo la rehabilitación; por lo que la maestra calmó al paciente comentando que esto puede pasar en cualquier situación o actividad que esté realizando en su vida y tiene que saber sobre llevarlas, lo que representó también un recurso de aprendizaje en cuanto a la inteligencia emocional.

Desde ese momento a medida de que transcurrieron las sesiones el control a la frustración fue mejorando, por consiguiente ya en la sesión doce según la Gráfica 7 todos los pacientes tuvieron mejoras considerables.



Gráfica 7 Variable de medición del Nivel de tolerancia a la frustración con el Grupo A

En cambio, como se ve en la Gráfica 8 con el grupo B en la variable tolerancia a la frustración, desde la primera sesión a la sexta no se identificó un cambio significativo o con mayor relevancia: los expertos que trabajan con estos niños explicaron que no se alcanza a estimular la frustración para trabajar en una recuperación dado que los pacientes perdían el interés por el nivel básico de dificultad de la práctica. De todas formas, en la sesión doce los pacientes registraron una ligera mejora en los resultados; por ende, tuvieron muy poco aprovechamiento en el tratamiento.



Gráfica 8 Variable de medición del Nivel de tolerancia a la frustración con el Grupo B

A continuación, con base en los resultados descritos se presentan las conclusiones emanadas de esta investigación.

CONCLUSIONES

El trastorno del espectro autista (TEA) representa una alteración que afecta el neurodesarrollo: los niños que presentan este trastorno tienen una distribución neurobiológica de la corteza cerebral diferente al resto de las personas, lo que origina dificultades en el desarrollo de habilidades.

Por ello, los niños con TEA presentan características conductuales que les impiden integrarse en las diferentes actividades escolares. Algunas de estas características son dificultad en la comunicación e interacción social, y la presencia de patrones de conducta, intereses o actividades limitados y repetitivos.

Lo anterior ocasiona en los niños con TEA problemas en su desempeño académico; además se les dificulta el contacto y la convivencia con sus compañeros, así como realizar actividades escolares cuando tienen que salir de su rutina. Esto significa que es necesario modificar los comportamientos y rutinas de estos alumnos para que desarrollen en lo posible habilidades de socialización y, de esta forma, logren una mayor integración en los grupos en los que se desenvuelven, con el objetivo de favorecer su desarrollo integral. Cabe señalar que, en nuestro país, la Secretaría de Salud (2017) señala que casi un 1% de todos los niños en México, es decir, alrededor de 400,000 tienen autismo, lo que implica que se atienda a esta población.

Es indispensable buscar que los niños con este padecimiento tengan una inclusión asistida individualmente, precisa a sus necesidades de aprendizaje y rehabilitación; para lo que la Realidad Virtual (RV) a través de las interfaces hápticas, como se vio a lo largo de este trabajo tanto en la revisión bibliográfica como con el desarrollo del proyecto de intervención, ha demostrado ser una herramienta eficaz.

Con esta investigación se comprobó que la implementación de ambientes virtuales integrados en rehabilitaciones tiene un gran potencial debido a su versatilidad y rápida evolución; todo esto a bajo costo y con la posibilidad de ser completamente reutilizable. Por ello, con los beneficios de la

Realidad Virtual (RV) se implementaron técnicas para ayudar a mejorar la motricidad fina, capacidad de concentración y tolerancia a la frustración a niños con este padecimiento.

Con base en lo anterior, el presente proyecto se desarrolló un ambiente virtual utilizando una interfaz háptica para las terapias de rehabilitación en niños con trastorno autista nivel 1 en el que se tomaron en cuenta los rasgos de motricidad fina, capacidad de concentración y tolerancia a la frustración.

En el diseño de este ambiente virtual se implementó una interfaz háptica para el uso y manipulación de objetos, que permitiera la rehabilitación a los niños con TEA de manera lúdica, esto para captar y retener su atención. Para evaluar la efectividad de la intervención, se determinaron las siguientes variables de medición:

1. Tiempo y nivel de igualdad a la figura (anexo 1).
2. Tolerancia a frustración,
3. Nivel de atención con la actividad,

La implementación se llevó a cabo en el Centro de Autismo Sinaloa CAS.

Los participantes se dividieron en dos grupos de 4 niños cada uno, en el Grupo A se trabajó con la implementación; mientras en el Grupo B se trabajó de manera tradicional. La comparación entre grupos, en lo que respectó a captar y retener la atención de los niños, reflejó que los que trabajaron con la terapia de rehabilitación tradicional (Grupo B) rápidamente perdían el interés pues les parecían sencillos los ejercicios, mientras que los niños que trabajaron en el Grupo A mejoraron sus niveles de similitud al hacer sus ejercicios y disminuyeron los tiempos de ejecución (lo que demuestra una mejoría en la motricidad fina), lo que demostró la efectividad de la terapia de rehabilitación con realidad virtual (RV) utilizando interfaces hápticas.

En lo concerniente a la Tolerancia a la Frustración, tal vez la variable más significativa dadas las características de los niños con TEA, se obtuvo

que, con el Grupo A, a medida que transcurrieron las sesiones el control a la frustración fue mejorando, por consiguiente, ya en la sesión doce todos los pacientes tuvieron mejoras considerables. Por su parte, el Grupo B no manifestó mejorías significativas en esta variable.

Se debe mencionar que en el transcurso de la implementación en la tercera sesión dejaron de asistir un paciente de cada grupo; tanto del grupo A y B, por motivo de la pandemia de COVID-19: dada su peligrosidad en cuanto a contagio en menores de edad, los padres optaron por no enviar a sus hijos a sus terapias; con lo que faltaron al experimento.

Con todo lo descrito se corrobora la hipótesis de esta investigación, que señala que;

- Con el uso de una interfaz háptica y el desarrollo de ambientes virtuales en terapias de rehabilitación para niños con autismo nivel 1, es posible evaluar y mejorar el progreso en comparación con la metodología utilizada actualmente.

Cabe señalar que las limitaciones de la Realidad Virtual (RV) en el campo de las rehabilitaciones están representadas por las interfaces que reducen el realismo con la que se puede simular la interacción con el mundo real; por lo que con el desarrollo de Interfaces Háptica (HI) se pueden mejorar la calidad de dichas rehabilitaciones en muchos campos de la medicina, como lo fue en este caso la rehabilitación de niños con Espectro de Trastorno Autista (TEA).

BIBLIOGRAFÍA

- Akstalkanis, S., & Blatner, D. (1993). *El espejismo de silicio. Arte y ciencia de la realidad virtual*. Barcelona: Peachpit Press.
- Alcañiz, M., Olmos, E., & Abad, L. (2019). USO DE ENTORNOS VIRTUALES PARA TRASTORNOS DEL NEURODESARROLLO: UNA REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE Y AGENDA FUTURA. *MEDICINA*, 77-81.
- Alonso, R. (16 de febrero de 2017). *Motricidad en los niños con autismo*. Obtenido de Autismo Diario: <https://autismodiario.com/2017/02/16/motricidad-los-ninos-autismo/>
- Arcila, O., Dinas, S., & Bañón, J. (2012). Un detector de colisiones jerárquico basado en esferas exteriores e interiores. *Ingeniería y Competitividad*, 9-22.
- Asociación Americana de Psiquiatría. (2014). *DSM-5*. Arlington: American Psychiatric Association.
- Ballesteros, S. (1993). percepción Háptica de Objetos Realizados. *Psicothema*, 311-321.
- Benjumena, M. (2010). *LA MOTRICIDAD COMO DIMENSIÓN HUMANA*. España: Colección Léeme.
- Berenguer, C., Roselló, B., & Baizaulli, I. (2018). CONDUCTAS DE APRENDIZAJE EN NIÑOS CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA CON Y SIN COMORBILIDAD. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, Vol. 3, No. 1.
- Blumberg, S. J., Bramlett, M. D., Kogan, M. D., Schieve, L. A., Jones, J. R., & Lu. (2013). *Changes in prevalence of parent-reported autism spectrum disorder in school-aged*. CDC: National Health Statistics Report No. 65.

- Bozgeyikli, E., Bozgeyikli, L., Raij, A., Katkooi, S., Alqasemi, R., & Dubey, R. (. (2017). Virtual reality interaction techniques for individuals with autism spectrum disorder: design considerations and preliminary results. *International Conference on Human-Computer Interaction*, 127-137.
- Cabañez, E. (2008). *Actas del Congreso de Filosofía ¿La realidad virtual es real?*, 2-16.
- Castro, L., & Rodríguez, M. (2018). *Interacción Humano-Computadora y Aplicaciones en México*. México: Amexcomp.
- Chacón, L. (2010). *SISTEMA DE GUIADO ASISTIDO PARA LA EJECUCION DE TAREAS VIRTUALES CON DISPOSITIVOS HAPTICOS*. Barcelona: UPC.
- Chan, L., & Choi, K. (2009). Integrating PhysX & OpenHaptics: Efficient force feedback generation using physics engine and haptic devices. . *Efficient force feedback generation using physics engine and haptic devices*, 853-858.
- Delgado, A., Ocampo, T., & Sánchez, J. (2020). REALIDAD VIRTUAL: EVALUACIÓN E INTERVENCIÓN EN EL TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 369-399.
- Domínguez, O., López, V., & Samperio, R. (2017). *Resultados Preliminares sobre Interacción Háptica en Laberintos Virtuales, con Propósitos de Diagnóstico en Pacientes con Discapacidades Neuropsicológicas*. México: Grupo Científico de Electrónica y Control .
- Franco, S. (2012). *Aspectos que influyen en la psicomotricidad gruesa*. Colombia: Facultad de Ciencias Sociales y Educación.
- Gomez, D., & Machado, L. (2017). A Simulator for Regional Anesthesia Training. *19th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, 289-292.

- Guaman, S. (2015). *Estimulación infantil en el desarrollo motriz de los niños/as de 3 a 4 años de edad del centro infantil del buen vivir "Pachagron" de la ciudad de Guaranda*. Ecuador: Tesis de Posgrado.
- Hernández, R., Baptista, P., & Fernández, C. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Hervás, A., Balmaña, N., & Salgado, M. (2017). Los trastornos del espectro autista (TEA). *Pediatr Integral*, 92–108.
- Hourcade, J., Williams, S., Miller, E., Huebner, K., & Liang, L. (2013). Evaluation of tablet apps to encourage social interaction in children with autism spectrum disorders. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3197-3206.
- IMSS. (2012). *Diagnóstico y Manejo de los Trastornos del Espectro Autista*. México: Secretaría de Salud.
- Kahan, M., Tanzer, J., Darvin, D., & Borer, F. (2004). *Virtual reality-assisted cognitive-behavioral treatment for fear of flying: acute treatment and follow-up*. USA: CyberPsychology and Behavior.
- Kijima, R., Shirakawa, K., Hirose, M., & Nihei, K. (1994). Virtual sand box: A development of an application of virtual environment for clinical medicine. *Presence: Teleoperators and Virtual Enviroments*.
- Lin, M., & Canny, J. (1992). Efficient collision detection for animation. *Third Eurographics Workshop on animation and Simulatiion*.
- Martínez, D., Bravo, J., Chaparro, E., Chavero, F., & Chávez, J. (2014). Control de movimiento de una interfaz háptica: PHAToM OMNI, con tareas de posicionamiento de objetos en un ambiente virtual enfocado a tareas de aprendizaje. *IEEE SECCION MÉXICO*, 1-5.
- Mendelson, J., Gates, J., & Lerner, M. (2016). Friendship in schoolage boys with autism spectrum disorders: A metaanalytic summary and. *Psychological Bulletin*, 601-622.

- Mendoza, J., Márquez, J., & Sabino, B. (2015). Desarrollo de una Interfaz Natural de Usuario para Rehabilitación Motriz. *2014*, 3-15.
- Merino, M., & García, P. (2016). *Guía para profesores y educadores de alumnos*. Madrid: Federación de Autismo.
- Newbutt, N., Bradley, R., & Conley, I. (2002). Using Virtual Reality Head-Mounted Displays in Schools with Autistic Children: Views, Experiences, and Future Directions. . *Cyberpsychol Behav. Soc. Netw.*, January.
- Newbutt, N., Bradley, R., & I., C. (2019). Using Virtual Reality Head-Mounted Displays in Schools with Autistic Children: Views, Experiences, and Future Directions. *CYBERPSYCHOLOGY, BEHAVIOR, AND SOCIAL NETWORKING*, 1-11.
- OMS. (07 de noviembre de 2019). *Trastornos del espectro autista*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Ordóñez, Y., Luna, C., & Rengifo, C. (2013). Herramienta de Entrenamiento Virtual en 2-D para Rehabilitación de Motricidad Fina en Miembro Superior con Incorporación de un Dispositivo Háptico. *Revista de Ingeniería Biomédica*.
- Ortiz, H. (2014). Teoría de Integración Sensorial en niños con Trastorno Autista. *Tog*, 1-13.
- Peña, O. (2016). *Juegos serios basados en movimiento para apoyar las terapias vestibulares de niños con autismo*. Ensenada: Tesis de Maestría en Ciencias.
- pérez, C. (2008). Realidad Virtual: Un Aporte Real para la Evaluación y el Tratamiento de Personas con Discapacidad Intelectual¹. *Terapia Psicológica*, 253-262.

- Pérusseu-Lambert, A. (2016). Engaging children with autism in a shape perception task using a haptic force feedback interface. *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Multimodal Interaction*, 532-535.
- Piaget, J. (1980). *Psicología y pedagogía*. Barcelona: Ariel.
- Pinto, M., Sabater, J., & Sofrony, J. (2011). *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 204-212.
- Pinto, M., Sofrony, J., & Jiménez, D. (2015). Detección de colisiones con librerías v-collide y physx para interacción virtual con interfaces hápticas. *Rev. Inv. Desarrollo Innov.*, 119-128.
- Rangel, A. (2017). Orientaciones pedagógicas para la inclusión de niños con autismo en el aula regular. Un apoyo para el docente. *TELOS. Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 81-102.
- Rothbaum, B., Hodges, L., Koopr, R., Opdyke, D., Williford, J., & North, M. (1995). Virtual reality graded exposure in the treatment of acrophobia: A case report. *Behavior Therapy*, 547-554.
- Ruíz, I. (2017). *MADUREZ PSICOMOTRIZ EN EL DESENVOLVIMIENTO DE LA MOTRICIDAD FINA*. Ecuador: Grupo Compás.
- Sabater, J. A., Neco, R., Reinoso, O., & García, N. (2004). Herramienta para la simulación de tareas teleoperadas de n grados de libertad. *XXX Congreso Nacional de Automática*.
- Salisbury, J., & Srinivasan, M. (1997). Phantom-based haptic interaction with virtual objects. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 6-10.
- Sherman, W., & Craig, A. (2003). *Understanding Virtual Reality Interface, Application, and Design*. California: Morgan Kaufmann Publishers.
- SS. (2017). *Autismo. Visióncevece*.
- Tagle, M. (2017). PROPOSICIONES CON PUNTO DE ACUERDO QUE EXHORTA A LA SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA Y AL

CONSEJO NACIONAL PARA EL DESARROLLO E INCLUSIÓN DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD A REALIZAR LAS ACCIONES NECESARIAS PARA PROMOVER LA INCLUSIÓN DE LAS PERSONAS CON CON. *Sistema de Información Legislativa del Congreso de la Unión.*

Tortosa, F. (2008). *INTERVENCIÓN EDUCATIVA EN EL ALUMNADO CON TRASTORNOS DEL ESPECTRO AUTISTA*. Murcia: Consejería de Educación, Ciencia e Investigación.

Valdez, D. (2001). *Autismo. Enfoques actuales para padres y profesionales de la salud y de la educación*. Buenos Aires: Fundec.

Vázquez, M. (2018). *LA ATENCIÓN EDUCATIVA DE LOS ALUMNOS CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA*. Aguascalientes: Gobierno del Estado de Aguascalientes.

Vera, G., Ortega, J., & Burgos, M. (2003). La realidad virtual y sus posibilidades didácticas. *Etic@net*, 1-17.

Villalta, V., & Ochoa, S. (2007). La terapia facilitada por animales de compañía como programa de rehabilitación adjunto para personas con diagnóstico de esquizofrenia crónica. *Papeles del Psicólogo*, 49-56.

Yiyu, C., N. K., Thalmann, D., Kee, N., Zheng, J., & Thalmann, N. (2013). Design and Development of a Virtual Dolphinarum for Children with Autism. *IEEE*.

Zaldivar, U., Bernal, R., Rodríguez, D., Zaldivar, X. M., Martinez, C., & Nuñez, J. (2014). Integración de un motor de modelado basado en física para evitar el cálculo de cinemática inversa en la operación gestual de un manipulador de 7 GDL. *Reserchgate*.

Zasulich, V., & Santís, M. (2016). INTERFACES HÁPTICAS: SISTEMAS CINESTÉSICOS VS. SISTEMAS TÁCTILES. *Revista EIA*, 13-29.

Zavaleta, P., & Hernández, A. (2018). *INFRAESTRUCTURA DISPONIBLE PARA LA ATENCIÓN DE LOS TRASTORNOS DEL ESPECTRO*

ANEXOS

ANEXO 1: FORMATO DE MEDICIÓN

Nombre:

Grupo:

Número de sesión:

Tolerancia a frustración					
Nivel de atención en la actividad					
Nivel de igualdad a la figura					
Tiempo					

Escala de valoración

Excelente	4
-----------	---

Muy bueno	3
Bueno	2
Regular	1
Mal	0