

Entornos de Realidad Virtual Centrados en el Usuario como Soporte a las Necesidades Educativas de Niños con TDAH en la Pandemia por COVID-19

Héctor Cardona-Reyes, Gerardo Ortiz-Aguñaga, María Lorena Barba-Gonzalez, Jaime Muñoz-Arteaga

CÓMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO:

H. Cardona-Reyes, G. Ortiz-Aguñaga, M. L. Barba-Gonzalez and J. Muñoz-Arteaga, "User-Centered Virtual Reality Environments to Support the Educational Needs of Children With ADHD in the COVID-19 Pandemic," in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, vol. 16, no. 4, pp. 400-409, Nov. 2021, doi: 10.1109/RITA.2021.3135194.

Title— User-Centered Virtual Reality Environments to Support the Educational Needs of Children with ADHD in the COVID-19 Pandemic.

Abstract— The use of technology to face the challenges in daily life is something that is increasingly needed and in complicated times like the one we live in today where there is a health contingency (COVID-19) that prevents people from exposing themselves to each other and restricts physical contact, virtual reality can be an alternative that allows the transmission of knowledge in an immersive and interactive way in various fields. This work proposes the use of virtual reality environments as an alternative to support the learning process in children with special educational needs such as Attention Deficit and Hyperactivity Disorder (ADHD) and other associated disorders that occur in basic education. These proposed virtual reality environments are designed under a user-centered approach and their contents are in accordance with expert therapeutic guidelines. As a result of this proposal, a case study is presented in which the user experience is evaluated through the use of an interactive environment to support the special educational needs of elementary school children attending an educational institution in Mexico.

Index Terms— Interactive environments, elementary school, TDAH, virtual reality.

I. INTRODUCCIÓN

EN la actualidad estamos bajo una crisis mundial de salud pública amenazada por la propagación de un nuevo tipo de coronavirus del síndrome agudo severo (SARS-CoV-2) comúnmente conocido como COVID-19. A nivel mundial de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) [1] al 10 de

noviembre del 2020 se registró un total de 50,676,072 casos confirmados y más de 427,551 nuevos casos, el total de muertes a nivel mundial se estima en un total de 1,261,075. Entre los países más afectados encontramos a Estados Unidos con 9,868,389 de casos acumulados, India con 8,591,730 casos y Brasil con 5,664,115, en el caso de México se tiene un registro de 967,825 casos y una acumulado de 95,027 muertes.

Entre los sectores con mayor vulnerabilidad podemos encontrar a los adultos mayores, aquellos que padecen enfermedades crónicas y los niños. En el caso de este último sector, aunque no se considera que pueda ser afectado, es considerado como un vehículo portador del virus [2,3]. Los niños y adolescentes son un sector que ha sido afectado por esta pandemia en temas de salud mental, de educación y algunos casos también por contagios. Es la salud mental y la educación un área importante a destacar, sobre todo en la educación se puede contribuir al sector educativo a nivel escolar básico con enfoques basados en el uso de la tecnología que pueda adaptarse a las medidas de confinamiento establecidas por los gobiernos como medida de prevención de contagio.

La educación es un derecho básico que permite a los niños y adolescentes adquirir habilidades y conocimientos necesarios para desarrollarse en el contexto social como adultos [4] y es importante que durante contingencias se le dé continuidad a este derecho buscando alternativas para lograr el objetivo de la educación.

Las medidas de confinamiento repentinas sugirieron un cambio en todos los involucrados del sector educativo, escuelas, maestros, alumnos -niños y adolescentes- a adoptar las tecnologías de la información y comunicación como una herramienta adaptativa a las nuevas formas, tanto del de trabajo de los maestros como al aprendizaje de los niños. Ahora bien, en el área de educación especial, los niños además de este repentino cambio sufren un estancamiento debido a que requieren una atención especializada por parte de los maestros y especialistas, para ellos no solo se detienen las clases, sino también la atención recibida para mejorar síntomas de trastornos que sufren algunos estudiantes como es el TDAH, autismo, asperger, etc.

En este sentido, se pueden proponer nuevos enfoques por

Héctor Cardona-Reyes del CONACYT, CIMAT Zacatecas, México (corresponding author; e-mail: hector.cardona@cimat.mx). ORCID (0000-0002-9626-6254)

Gerardo Ortiz-Aguñaga del Centro de Investigación en Matemáticas, Quantum: Ciudad del Conocimiento, Zacatecas, México (e-mail: gerardo.ortiz@cimat.mx). ORCID (0000-0003-0609-5277)

María Lorena Barba-Gonzalez del Centro de Investigación en Matemáticas, Quantum: Ciudad del Conocimiento, Zacatecas, México (e-mail: maria.barba@cimat.mx). ORCID (0000-0001-6324-596X)

Jaime Muñoz-Arteaga de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México (e-mail: jaimemunoz@edu.uaa.mx). ORCID (0000-0002-3635-7592)

medio del uso de tecnologías como la realidad virtual que permitan fortalecer y complementar el sistema de enseñanza-aprendizaje en la etapa de educación básica y media, en la atención en servicios externos con pacientes de algún trastorno de educación especial o discapacidad, incluso con los propios profesores-tutores. Al ser la educación de manera virtual, las tecnologías de la información y comunicación son herramientas adecuadas para potenciar el desarrollo y aprendizaje en estos tiempos de pandemia.

Este trabajo se compone de 8 secciones, la sección 2 aborda las estrategias dentro de las escuelas para el TDAH y cómo las medidas de salud afectan a las actividades escolares especialmente en los niños más vulnerables que sufren un trastorno. La sección 3 presenta una revisión bibliográfica de los trabajos que utilizan la tecnología como apoyo a diversos trastornos. La sección 4 presenta las ventajas de la realidad virtual y cómo puede utilizarse en tiempos de pandemia. La sección 5 propone un modelo para producir entornos de realidad virtual centrados en el usuario según las necesidades de los niños con TDAH. La sección 6 presenta un estudio de caso en el que se propone el entorno de realidad virtual AttentionVR como parte de las actividades realizadas en las escuelas primarias. La sección 7 presenta y discute los resultados obtenidos y, finalmente, la sección 8 presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

II. TDAH EN EL CONTEXTO ESCOLAR

El Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) está caracterizado por síntomas de falta de atención, impulsividad e hiperactividad y en la mayoría de los casos es identificado en la infancia en el entorno escolar y familiar ya que los niños presentan problemas múltiples de desarrollo cognitivo, emocional y social [5]. A nivel mundial se tiene registro de que un 5% de la población presenta este trastorno, el 10% de los niños entre 4 y 7 años presentan un diagnóstico de TDAH y en promedio 2 o 3 niños en un salón de clase pueden tener este desorden [6]. En Estados Unidos entre el 7 y 9% de la población menor de 18 años [7] y en México se tiene registro de una afectación entre el 4 y 12% de la población escolar [8].

Los niños con TDAH se enfrentan a un gran desafío dentro del salón de clases, además de que reciben educación especial como parte de su enseñanza [9]. Esto provoca en algunos casos que los niños presenten frustración y por tanto fracaso escolar [10]. Las acciones de enseñanza especial en las que participan maestros especialistas van dirigidas a fortalecer la inatención e hiperactividad en conjunto con las áreas de lectura, escritura y aritmética [11]. Por lo que se tiene la necesidad de crear contenidos de calidad enfocados al tratamiento de este trastorno [12].

Existen diversos modelos que clasifican los problemas funcionales asociados al TDAH en el contexto escolar. El modelo de la Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud (ICF) [13], el cual está compuesto por tres niveles de funcionamiento, como se puede observar en la Figura 1.

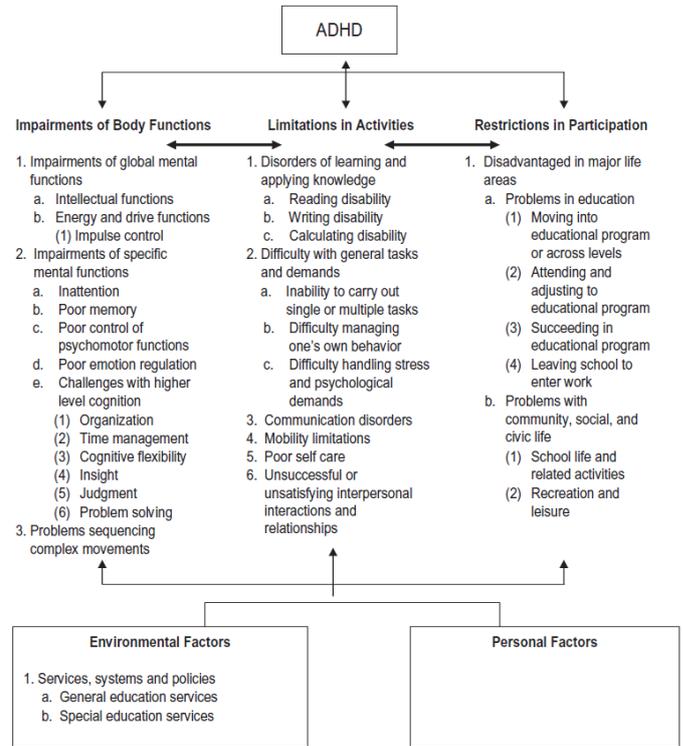


Fig. 1. Problemas funcionales asociados al trastorno por déficit de atención/hiperactividad según el modelo conceptual de la Clasificación Internacional de Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud. Fuente: [13].

El primer nivel refiere a las funciones mentales las cuales se ven afectadas por el TDAH, estas funciones incluyen: función intelectual, control de los impulsos, mantener y cambiar la atención, memoria, entre otras. En segundo nivel se enfoca en las actividades y limitaciones que involucran aprender y aplicar conocimientos y tareas en general, desarrollando múltiples habilidades. El último nivel se centra en la participación social, ya que el TDAH puede afectar el entorno escolar del niño y esto puede tener como resultado el éxito o fracaso dentro del programa educativo.

Este modelo puede ser de utilidad para crear contenidos que puedan ser un soporte a las actividades que se llevan a cabo con los niños, adaptándose a las medidas de confinamiento por medio del uso de plataformas y dispositivos accesibles que la tecnología nos ofrece. En este sentido la realidad virtual puede ser ofrecer contenidos inmersivos como una herramienta útil de apoyo en esta pandemia.

III. TRABAJOS RELACIONADOS

En la literatura, varios trabajos abordan como solución el uso de la tecnología para el tratamiento de los trastornos psiquiátricos, algunos de ellos se basan en una revisión de las tecnologías disponibles, otros presentan alguna técnica para la obtención de conjuntos de datos a través de lecturas cerebrales en niños con TDAH, algunos trabajos realizan una revisión bibliográfica del TDAH e identifican los factores humanos necesarios para adoptar la realidad virtual en el tratamiento del TDAH, otros autores se centran en casos muy concretos donde se prueban plataformas y aulas virtuales que simulan la situación en el entorno escolar. A continuación, en la Tabla 1, se presentan trabajos que utilizan la tecnología para el diagnóstico y tratamiento de

trastornos psiquiátricos, principalmente el TDAH.

TABLA I
APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL Y ENFOQUES DE APOYO AL TDAH

Trabajo	Plataforma	Tratamiento	descripción	Multi-disciplinario
Ab Aziz et al. [14]	AR y Cloud Computing	TDAH	Software de curso basado en la RA para estudiantes con TDAH.	--
Van Krevelen and Poelman [15]	Realidad Aumentada	--	Describe las limitaciones relativas al factor humano en el uso de los sistemas de RA.	--
Alchalcabi et al. [16]	Wearable EGG /Serious Games	TDAH/TDA	El diseño de un juego serio de realidad virtual para mejorar la capacidad de concentración de personas con TDAH y TDA.	--
Anton et al. [17]	Realidad virtual	TDAH	La aplicación de los principios psicoterapéuticos implicados en la terapia del TDAH en un entorno de Aula Virtual.	--
Hashemian and Gotsis [18]	Basado en videojuegos	TDAH	Mecánica de minijuego dirigida al diagnóstico del TDAH.	Si
Othmer and Kaiser [19]	Wearable EGG/VR	TDAH, convulsiones y trastornos del estado de ánimo	Biorretroalimentación EEG en una prueba cognitiva.	--
Rohani et al. [20]	Interfaz cerebro-ordenador	TDAH	Los juegos están diseñados para desafiar la atención visual sostenida y las habilidades de discriminación visual que son difíciles para los sujetos con TDAH.	--
Yeh et al. [21]	Realidad Virtual	TDAH	Aula virtual que incluye distracciones visuales y auditivas de diferentes niveles de intensidad, duración y secuencia.	Si
Li et al. [22]	Realidad Aumentada	--	Aplicaciones basadas en la RA para mejorar el compromiso con la educación matemática.	Si
Villareal-Freire et al. [23]	Móviles, Android	TDAH	Ingeniería inversa para el diseño Extracción de patrones de aplicaciones móviles Android para TDAH.	Si

El objetivo de esta revisión bibliográfica es destacar aquellas propuestas relacionadas con el tratamiento del TDAH en niños mediante el uso de la tecnología. Como se muestra en la Tabla 1, la mayoría de las propuestas incluyen soluciones basadas en la realidad virtual y aumentada con el fin de proporcionar situaciones en la vida real que puedan ser un contexto familiar y educativo donde los niños puedan realizar tareas que fomenten la motivación y la retroalimentación. Este trabajo se centra en un enfoque multidisciplinar, es decir, involucrar a la familia, la institución educativa, los orientadores o los psicólogos junto con los tecnólogos para incorporar soluciones basadas en la tecnología para ayudar al niño desde las primeras fases del proceso terapéutico de sospecha y tratamiento del TDAH y proporcionar entornos de realidad virtual interactivos acordes con el tratamiento de la necesidad y el contexto escolar.

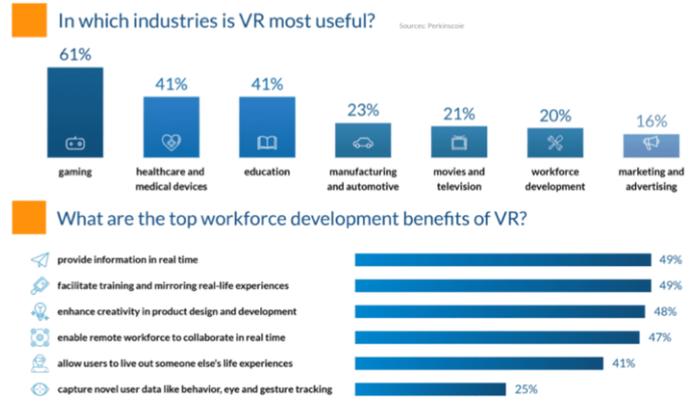


Fig. 2. Claves para adoptar la realidad virtual. Fuente: Gilbert [28].

IV. ENTORNOS DE REALIDAD VIRTUAL COMO SOPORTE AL TDAH

La realidad virtual es una tecnología que permite a los usuarios interactuar con elementos simulados generados por ordenador [24] que el usuario puede experimentar de forma inmersiva. -- Un entorno virtual sumerge el sistema perceptivo del usuario en estímulos generados por ordenador [25]. La exploración de estos entornos simulados incluye tener la sensación de realismo al interactuar con todos los elementos del sistema, recibiendo retroalimentación visual y sensorial en tiempo real a través de dispositivos adicionales como sensores, controles, etc. [26][27] De acuerdo con datos del 2019 [18] (Ver Figura 2), la realidad virtual es una tecnología que cada vez ganan terreno en diversos campos de aplicación, aunque siempre ha sido popularizada en ámbito de los videojuegos, campos como la medicina y la educación cada vez se orientan hacia el uso de dispositivos de realidad virtual como parte de la mejora en sus procesos y experiencia del usuario.

Entre los principales beneficios que ofrece la realidad virtual está la retroalimentación al usuario en tiempo real, además, permite la simulación de dinámicas de entrenamiento seguras y cercanas a la experiencia real, permite al usuario expresarse de forma natural dentro del entorno virtual, permite la colaboración remota en tiempo real y puede incorporar comportamientos naturales para el usuario como gestos y movimientos. Estas ventajas pueden aprovecharse para proponer entornos de realidad virtual adecuados a las necesidades de los niños con TDAH y que puedan utilizarse también en un entorno confinado [29][30].

V. PRODUCCIÓN DE ENTORNOS INTERACTIVOS CENTRADOS EN EL USUARIO CON TDAH

En esta sección se propone un modelo para la producción de entornos de realidad virtual interactivos centrados en el usuario con TDAH. Las etapas que componen el modelo se basan en propuestas de producción de sistemas interactivos [31,32]. La naturaleza del modelo es multidisciplinar, considera a un grupo de expertos en TDAH y a los profesores que atienden a los niños durante el proceso escolar, así como a expertos en diseño de software, esto permite conocer en detalle las necesidades del usuario y establecer un conjunto de tareas que serán llevadas a los entornos de realidad virtual.

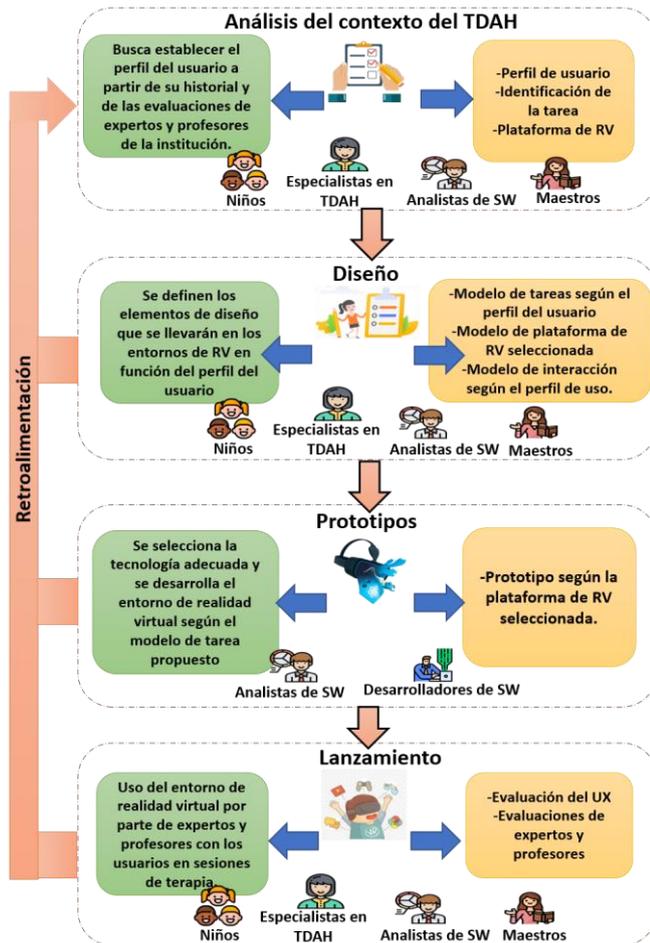


Fig. 3. Modelo para la producción de entornos en realidad virtual para usuarios con TDAH.

El proceso de diseño de los entornos de realidad virtual es transversal y en cada una de las etapas del modelo existe una retroalimentación por parte del equipo multidisciplinario para que el usuario sea considerado en todo momento y en caso de requerirlo, se puedan realizar modificaciones en cada una de las fases. La Figura 3 muestra las etapas que componen el modelo, que se describen a continuación.

A. Análisis del contexto del TDAH

En esta etapa, en el proceso de enseñanza, se identifica a los involucrados, a quienes se les brinda atención, a niños con TDAH, seguido de conformar un equipo multidisciplinario para conocer por medio de las evaluaciones y las dinámicas en clase el uso de los materiales para las tareas que realizan los niños. Las evaluaciones para la detección y seguimiento del TDAH y las evaluaciones para el seguimiento escolar en conjunto con las tareas que se llevan a cabo en las sesiones con los niños permite a los analistas de software diseñar y proponer en conjunto con los maestros y especialistas aquellas que pueden ser soportadas por la realidad virtual. Como resultado de esta etapa se obtienen diversas evaluaciones utilizadas por los especialistas en TDAH, la identificación de tareas y materiales que pueden ser representados en la realidad virtual, así como una propuesta de plataforma acorde a las necesidades de los niños y el perfil de usuario al cual estará dirigido el entorno de realidad virtual propuesto.

B. Diseño

En la etapa de diseño se trasladan los elementos obtenidos en la etapa anterior a un contexto computacional para definir los componentes necesarios de diseño de software para el entorno de realidad virtual. Los analistas de software utilizan diversas notaciones de modelado tales como el Lenguaje Unificado de Modelado (UML) [33] que permite modelar de forma conceptual los procesos y funciones del sistema, presentar las clases del sistema, el diseño de base de datos y componentes de software reusables, y Concur Task Trees (CTT) [34] está orientado a modelar tareas y subtareas que deber ser respaldadas por el sistema, así como las relaciones, dependencias y tipos de interacciones del usuario con el sistema. En esta etapa se identifica la arquitectura necesaria para la plataforma de realidad virtual que sea acorde a las tareas identificadas por los especialistas y maestros y que además sea compatible en la mayor medida a las limitaciones de la pandemia.

C. Prototipado

Una vez que se tiene identificada la plataforma tecnológica, la definición de tareas dentro del entorno de realidad virtual, así como las interacciones y procesos del usuario con el sistema, los programadores de software reúnen los componentes y herramientas necesarias para la construcción del prototipo. Motores para la creación de videojuegos tales como, Unity3D [35], Unreal Engine [36] son utilizados para diseñar y definir los comportamientos de los objetos, las interfaces y los mecanismo y dispositivos de entrada para la interacción con el entorno de realidad virtual. En este sentido los programadores pueden trabajar en conjunto con diseñadores multimedia para producir modelos en 3D, sonidos y representaciones de objetos necesarios que serán parte del escenario bajo el cual usuario llevara a cabo sus tareas.

D. Lanzamiento

Una vez que se cuenta con un prototipo funcional. Se prepara la puesta en marcha de los entornos de realidad virtual producidos con los usuarios que cubren el perfil que fue determinado en la etapa de análisis de contexto de TDAH. El objetivo es que estos entornos de realidad virtual producidos se incorporen en las sesiones de trabajo que llevan a cabo los maestros con los niños y pueda ser un soporte que dé continuidad al desarrollo de las habilidades mientras se encuentran en condiciones de contingencia.

En esta fase, el equipo multidisciplinario puede proponer el uso de evaluaciones como el Cuestionario de Experiencia de Usuario (UEQ), la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) [37], y el AttrakDif [38], entre otros para conocer la percepción y facilidad de uso de los entornos de realidad virtual y la experiencia del usuario, además de obtener información de retroalimentación que permita conocer el comportamiento de los niños cuando están inmersos en la realidad virtual. La información de retroalimentación es un factor clave para que todo el equipo multidisciplinario pueda realizar mejoras y garantizar la calidad de los entornos de realidad virtual producidos.

TABLA II
TOTAL DE NIÑOS EN EDUCACIÓN BÁSICA POR GRADO Y CONDICIÓN

Grado escolar	Niños regulares	TDAH	Asperger	Subtotal
1	21	2	1	24
2	20	3	0	23
3	14	2	1	17
4	19	1	0	20
5	9	0	0	9
6	9	0	0	9
TOTAL	92	8	2	102



Fig. 4. Maestros en modalidad semipresencial en el aula con niños con TDAH en pandemia por COVID-19. Maestros aplican los protocolos de seguridad como el uso de cubrebocas, mascarilla y desinfectar materiales.

VI. CASO DE ESTUDIO

En esta sección se presenta el diseño del entorno de realidad virtual *AttentionVR* bajo el modelo propuesto desarrollado para niños de educación básica y niños con necesidades educativas especiales como el TDAH, entre otras. El objetivo de producir este entorno de realidad virtual es que sirva como soporte en las sesiones que se llevan a cabo en una institución de educación básica en México, la cual trabaja en la modalidad en línea y semi presencial debido a las limitaciones de contingencia de la pandemia COVID-19.

A. Análisis del contexto en la educación básica

El equipo multidisciplinario identificado está conformado por un equipo de 3 psicólogos, 6 maestras y los padres de familia, los cuales participan activamente en las actividades que se llevan en la escuela. Se suma un analista de software y un programador para el desarrollo del entorno de realidad virtual. La escuela actualmente atiende a un total de 102 niños de nivel escolar básico distribuidos en seis grados escolares, de los cuales fueron identificados 10 niños que presentan diversos trastornos tal como se presenta en la Tabla 2.

La Secretaria de Educación de México ha limitado las actividades presenciales en las escuelas debido a la pandemia COVID-19 [39] para así evitar riesgos de contagio en los niños, por lo que la dinámica que se realizaba en las aulas tuvo que ser adaptada a una modalidad en línea y en algunos casos semipresencial y cuando la actividad amerita ser atendida de manera personal por los maestros (Ver Figura 4).

Estos cambios tuvieron un impacto en aquellos niños que sufren TDAH y otros trastornos asociados, debido a que la atención que reciben por parte de los maestros es de carácter

personalizada, se enfocan en actividades de aprendizaje las cuales les ayudan mitigar rezago educativo. Y no solo los niños sufrieron cambios en sus procesos, sino también el equipo de trabajo que se encarga de realizar evaluaciones constantemente para dar seguimiento al tratamiento llevado a cabo por los psicólogos fue limitada a sesiones en línea o semipresenciales, lo cual significo adoptar nuevas formas para seguir trabajando en el logro de los objetivos.

B. Identificación del perfil de usuario y plataforma tecnológica

La identificación del perfil de usuario es una de las actividades primordiales que ayudaron al equipo multidisciplinario a identificar las tareas y plataforma adecuada sobre la cual está diseñado el entorno de realidad virtual *AttentionVR*. Para ello se realizó un análisis de los resultados arrojados de diversas evaluaciones aplicadas por los maestros y psicólogos a los niños con TDAH. En la Figura 5 se muestran algunas de las evaluaciones utilizadas en el proceso de identificación y en el tratamiento aplicado a los niños con TDAH.

De acuerdo con los expertos en TDAH, tanto psicólogos, médicos como neurólogos, proponen el uso del electroencefalograma digital con mapeo como una herramienta diagnóstica para identificar las características electroencefalográficas desde el punto de vista cuantitativo en los niños con TDAH [40]. La prueba de Frostig tiene el propósito de ayudar a identificar los retrasos en la madurez perceptiva en niños que presentan dificultades de aprendizaje [41] y por último la prueba del Sistema de Alerta Temprana (SisAT) [42] ayuda a los maestros a tomar acciones de intervención tempranas en cuanto a apoyo a la lectura, escritura y calculo mental permitiéndoles definir estrategias de apoyo escolar.

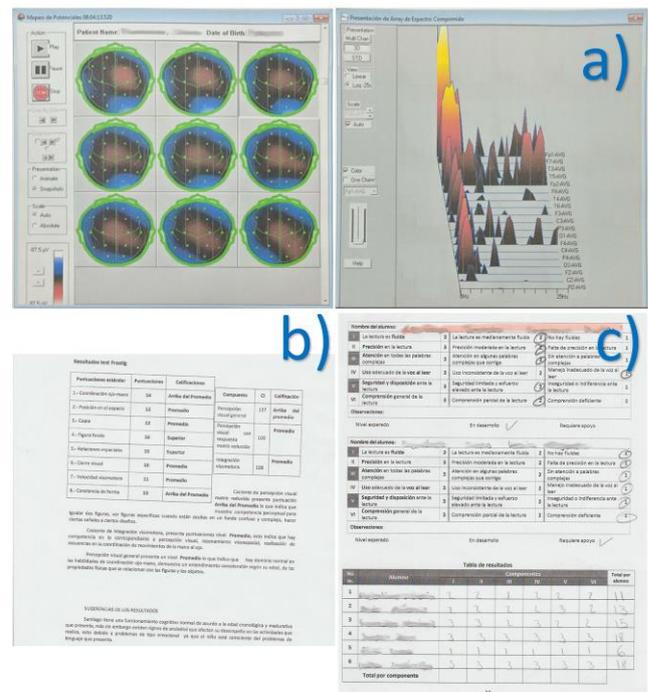


Fig. 5. Evaluaciones para la identificación y seguimiento en niños con TDAH. a) Electroencefalograma digital con mapeo cerebral. b) Prueba de Frostig. c) Prueba SisAt.

TABLA III
PERFIL DE USUARIO DE NIÑOS CON TDAH A NIVEL ESCOLAR BÁSICO

Grado escolar	Edad	Diagnostico	Tareas de apoyo al tratamiento
1	6	-Atender áreas del TDAH referentes a: ubicación, atención, organización y secuencia, motivación y estructuración, instrucción	- Seguimiento de instrucciones
1	6		-Encontrar diferencias en imágenes
2	7		-Juegos de memoria
2	7		-Juegos de construcción
3	8		-Laberintos
3	8		-Moverse en cámara lenta
4	10		-Sopas de letras



Fig. 6. Plataforma tecnológica para AttentionVR. Dispositivos compatibles con Google Cardboard

Una vez analizada toda la información de las evaluaciones de los niños con TDAH y las recomendaciones de tareas como apoyo a las terapias, el equipo multidisciplinario se dio a la tarea de conformar un perfil de usuario que considera a 7 niños de diversos grados escolares tal como se muestra en la Tabla 3.

En cuanto a la plataforma para el entorno de realidad virtual, los analistas y programadores seleccionaron Google Cardboard [43] ya que es compatible con cualquier dispositivo móvil y se puede tener conectividad con controles Bluetooth para la interacción del niño con el sistema.

La plataforma tecnológica seleccionada tiene el objetivo que sea accesible y de bajo costo, para que puedan ser utilizados por los padres y maestros en sus propios dispositivos móviles, en cuanto al headset, Cardboard ofrece la opción de construirlo a partir de un diagrama disponible en su sitio web, el cual está elaborado con cartón, esto también puede ser aprovechado para que niño lo pueda personalizar a su gusto o comprar uno de material plástico a un precio accesible tal como se muestra en la Figura 6.

C. Diseño y prototipo de AttentionVR

AttentionVR es un entorno de realidad virtual en el cual el niño tiene que recolectar una serie monedas que son parte de un tesoro escondido y encontrar el barco pirata para salir de la isla. Para lograr este objetivo, el niño debe resolver retos con la ayuda de asistentes virtuales que le indican las instrucciones a seguir de forma visual y auditiva durante todo el juego para descubrir el camino hasta el barco pirata, también existen elementos distractores tales como ciudadanos que merodean por donde hay monedas y diferentes objetos como parte del escenario virtual (Ver Figura 7).

TABLA IV
DISEÑO INSTRUCCIONAL DE ATTENTIONVR

#	Acción	Instrucción	Área del TDAH	Objetivo
1	Bienvenida al juego	<i>Hola aventurero, bienvenido a la Ciudad Mágica del año 2020</i>	Ubicación	Que el niño se ubique en el tiempo y el espacio de manera específica
2	Indicaciones del juego	<i>Hola aventurero primero debes encontrar las monedas que aparecen en el camino.</i>	Atención	Indicaciones del juego
3	Comienza a atrapar monedas. Aparecen elementos distractores, pero aún no se le indica que se concentre	<i>Una moneda, muy bien, ¡¡ve por las demás!! dos monedas, tres monedas</i>	Atención y retroalimentación positiva	El niño preste atención a la moneda, descartando los otros muñecos que aparecen con factor distractor, sin pedirle se concentre, solo se retroalimenta cuando atrapa las primeras tres monedas
4	Presentar elementos: Unos corresponden a las monedas y los otros solo son estímulos visuales distractores como elementos de ambientación	<i>Concéntrate en tu objetivo y ve por la moneda. cuatro monedas</i>	Organización y secuencia	Secuenciar la tarea "atrapar monedas" en pasos pequeños para lograr estructurar la tarea.
5	Una vez obtenida la primera moneda (o de forma simultánea) que se escuche sonido emotivo y tal vez un mensaje motivacional	<i>cinco monedas, muy bien, vamos tú puedes!, ¡solo te faltan 6 monedas más por encontrar! Siete monedas</i>	Motivación y estructuración	Que el niño reconozca con el audio que está haciendo lo esperado. Indicación corta para seguir avanzando
6	Instrucción intermedia de cómo lograr llegar al final	<i>Hola aventurero para habilitar el puente debes encontrar las 10 monedas escondidas, ¡vamos! tú puedes lograrlo</i>	Instrucción intermedia	Que el niño recuerde que, para llegar al final, necesita las 10 monedas
7	Siguen apareciendo monedas con estímulo auditivo cada vez que se logra captar una. Se retroalimenta e invita a continuar concentrado	<i>Ocho monedas, concéntrate en tu objetivo y ve por la moneda, nueve monedas</i>	Atención y retroalimentación positiva	El niño preste atención a la moneda, escuchando el número de monedas que lleva y así sepa que casi llega al final
8	El niño ha logrado las 10 monedas, se motiva a continuar y a la vez se le pide pasar por un puente para lograr salir de la ciudad	<i>Diez monedas, Muy bien hecho aventurero, ahora te invito a pasar por el puente</i>	Equilibrio entre exigencia y motivación	Que el niño logre continuar motivado en el juego y a la vez se exige dar un último paso para lograrlo. Sin exceder la exigencia, ya que el niño puede perder la motivación totalmente si se siente frustrado
9	El niño encontrará un tesoro al final del puente , al llegar al barco	<i>Hola aventurero, encuentra el tesoro para llegar al barco pirata, ¡Tú puedes lograrlo!</i>	Motivación y estimulación	Que el niño sepa que ya está en la recta final, su motivación continúa y la gratificación por su esfuerzo está al encontrar el tesoro.
10	Fin de la misión acompañado de fanfarrias.	<i>¡Felicidades has completado la misión con éxito!</i>	Recompensa y satisfacción.	Que el niño sienta satisfacción por haber logrado el objetivo, dejando de lado distractores y llegando al final esté contento, la recompensa final es estímulo auditivo al escuchar las fanfarrias y cohetes y cañones, además estímulo visual al ver los confetis verdes y estrellas.

AttentionVR cuenta con un diseño instruccional creado por el equipo multidisciplinario con el fin de que el niño trabaje las áreas del TDAH indicadas en el perfil de usuario identificado. Estas áreas incluyen: ubicación, atención, retroalimentación, organización y secuencia, motivación y estimulación, recompensas, entre otras. En la Tabla 4 se presenta a detalle el diseño instruccional de AttentionVR.

A partir de la plataforma tecnológica seleccionada los programadores hacen uso de los componentes y herramientas de software necesarios para la construcción del prototipo. El diagrama de clases de la Figura 8 presenta los elementos principales que componen el sistema AttentionVR.

El sistema considera una interfaz de usuario principal para la captura de información general que identificará al niño que utiliza el sistema. La tarea representa el escenario inmersivo y contiene Objetos 3D simulados que puede ser representaciones de objetos de la vida real y tienen definido un comportamiento específico. La entrada de usuario contiene los elementos para que el sistema pueda utilizar diversos dispositivos con los cuales interactuara el niño durante su uso.

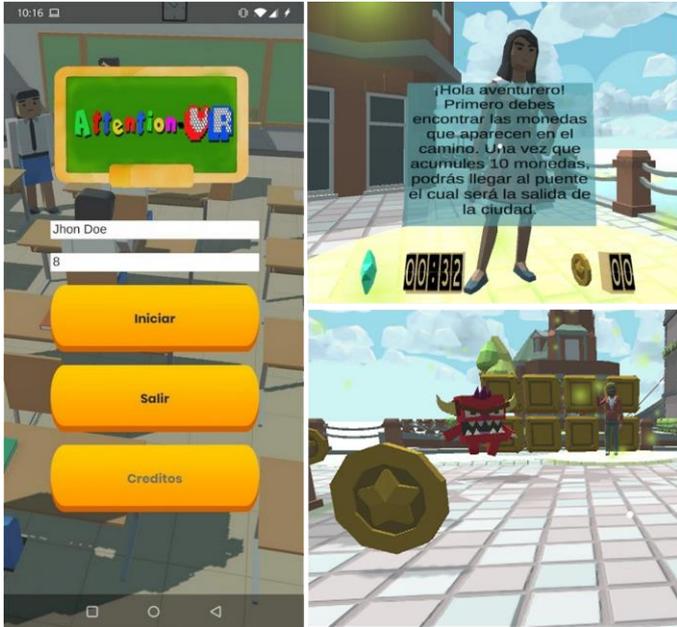


Fig. 7. Entorno de realidad virtual niños con TDAH AttentionVR.



Fig. 9. Estructura de la información almacenada por AttentionVR y estadísticas de uso, consola Firebase.

D. Puesta en marcha de AttentionVR con niños de educación básica.

Para la puesta en marcha del entorno de realidad virtual AttentionVR se contó con la participación de los maestros de todos los grados escolares de una institución de educación básica. La finalidad es que AttentionVR sea integrado a las clases como soporte a las limitaciones debido a la pandemia COVID-19 que se llevan a cabo bajo la modalidad en línea y semipresencial con los niños con TDAH. Se reunió a los maestros y niños en el aula bajo las medidas sanitarias las cuales incluyen: uso obligatorio de cubrebocas y mascarilla, distancia mínima entre las personas de 1 metro, uso de gel antibacterial y alcohol para desinfectar las manos y objetos. Como se puede observar en la Figura 10.

En una primera intervención participaron 7 niños con TDAH los cuales cubren el perfil de usuario definido por el equipo multidisciplinario en la Tabla 3. Adicional a este grupo se unió a la prueba un niño con Asperger. En una segunda intervención los maestros recomendaron que los niños regulares también usaran AttentionVR por lo que AttentionVR fue usado en otras dos escuelas con niños regulares de educación básica, en el primer caso con 11 niños y el segundo con 6 niños, dando un total de 17 niños, todos cursando entre 1er y 4 grado.

Cabe mencionar que los padres estuvieron presentes en todas las intervenciones que los maestros realizaron con los niños, se les explico el objetivo de utilizar entornos de realidad virtual como soporte a las actividades escolares y firmaron una carta de consentimiento del trabajo realizado.

Como primera estrategia de evaluación de AttentionVR, durante las intervenciones, los profesores aplicaron un instrumento de evaluación diseñado por el equipo multidisciplinario a niños con TDAH y normales para conocer su percepción de uso y evaluar la experiencia de usuario. Además, esto sirve como medio para obtener información de retroalimentación y realizar mejoras en el entorno virtual y abre la puerta a futuras evaluaciones y al uso de otros instrumentos como UEQ, SUS, AttrakDif, etc. La Figura 11 presenta el instrumento diseñado por el equipo multidisciplinario y la descripción de los reactivos del instrumento de evaluación. Los resultados obtenidos se estas

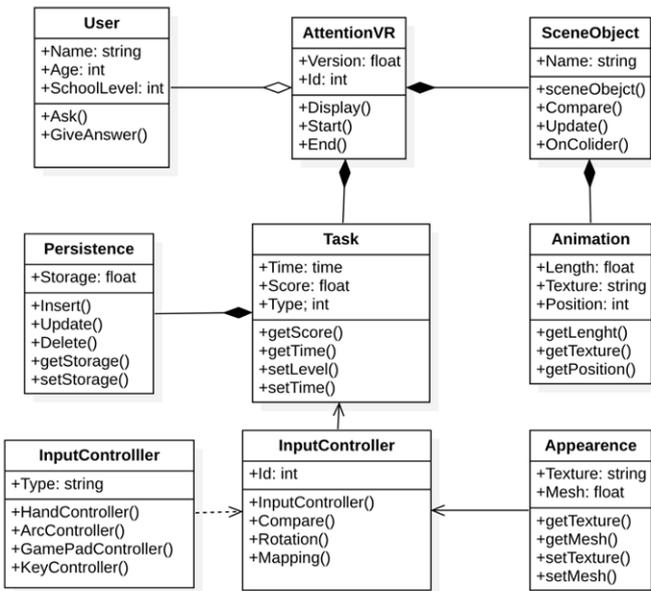


Fig. 8. Diagrama de clases del sistema AttentionVR.

Para el sistema es importante se lleve a cabo el almacenamiento de información, es de interés para los expertos conocer el desempeño del niño durante el uso del sistema, AttentionVR utiliza el servicio en la nube Firebase [44] como persistencia para almacenar información de performance en tiempo real.

Esta información permite conocer la ruta recorrida por niño, el orden de recolección de las monedas, el tiempo en segundos que tarda en recolectarlas, el tiempo total hasta encontrar el tesoro y el barco pirata, y las veces que acudió a un asistente virtual para recibir instrucciones, entre otros indicadores, tal como se presenta en la Figura 9.

evaluaciones se presentan y discuten en la siguiente sección de resultados.

#	Reactivo	Estamos evaluando
1	Se me hizo fácil saber lo que tenía que hacer en el juego	Instrucciones
2	Me gusto haber jugado con este videojuego	Gusto al juego
3	Lo que más me gustó fue sentir que estaba de verdad dentro del juego	Inmersión
4	Al terminar el juego me sentí contento	Emoción positiva
5	Al terminar el juego me sentí tranquilo	Estado positivo
6	Al terminar el juego me sentí molesto	Emoción negativa
7	Fue fácil encontrar las monedas	Pese a distractores se logra enfocar
8	Lo volvería a jugar	Disfrute
9	¿Qué fue lo que más me gustó de haber jugado?	Experiencia vivida
10	¿Qué le cambiaría al juego?	Experiencia faltante

Fig. 11. Reactivos del Cuestionario de percepción de uso y satisfacción aplicado a niños de primaria que utilizaron AttentionVR.

VII. RESULTADOS

Esta sección presenta los resultados obtenidos de la aplicación del entorno de realidad virtual AttentionVR en niños con TDAH. Como se ha descrito en el apartado anterior, el entorno de realidad virtual fue utilizado por niños regulares de otros dos colegios. Por lo tanto, fue una oportunidad para recoger información de los niños, referida al uso, la satisfacción y el rendimiento cuando están inmersos en la realidad virtual.

A. Análisis de reactivos y percepción de uso y satisfacción.

El cuestionario diseñado para evaluar la percepción de uso y satisfacción después de usar AttentionVR está compuesto por 10 reactivos, los primeros 5 se refieren a la percepción de uso de AttentionVR y utilizan una escala Likert [45] del 1 al 7, siendo 1 muy en desacuerdo y 7 totalmente de acuerdo. Los reactivos 6 a 10 se refieren a la satisfacción después de usar AttentionVR, del 6 al 8 se responden con un Sí o un No, y los reactivos 9 y 10 son preguntas abiertas para conocer la opinión del niño y hacer mejoras al sistema. La Figura 12 presenta los resultados de las encuestas aplicadas a los niños con TDAH, Asperger y a los niños regulares que participaron en otras instituciones de educación básica.

Como se puede observar en la Figura 12, en cuanto a la percepción de uso, la tendencia en los niños fue estar muy de acuerdo en que el sistema era fácil y en todo momento sabían lo que había que hacer en el juego (R1) y les gustaba jugar al juego (R2). En cuanto a la inmersión, se obtuvo una puntuación alta (R3) y los niños expresaron su motivación por estar inmersos en un entorno de realidad virtual. Al final del juego, dijeron que no fue difícil encontrar todas las monedas (R4) y en cuanto a si volverían a jugar (R5), la respuesta fue muy positiva.

En cuanto a la sensación de ser feliz después de haber terminado el juego (R6) sólo 1 niño contestó que no, el mismo niño que reconoce tener una sensación de incomodidad (R8) por querer jugar más tiempo y tampoco sentirse tranquilo (R7) y 2 niños más en cuanto a sentirse tranquilo (R7) dijeron que no; sin embargo, estaban felices (R6). Por lo tanto, la mayoría reconoce que fue una experiencia agradable, sintiéndose felices y tranquilos.

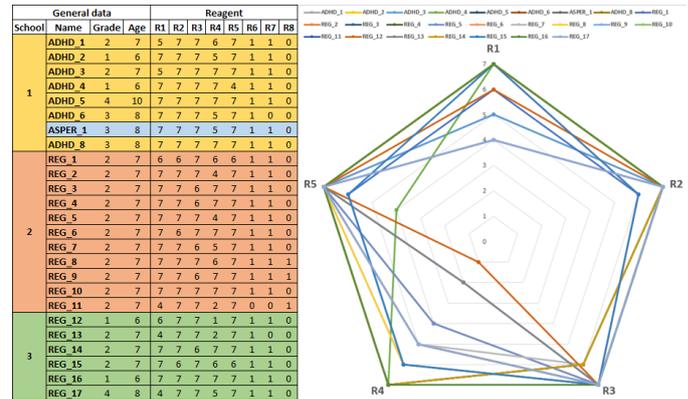


Fig. 12. Tabla de reactivos del instrumento de evaluación aplicado a los niños que utilizaron AttentionVR.

B. Análisis de rendimiento

En cuanto a los problemas técnicos que se produjeron durante el uso del sistema, del total de 25 niños que utilizaron AttentionVR, a 4 niños se les cerró repentinamente la aplicación cuando la estaban utilizando y sólo se registraron algunos elementos. En 9 casos no había conexión a Internet en el lugar, por lo que no se registró ninguna información y sólo en 12 niños se obtuvo la información completa. Se realizó un análisis del desempeño del niño, que permite conocer el tiempo total en el juego, el orden de las monedas obtenidas y cuántas veces recurrieron a la ayuda de uno de los tres asistentes para obtener instrucciones dentro del juego. Como se presenta en la Tabla 5.

Se puede observar que el niño 1 tardó 18,76 minutos en completar el juego, consultó 2 veces al asistente 1, que le presentó las instrucciones generales, 13 veces al asistente 2, que le dio instrucciones y le motivó para completar el juego y recoger todas las monedas, y 1 vez al asistente 3, que le presentó instrucciones para buscar el tesoro y terminar el juego. También se puede observar que el niño 2 completó el juego en 5,20 minutos y sólo necesitó consultar al asistente 1 2 veces, al asistente 2 2 veces y al asistente 3 1 vez. Este análisis se puede complementar con el mapa del entorno virtual de la Figura 13, donde se puede ver la distribución de las monedas que el niño tiene que recoger y los asistentes virtuales que le ofrecen instrucciones para completar el juego. Se puede conocer por los tiempos de recogida de cada moneda y el recorrido realizado por el niño dentro del entorno de realidad virtual, por ejemplo, en el caso del niño 1, la secuencia de la recogida teniendo en cuenta el tiempo fue {10, 9, 4, 3, 5, 6, 7, 8, 1, 2}, para el caso del niño 2 la secuencia de la recogida fue {1, 4, 7, 8, 9, 5, 3, 10, 6, 2}.

Con esta información se pudo explorar las rutas alternativas y con ello la capacidad que tiene cada niño de ubicarse en el tiempo y el espacio de manera específica, también se pudo observar como el niño logra prestar atención a los estímulos e indicaciones, tomar diferentes decisiones y lograr secuenciar la tarea "atrapar monedas" en pequeños pasos para lograr estructurar su camino, utilizando los recursos disponibles y propios cumpliendo el objetivo y de manera amigable, concentrada, tranquila y estructurada logra resolver un problema.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen al CONACYT por el apoyo brindado para la realización de esta investigación, al Instituto José María Morelos y Pavón, Ojuelos de Jalisco, México, por su colaboración y por proporcionar el personal y los recursos para la realización del estudio de caso, y a todas las personas que participaron en las comunidades de Vaquerías y Matancillas, Jalisco, México. Este trabajo está dedicado a la memoria de Gerardo Ortiz Aguiñaga (1995-2020) estudiante del CIMAT Zacatecas México y a su pasión y dedicación por el desarrollo de esta investigación, por lo que honramos su memoria.

TABLA V

TIEMPO (EN MINUTOS) DE ATTENTIONVR OBTENIDO DE LA BASE DE DATOS FIREBASE. A= ASISTENTE. C= MONEDAS. T= TESORO.

Niño	A1	A2	A3	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	T
1	2	13	1	7.6	12.2	4.1	3.9	4.2	5.6	5.7	5.9	1.6	1.3	18.7
2	3	2	1	0.6	3.0	1.5	0.7	1.3	2.4	0.9	0.9	1.2	2.0	5.2
3	1	2	1	2.1	2.2	2.4	2.4	2.5	3.3	3.4	3.8	3.7	1.1	6.3
4	1	0	1	3.5	3.7	2.4	2.3	2.6	4.7	2.1	5.7	1.6	1.0	7.0
5	2	3	1	1.1	1.3	6.0	2.2	5.7	5.2	2.5	2.7	3.1	3.8	7.1
6	2	1	3	5.8	5.9	2.1	2.2	1.9	2.3	3.5	3.8	4.0	1.6	8.0
7	7	2	2	1.6	5.7	4.5	1.8	2.4	3.7	1.9	2.1	2.3	2.6	8.1
8	4	3	1	1.3	3.0	1.9	1.8	2.1	6.0	1.6	7.4	2.4	4.8	9.3
9	3	4	1	2.4	5.5	2.5	2.5	2.6	3.5	2.9	9.3	9.2	6.3	10.2
10	2	2	1	1.1	5.6	1.4	1.3	1.5	3.9	2.7	10.6	1.7	7.2	11.6
11	6	7	1	5.5	5.4	6.3	6.4	6.1	7.0	6.5	3.9	3.5	3.0	15.3
12	5	4	1	3.9	3.9	5.6	6.2	5.8	7.1	6.6	14.3	6.0	3.0	15.5
13	2	2	0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	5.5	0.0
14	4	1	0	4.4	0.0	0.0	6.2	3.3	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0
15	6	2	0	0.0	0.0	3.5	1.6	2.2	4.6	6.9	0.0	3.3	0.0	0.0
16	3	1	0	1.1	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	1.4	1.6	2.0	0.0	0.0



Fig. 13. Mapa del entorno interactivo AttentionVR.

VIII. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Este trabajo propone entornos de realidad virtual como apoyo a los profesores de educación básica para que puedan hacer un seguimiento de las actividades escolares con niños con TDAH. Los profesores se enfrentan a las limitaciones de la pandemia del COVID-19 que hace que tengan que migrar del trabajo con los niños en el aula al trabajo continuo y semipresencial en modo online. Para la producción de entornos de realidad virtual se propone un modelo centrado en el usuario que permite conocer y captar las necesidades de los niños con TDAH. Se presenta un estudio de caso en el que se tomaron todas las medidas de salud para probar el entorno de realidad virtual AttentionVR por parte de niños con TDAH y niños regulares que cursan diferentes grados de educación básica. Los resultados obtenidos presentan percepción de uso y satisfacción positiva, algunos indicadores permiten conocer el desempeño del niño durante el uso del sistema. Como trabajo futuro, el reto es mejorar aspectos técnicos identificados, como la incorporación de bases de datos locales en AttentionVR en caso de que los dispositivos móviles no dispongan de internet. Continuar con el diseño de nuevos entornos de realidad virtual bajo el modelo propuesto que puedan estar disponibles en una plataforma abierta para que otras instituciones puedan utilizarlos y adaptarlos a sus necesidades durante la pandemia. Formar nuevos equipos multidisciplinarios para diseñar nuevos casos de estudio que incluyan estrategias de evaluación a través de la aplicación de otros cuestionarios como UEQ, SUS y AttrackDif.

REFERENCES

- [1] W. H. Organization, "WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dash-board," <https://covid19.who.int/>, November, 2020, online; accessed 10 november 2020.
- [2] P.-I. Lee, Y.-L. Hu, P.-Y. Chen, Y.-C. Huang, and P.-R. Hsueh, "Are children less susceptible to covid-19?" *Journal of Microbiology, Immunology, and Infection*, 2020.
- [3] J. P. Espada, M. Orgil es, J. A. Piqueras, and A. Morales, "Las buenas prácticas en la atención psicológica infanto-juvenil ante el covid-19," *Clinica y Salud. Avance online*. (Revisado 3 mayo 2020). <https://doi.org/10.5093/clysa2020a14>, 2020.
- [4] E. y aprendizaje, "UNICEFMEXICO," <https://www.unicef.org/mexico/educaci%C3%B3nyaprendizaje>, November, 2020, online; accessed 10 november 2020.
- [5] A. P. Association et al., "Dsm 5. diagnostic and statistical manual of mental disorders—fifth version," 2013.
- [6] M. L. Wolraich, R. E. McKeown, S. N. Visser, D. Bard, S. Cuffe, B. Neas, L. L. Geryk, M. Doffing, M. Bottai, A. J. Abramowitz et al., "The prevalence of adhd: Its diagnosis and treatment in four school districts across two states," *Journal of Attention Disorders*, vol. 18, no. 7, pp. 563–575, 2014.
- [7] G. Polanczyk, M. S. De Lima, B. L. Horta, J. Biederman, and L. A. Rohde, "The worldwide prevalence of adhd: a systematic review and meta regression analysis," *American journal of psychiatry*, vol. 164, no. 6, pp. 942–948, 2007.
- [8] L. Palacios-Cruz, F. d. I. Peña, A. Valderrama, R. Patiño, S. P. Calle Portugal, and R. E. Ulloa, "Conocimientos, creencias y actitudes en padres mexicanos acerca del trastorno por deficit de atencion con hiperactividad (tdah)," *Salud mental*, vol. 34, no. 2, pp. 149–155, 2011.
- [9] E. A. Climie and S. M. Mastoras, "Adhd in schools: Adopting a strengths-based perspective," *Canadian Psychology/psychologie canadienne*, vol. 56, no. 3, p. 295, 2015.
- [10] W. R. Jenson, D. Olympia, M. Farley, and E. Clark, "Positive psychology and externalizing students in a sea of negativity," *Psychology in the Schools*, vol. 41, no. 1, pp. 67–79, 2004.
- [11] S. V. Faraone, J. Biederman, B. K. Lehman, T. Spencer, D. Norman, L. J. Seidman, I. Kraus, J. Perrin, W. J. Chen, and M. T. Tsuang, "Intellectual performance and school failure in children with attention deficit hyperactivity disorder and in their siblings," *Journal of abnormal psychology*, vol. 102, no. 4, p. 616, 1993.
- [12] A. Ghanizadeh, M. J. Bahredar, and S. R. Moeini, "Knowledge and attitudes towards attention deficit hyperactivity disorder among elementary school teachers," *Patient Education and Counseling*, vol. 63, no. 1-2, pp. 84–88, 2006.
- [13] I. M. Loe and H. M. Feldman, "Academic and educational outcomes of children with adhd," *Journal of pediatric psychology*, vol. 32, no. 6, pp. 643–654, 2007.
- [14] Ab Aziz, N.A., Ab Aziz, K., Paul, A., Yusof, A.M., Noor, N.S.M.: Providing augmented reality based education for students with attention deficit hyperactive dis-order via cloud computing: Its advantages. In: 2012 14th International conference on advanced communication technology (ICACT), IEEE (2012) 577–581.
- [15] Van Krevelen, D., Poelman, R.: A survey of augmented reality technologies, applications, and limitations. *International journal of virtual reality*9(2) (2010) 1–20.
- [16] Alchalabi, A.E., Eddin, A.N., Shirmohammadi, S.: More attention, less deficit: Wearable eeg-based serious game for focus improvement. In: 2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH), IEEE (2017) 1–8
- [17] Anton, R., Opris, D., Dobrean, A., David, D., Rizzo, A.: Virtual reality in rehabilitation of attention deficit/hyperactivity disorder the

- instrument construction principles. In: 2009 Virtual Rehabilitation International Conference, IEEE (2009)59–64.
- [18] Hashemian, Y., Gotsis, M.: Adventurous dreaming highflying dragon: A full body game for children with attention deficit hyperactivity disorder (adhd). In: Proceedings of the 4th Conference on Wireless Health, ACM (2013) 12.
- [19] Othmer, S., Kaiser, D.: Implementation of virtual reality in eeg biofeedback. *Cyberpsychology & Behavior*3(3) (2000) 415–420.
- [20] Rohani, D.A., Sorensen, H.B., Puthusserypady, S.: Brain-computer interface using p300 and virtual reality: a gaming approach for treating adhd. In: 2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, IEEE (2014) 3606–3609.
- [21] Yeh, S.C., Tsai, C.F., Fan, Y.C., Liu, P.C., Rizzo, A.: An innovative adhd assessment system using virtual reality. In: 2012 IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences, IEEE (2012) 78–83.
- [22] Li, J., van der Spek, E., Hu, J., Feijs, L.: See me roar: self-determination enhanced engagement for math education relying on augmented reality. In: Extended Abstracts Publication of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction inPlay, ACM (2017) 345–351.
- [23] Villareal-Freire, A.P., Aguirre, A.F.A., Ordoñez, C.A.C.: Reverse engineering for the design patterns extraction of android mobile applications for attention deficit disorder. *Computer Standards & Interfaces*61(2019) 147–153.
- [24] S. Mandal, “Brief introduction of virtual reality & its challenges,” *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 4, no. 4, pp. 304–309, 2013.
- [25] F. Biocca and B. Delaney, “Immersive virtual reality technology,” *Communication in the age of virtual reality*, vol. 15, p. 32, 1995.
- [26] R. Riener and M. Harders, *Virtual reality in medicine*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [27] C. Heeter, “Being there: The subjective experience of presence,” *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, vol. 1, no. 2, pp. 262–271, 1992.
- [28] N. Gilbert, “62 Virtual Reality Statistics You Must Know in 2019 & 2020: Adoption, Usage & Market Share,” <https://financesonline.com/virtual-reality-statistics/#adoption>, December, 2019, online; accessed 18 december 2019.
- [29] Bashiri, A., Ghazisaeedi, M., Shahmoradi, L.: The opportunities of virtual reality in the rehabilitation of children with attention deficit hyperactivity disorder: a literature review. *Korean journal of pediatrics* 60(11) (2017) 337.
- [30] Lanyi, C.S., Geiszt, Z., Karolyi, P., Tilinger, A., Magyar, V.: Virtual reality in special needs early education. *The International Journal of Virtual Reality* 5(4) (2006) 55–68.
- [31] T. G. i Saliveri, MPIu+ a. Una metodología que integra la Ingeniería del Software, la Interacción Persona-Ordenador y la Accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinares. Universitat de Lleida, 2007.
- [32] A. Trappey, C. V. Trappey, C.-M. Chang, R. R. Kuo, A. P. Lin, and C. Nieh, “Virtual reality exposure therapy for driving phobia disorder: System design and development,” *Applied Sciences*, vol. 10, no. 14, p.4860, 2020.
- [33] M. Fowler, *UML distilled: a brief guide to the standard object modeling language*. Addison-Wesley Professional, 2004.
- [34] F. Patternó, “Concur task trees: an engineered notation for task models,” *The handbook of task analysis for human-computer interaction*, pp. 483–503, 2004.
- [35] Unity3D, “Unity Real-Time Development Platform — 3D, 3D VR & AR Engine,” <https://unity.com/>, November, 2020, online; accessed 10 november 2020.
- [36] U. Engine, “The most powerful real-time 3D creation platform,” <https://www.unrealengine.com/en-US/>, November, 2020, online; accessed 10 november 2020.
- [37] N. P. I. R. Devy, S. Wibirama, and P. I. Santosa, “Evaluating user experience of english learning interface using user experience questionnaire and system usability scale,” in 2017 1st International Conference on Informatics and Computational Sciences (ICICoS). IEEE, 2017, pp.101–106.
- [38] T. Walsh, J. Varsaluoma, S. Kujala, P. Nurkka, H. Petrie, and C. Power, “Axe ux: Exploring long-term user experience with iscale and attrakdiff,” in Proceedings of the 18th international academic mindtrek conference: Media business, management, content & services, 2014, pp. 32–39.
- [39] D. O. de la Federacion, “Diario Oficial de la Federacion, Acuerdo 02/03/20,” <https://www.dof.gob.mx/notadetalle.php?codigo=5589479&fecha=16/03/2020>, March, 2020, online; accessed 10 november 2020.
- [40] M. M. Roblejo, A. J. Somano Reyes, N. Blanco Balbeito, O. H. Trimiño, A. D. R. Herranz, and J. M. R. de Dios, “Mapeo cerebral en niños con trastornos por deficit de atencion con hiperactividad o sin ella,” *Medicentro*, vol. 16, no. 1, pp. 26–35, 2012.
- [41] P. Maslow, M. Frostig, D. W. Lefever, and J. R. Whittlesey, “The Marianne frostig developmental test of visual perception, 1963 standardization,” *Perceptual and Motor Skills*, vol. 19, no. 2, pp. 463–499, 1964.
- [42] A. I. R. Juarez, A. K. L. Gonzales, and I. A. C. Concha, “Evaluación institucional a partir de los indicadores del sistema de alerta temprana,” 2018.
- [43] G. LLC, “Google Cardboard,” <https://arvr.google.com/cardboard/>, 2020, on-line; accessed 10 november 2020.
- [44] G. LLC, “Google Realtime Database,” <https://console.firebase.google.com>, 2020, online; accessed 10 november 2020.
- [45] S. Jamieson, “Likert scales: How to (ab) use them?” *Medical education*, vol. 38, no. 12, pp. 1217–1218, 2004.

Héctor Cardona-Reyes es Catedra CONACYT adscrito al Centro de Investigación en Matemáticas unidad Zacatecas, México. Obtuvo el grado de Doctor en Ciencias de la Computación en la Universidad Juárez Autónoma Tabasco, México. Sus temas de investigación incluyen la Interacción Persona-Ordenador, los entornos interactivos aplicados a la salud y la educación, la ingeniería web, el diseño de videojuegos y la realidad virtual. Además, es miembro nivel I del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT en México.

Gerardo Ortiz-Aguñaga nació en León, Guanajuato, México, en 1995. Obtuvo la Licenciatura en Informática y Tecnologías Computacionales en 2018, por la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Actualmente estudia la Maestría en Ingeniería de Software en el Centro de Investigación en Matemáticas unidad Zacatecas. Sus principales áreas de interés son el desarrollo de herramientas de realidad virtual, la interacción persona-ordenador y la ingeniería de software.

María Lorena Barba-Gonzalez es Psicóloga y Maestra en Psicoterapia Sistémica por la Universidad de Guadalajara. Actualmente es Técnica Académica "A" en el CIMAT Zacatecas, México, y es parte fundamental del apoyo administrativo de la Maestría en Ingeniería de Software. En su experiencia, fue coordinadora académica de posgrado, terapeuta clínica en el Instituto Tzapopan de Guadalajara, Jalisco. Además, pertenece a la Red Europea y Latinoamericana de Terapia de Escuelas Sistémicas. Sus áreas de investigación son la intervención sistémica en organizaciones y equipos Psicoterapia Relacional.

Jaime Muñoz Arteaga es profesor investigador por la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) en México. Se doctoró en Ciencias de la Computación por la Universidad de Toulouse I, en Francia. Es miembro del SNI nivel I en México. Sus temas de investigación se enmarcan en el ámbito de la Interacción Persona-Ordenador, el E-learning y la Ingeniería Web. Ha llegado a dirigir proyectos de investigación sobre la brecha digital, la producción colaborativa de libros de texto y los sistemas interactivos. Ha publicado dos libros sobre Ingeniería del Software, un libro sobre Interacción Persona-Ordenador y dos libros sobre tecnología de objetos de aprendizaje.