

Mobile Application Based on Virtual Reality to Improve the Communication of Children with ASD from 3 to 7 Years in an ONG.

Christian Ovalle¹ 

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, dovalle@utp.edu.pe

Abstract - The general objective of the educational innovation proposal presented is to explain how and to what extent the use of a mobile application based on Virtual Reality improves the communication of children with Autism Spectrum Disorder between 3 and 7 years old in an NGO. Due to the importance of developing communication in autistic children, it was decided to support the use of technological resources in order to improve their communication skills. The proposal is focused on the VR-based mobile application because it has several options of activities that the teacher, therapist or any specialized person can use in class sessions with autistic children.

For this case, the Illinois Test of Psycholinguistic Aptitude (ITPA) created by Samuel Kirk, James McCarthy and Winifred Kirk was selected. Based on the results obtained, a program for the development of these skills was developed. After the application of the program a significant progress of the students in the different psycholinguistic skills was achieved, however, it was not possible to match the psycholinguistic age with the chronological age.

Keywords: Autism, mobile application, psycholinguistic virtual reality, psycholinguistic skills.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Aplicativo Móvil Basado en Realidad Virtual para Mejorar la Comunicación de Niños con TEA de 3 a 7 Años en una ONG

Christian Ovalle¹ 

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, dovalle@utp.edu.pe

Resumen - La propuesta de innovación educativa que se presenta plantea el objetivo general de explicar cómo y en qué medida el uso del Aplicativo móvil basado en Realidad Virtual mejora la comunicación de niños con Trastorno de Espectro Autista entre 3 y 7 años en una ONG. Debido a la importancia que tiene a desarrollar la comunicación en los niños autistas, se decidió el apoyo del uso de los recursos tecnológicos a fin de mejorar sus habilidades comunicativas. Se centra la propuesta en el aplicativo móvil basado en RV debido a que posee diversas opciones de actividades que el docente, terapeuta o cualquier persona especializada puede utilizar en las sesiones de clase con niños autistas.

Para este caso, se seleccionó el Test Illinois de Aptitudes Psicolingüísticas (ITPA, en inglés) creado por Samuel Kirk, James McCarthy y Winifred Kirk. En base a los resultados obtenidos se realizó un programa para el desarrollo de estas habilidades. Después de la aplicación del programa se consiguió un avance significativo de los estudiantes en las diferentes habilidades psicolingüísticas, sin embargo, no se consiguió equiparar la edad psicolingüística con la edad cronológica.

Palabras clave: Autismo, Aplicativo móvil, Realidad Virtual psicolingüística, habilidades psicolingüísticas.

I. INTRODUCCIÓN

La historia de Mary Elizabeth: “Nuestro viaje personal hacia el mundo del autismo comenzó hace poco más de ocho años, con el nacimiento de nuestro hijo Perry. Desde el comienzo, presentó grandes dificultades, lo primero que notamos fue que parecía muy intranquilo, siempre estaba molesto tenía una falta de reconocimiento en la mirada, no comía y no dormía. A medida que pasaban los días, reconocimos más “signos de alarma” del autismo, como comportamientos repetitivos, retrasos en el habla y la audición, y otros. Finalmente, conseguimos una cita con un pediatra del desarrollo, donde el médico confirmó lo que yo ya sabía: Perry tenía autismo. Lloré todo el camino a casa durante 2 días, esperando y rezando poder brindarle a este niño todo lo que necesitara. No podía darme el lujo de tomar la decisión equivocada, pues el futuro de mi hijo dependía de eso” [1].

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) se centra en dos principales dificultades: déficit en la interacción social y un patrón de conductas restringido y repetitivo con dificultades en el lenguaje. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el autismo afecta a 21 de cada 10 mil niños a nivel mundial, y tiene mayor prevalencia en varones. En nuestro país, siguiendo las estimaciones de la OMS, la prevalencia estimada sería de 186 mil personas con autismo. La mayoría de ellas experimenta una amplia discriminación en su vida, viendo sus derechos

vulnerados. Según los estudios epidemiológicos realizados en los últimos 50 años, la prevalencia mundial de estos trastornos parece estar aumentando [2].

En 2018, aproximadamente, 1 de cada 59 niños fueron diagnosticados con TEA en Estados Unidos, de acuerdo con las estimaciones del Center for Disease Control and Prevention (Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, USA) [3].

En el Perú, no existen estudios específicos sobre la prevalencia de autismo, siendo la información más cercana, la que reporta el Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad en el año 2013, que señalaba que, hasta dicho año, se habían inscrito en sus registros voluntariamente, 963 personas con TEA. Cabe resaltar que, lo más sistemático en cuanto a la incidencia de personas discapacitadas en nuestro medio, es el informe del Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2015) que precisa que 10 de cada 100 personas menores de 18 años, presentan alguna discapacidad. [4].

TEA presentan una serie de dificultades de orden clínico, siendo la comunicación y el lenguaje, uno de los aspectos más afectados, lo que obliga a procurar su detección temprana, además de la generación de programas específicos de intervención psicopedagógica [5]. Asimismo, en la problemática de la comunicación y lenguaje de los niños con TEA; la evidencia sugiere que la mayoría de estos niños, comprenden el lenguaje de manera más deficiente que sus pares con desarrollo típico, mostrando, además, retraso en el vocabulario receptivo [6]. Además, el nivel de comprensión auditiva y gramatical en los niños con TEA está por debajo del que se espera a su edad, y difiere significativamente del que presentan los niños con desarrollo típico, agregando que los padres de niños con TEA destacan la existencia de graves problemas de comunicación en sus hijos y falta de apoyo social, de tal manera que la calidad de vida familiar se ve afectada por los problemas lingüísticos que estos niños presentan [7].

Los padres de familia o terapeutas suelen tener libros con bastantes fotografías, recortes e ilustraciones de pictogramas para poder comunicarse con los niños. Para ellos es de gran ayuda tener el nombre de los objetos y la imagen ilustrativamente. Aquellos padres que por primera vez se les diagnostica que tienen un hijo con el síndrome de autismo, necesitan ir poco a poco recolectando este tipo de material, lo cual en ocasiones requiere de mucho tiempo y suele ser costoso [8].

Para los niños es poco llamativo el hecho de ver las imágenes o pictogramas ya que, pueden estar borrosas y ser de muy mala calidad. Ellos tienen la dificultad de comunicarse porque no siempre cuentan con el material necesario en el momento que se requiere, lo cual ocasiona confusiones y suele generar agresiones por parte del menor. Los pequeños que sufren de este trastorno imitan las imágenes que observan, pero como se mencionó anteriormente a veces las imágenes no llaman mucho su atención [9].

Por otra parte, vivimos en la era digital o era informática que ofrece nuevos dispositivos (computadoras, celulares inteligentes, tabletas electrónicas) y aplicaciones electrónicas con un enorme potencial para el tratamiento educativo de los niños con TEA. Los computadores y en particular las tecnologías de realidad virtual han demostrado ser una herramienta valiosa especialmente en el caso de los niños con TEA, ya que en general demuestran facilidades, preferencia y habilidades especiales para relacionarse con estas máquinas, abriendo así nuevas oportunidades para el desarrollo de terapias [10].

Las investigaciones indican que las aplicaciones basadas en Realidad Virtual (RV) permiten a los niños con TEA participar en numerosas interacciones multimodales, facilitando el proceso de aprendizaje de diferentes habilidades a través de los programas de intervención. Investigadores han descubierto que las personas con TEA muestran un gran interés en los videojuegos que pueden enseñar con éxito habilidades sociales. La tecnología de asistencia presentada en Bob's Fish Shop, combina el concepto de desarrollar un agente de juego virtual con animales para apoyar las interacciones sociales [11]. Por otro lado, mencionan que la RV es una herramienta que permite recrear situaciones de la vida real con una alta fidelidad sensorial, pero al mismo tiempo controlar individualmente cada una de las situaciones y estímulos que influyen en el comportamiento humano, también permite la medición en tiempo real de las reacciones humanas ante tales estímulos, esta investigación analiza los últimos avances científicos y tecnológicos relevantes para sus aplicaciones en el diagnóstico del TEA [12]. Afirmamos que la RV es una herramienta muy valiosa para la investigación del TEA, especialmente para la evaluación y diagnóstico de habilidades y competencias complejas.

En los últimos años, las intervenciones basadas en la RV demostraron potencial debido a su bajo costo, un alto índice de motivación para las personas con TEA y su acceso relativamente amplio, pues la mayoría de los niños con TEA muestran familiaridad con las tecnologías de la información, lo que los lleva a tener un mayor nivel de implicación y una reducción de las conductas problemáticas en las interacciones virtuales [13]. Además, basándose en un estudio mencionan que las tecnologías de RV representan una simulación de entornos de entrenamiento del mundo real basado en gráficos de computadoras. Estos pueden ser útiles ya que permiten a los instructores, terapeutas y proveedores de servicios para ofrecer una plataforma ambiental segura, repetible y diversificable durante tratamiento que puede beneficiar el aprendizaje de las personas con TEA [14].

Como consecuencia de esta problemática el objetivo de este estudio fue diseñar y desarrollar un aplicativo móvil basado en Realidad Virtual como herramienta para ayudar a la comunicación de niños con TEA, en la cual se busca generar uno o varios estímulos visuales que logren captar el interés del niño, basado principalmente por la presentación de imágenes, formas y colores en movimiento, asociando éstos a sonidos representativos. Además, aprovechar la capacidad innata de los niños con autismo de visualizar las palabras en imágenes para lograr así una mejor asimilación de la información planteada. Y asimismo articular música, color y forma, explorando y aumentando las habilidades sensoriales y mentales que ya poseen los niños con este trastorno.

Como objetivos específicos se planteó investigar e indagar sobre el comportamiento de los niños autistas, mediante entrevistas y reuniones con personas especializadas en el campo del TEA, para definir las actividades que se incluirán en el sistema interactivo, conocer la forma en que se trabaja con los niños en los centros de atención autista e interactuar con aquellos que hayan demostrado avance en su tratamiento. Por último, desarrollar el aplicativo móvil usando estándares de usabilidad que permitan obtener una App fácil de usar por los niños autistas y personal que los apoya. En relación a ello, ¿De qué manera un aplicativo móvil basado en Realidad Virtual influye en el aprendizaje de niños con TEA de 3 a 7 años en una ONG?

II. MARCO TEÓRICO

A. Realidad virtual

Su término en inglés es Virtual Reality (VR). Multitud de expertos han tratado de definir lo que es o lo que significa la Realidad Virtual (RV con siglas en español). A continuación, se citan 2 de las definiciones de expertos que más relevancia han tenido en este campo:

- "La Realidad Virtual es un sistema informático usado para crear un mundo artificial en el cual el usuario tiene la impresión de estar y la habilidad de navegar y manipular objetos en él" [15].

- "La Realidad Virtual es un camino que tienen los humanos para visualizar, manipular e interactuar con ordenadores y con información extremadamente compleja" [16].

Así pues, partiendo de las anteriores definiciones, se definiría la Realidad Virtual como, un sistema informático usado para crear un mundo artificial que es generado por ordenador o por una cámara virtual y que permite al usuario visualizar, manipular e interactuar con ese mundo en tiempo real.

CARACTERÍSTICAS DE LA RV

SABIA, una sección de la Universidad de La Coruña dedicada a la Inteligencia Artificial, plantea las características de la RV como las 3I: **Inmersión**, **Interacción** e **Imaginación**. Entre las 3 características forman el denominado triángulo de la RV, para mayor detalle véase la Fig. 1.

- **Inmersión**: El usuario percibe únicamente los estímulos del mundo virtual, de manera que pierde todo contacto con la realidad. El grado de inmersión dependerá del contacto que éste posea con el entorno real.

- **Interacción:** El usuario interactúa con el mundo virtual a través de diferentes dispositivos y recibe la respuesta en tiempo real a través de sus sentidos.
- **Imaginación:** A través del mundo virtual el usuario puede concebir y percibir realidades no existentes.

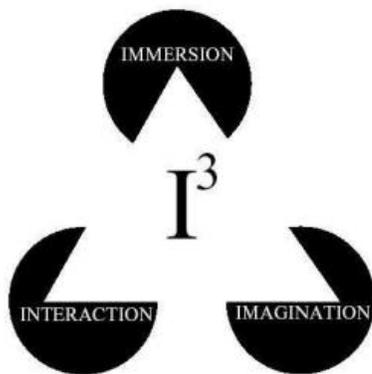


Fig. 1 Triángulo de la RV

Asimismo, se le reconoce como nuevo medio, la definición de RV está en constante evolución, e investigadores y usuarios plantean diferentes puntos de vista. Indican que la RV es un medio compuesto por simulaciones interactivas realizadas por ordenador que captan la posición y acciones del participante y sustituyen o aumentan la retroalimentación de uno o más sentidos, dando la sensación de encontrarse mentalmente inmerso o presente en la simulación (mundo virtual). Para construir su definición, establecen cuatro elementos clave intrínsecos a una experiencia de RV: La simulación o Mundo Virtual, la retroalimentación sensorial, la interactividad y el nivel de inmersión [17].

B. Trastorno del Espectro Autista (TEA)

El psiquiatra suizo Vallejo introdujo el concepto de autismo en su obra *Dementia praecox or the group of schiz-ophrenias*. Bleuler encuadra el autismo dentro de los “trastornos-esquizofrénicos más severos” y lo considera una “alteración de las funciones mentales complejas” [18]. Para el autor estos pacientes tienen una conducta que se separa de la realidad, es decir, que no reaccionan ante estímulos externos, pero no de manera absoluta porque pueden tener un contacto relativo con hechos de la vida diaria [19], ya que etimológicamente la palabra autismo procede del griego “autos”, que significa “uno mismo”.

Asperger (Ibidem) resaltaba que muchos de los niños estudiados con “psicopatía autista” cuando llegaban a ser adultos usaban su talento y conseguían carreras exitosas. Un ejemplo de ello sería el famoso Charles Darwin, creador de la teoría evolucionista, que, según la investigación [20], un profesor del Trinity College de Irlanda, sufría una obsesión por la naturaleza y permanecía demasiado tiempo en soledad; características que posee este síntoma. Mientras que el “Síndrome de Kanner” se utiliza para niños que presentan rasgos más específicos de la definición de Kanner, como

pueden ser incapacidad para establecer relaciones con otras personas, ecolalia retardada, actividades repetitivas, padres inteligentes, buena memoria mecánica y buen potencial cognitivo. Asimismo, en la Fig. 2 se puede observar los niveles de gravedad de TEA, donde primero se analizan las alteraciones en el desarrollo neurológico, el espectro, el conjunto de trastornos, la evolución, y por último se brinda en tratamiento adecuado.

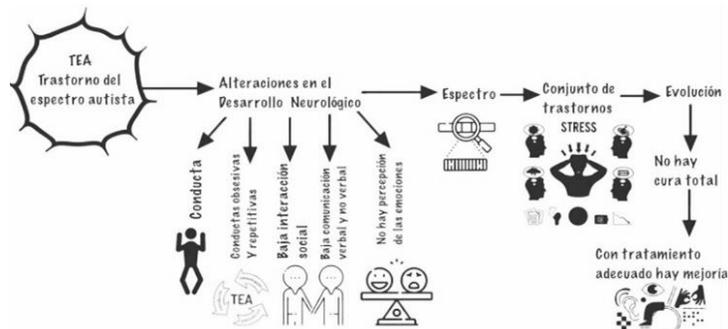


Fig. 2 Niveles de gravedad

En los últimos años, con la aportación de Wing y Gould se sustituye el término TGD por el del Trastornos del Espectro Autista (TEA). “Condición neurológica y de desarrollo que comienza en la niñez y dura toda la vida. Afecta cómo una persona se comporta, interactúa con otros, se comunica y aprende, lo cual se le llama “trastorno del espectro” porque diferentes personas con TEA pueden tener una gran variedad de síntomas distintos” [21]. Según la biblioteca nacional de medicina de EE. UU, el diagnóstico de TEA incluye muchas afecciones que solían diagnosticarse por separado como el trastorno autista, el síndrome de Asperger, el trastorno desintegrativo infantil y el trastorno generalizado del desarrollo, como se puede observar en la Fig. 3. Hoy en día, a todas estas afecciones se las denomina TEA.

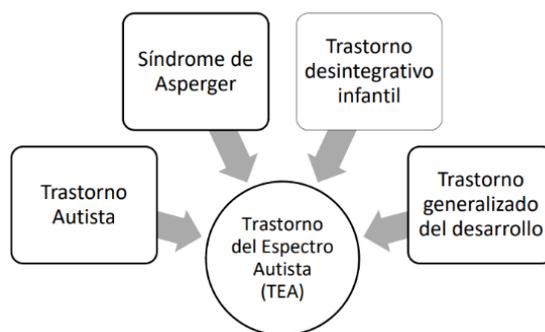


Fig. 3 Afecciones englobadas en el TEA

Las directrices específicas que se menciona, permiten comprender que entre el periodo de los 18 meses y los 5 o 6 años, es en donde más la soledad y aislamiento se presenta, debido a que los síntomas de percepción y socialización son incomprensibles o paradójicos, por lo mismo las formas de

conducta se vuelven mucho más presentes e intensas y existen menores posibilidades comunicativas o de interpretación simbólica, por ende podría definirse que el autismo es un trastorno en el cual los procesos críticos de desarrollo se dan en el período preoperatorio en donde ya los niños pueden participar en todo el desarrollo de comprensión simbólica.

Las personas con autismo tienen graves dificultades a la hora de comunicarse e interactuar socialmente. Estas barreras dificultan a las personas, como el poder entender su estado de ánimo y lo que quieren comunicar, lo que hace difícil la adquisición de su aprendizaje. Por esta razón, es importante establecer una enseñanza individualizada que ayude a estas personas a adquirir habilidades y destrezas básicas que les permitan disfrutar de una vida lo más normalizada posible. Todos somos únicos e irrepetibles y presentamos características muy distintas entre unos y otros, sin embargo, hay rasgos comunes que presentan los niños con TEA, entre ellos se destacan los problemas en la percepción de estímulos sensoriales, como luces, sonidos, sabores, etc; el déficit de atención; la limitación para procesar la información; la dificultad en la comunicación e interacción

Dimensiones del TEA

Se profundizó con mayor precisión en ellas a través de niveles, para determinar la gravedad en la que se encuentran dicho trastorno y poderlo diagnosticar [22]. Asimismo, a consecuencia de los niveles, cada trastorno del desarrollo observado se recogerá en doce dimensiones que definen esencialmente las estrategias de tratamiento, para mayor detalle véase la Fig. 4.

Cuadro	Dimensión	
Social	1	Relación social
	2	Capacidades de referencia conjunta (acción, atención y preocupación conjunta)
	3	Capacidades intersubjetivas y mentalistas
Comunicación y Lenguaje	4	Funciones comunicativas
	5	Lenguaje expresivo
	6	Lenguaje receptivo
Anticipación y Flexibilidad	7	Competencias de anticipación
	8	Flexibilidad mental y comportamentales
	9	Sentido de la actividad propia
Simbolización	10	Imaginación y de las capacidades de ficción
	11	Imitación
	12	Suspensión (capacidad de hacer significativo)

Fig. 4 Dimensiones del Lenguaje en TEA

B. Realidad virtual en niños con TEA

La RV es utilizada para enfrentar ciertos trastornos psíquicos. La base terapéutica sobre la que se sustenta esta afirmación está en que son sistemas capaces de generar una realidad alternativa, en la cual los pacientes pueden enfrentar estos trastornos: de imagen personal, trastornos de alimentación, fobias (miedo a volar, claustrofobia, miedo a las alturas, etc.) y de ansiedad. La principal ventaja que presenta el uso de la RV para el tratamiento de estos trastornos es el

hecho de que el paciente se sentirá en un ambiente seguro y en el cual se le permite explorar, interactuar y experimentar. Además de esto, en todo momento se podrá moldear y ajustar el entorno a las necesidades que precise el paciente, permitiéndole enfrentarse a situaciones que pueden llegarle a causar altos niveles de ansiedad [23].

Los niños con TEA son personas que tienen grandes dificultades a la hora de desenvolverse en el mundo real. Las relaciones sociales, la interacción con los demás y la comunicación como principal motor de esta interacción suponen un gran reto para este tipo de personas, llegándoles a crear miedos y ansiedades. Además, estos niños cuanto más difícil se les hace el contacto con el mundo real, más se refugian en el mundo virtual, en el cual se sienten más seguros. El Instituto de Robótica de la Universidad de Valencia desarrolló un sistema inmersivo de Realidad Virtual para apoyar en el proceso cognitivo de personas autistas, lo cual este proyecto fue impulsado por los buenos resultados que mostraban ciertas universidades en la aplicación de estos sistemas.

III. METODOLOGÍA

El diseño de trabajo gira entorno al modelo descriptivo, por el cual se busca indagar sobre el TEA y el conectivismo como principal teoría del aprendizaje basada en las TIC's para ver si las intervenciones basadas en las RV contribuyen a reducir las alteraciones de este trastorno del desarrollo. Además, el presente estudio es de tipo experimental ya que, selecciona una o más variables, a las que se manipula para poder identificar relaciones de causa-efecto entre ellas al comparar la muestra de control con los resultados de la muestra experimental. Para ello uno o más grupos son expuestos a estímulos experimentales y los comportamientos resultantes son comparados a los comportamientos de otros grupos [24]. El diseño es de tipo pre-experimental debido a que se estudiaron dos pruebas de entrada y salida para verificar el efecto del uso de aplicaciones de RV para la terapia del lenguaje de niños autistas, ya que el diseño del estudio es un plan u objetivo obtener ciertas estrategias para la información necesaria para responder al foco del problema [25]. Para ello, mencionaron que un grupo se prueba antes de la estimulación o tratamiento experimental, seguido del tratamiento simplificado, y finalmente al llevar a cabo la estimulación.

Utiliza un enfoque mixto en el que se interrelacionan los métodos cualitativos y cuantitativos, pues los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio [25]. Se utilizó la metodología cuantitativa, en primer lugar, para la descripción medible a través de gráficos, del fenómeno a investigar, TEA y, en segundo lugar, para la creación de técnicas de recogida de información, concretamente cuestionarios para, a partir de

ellos, crear gráficos que reflejen los resultados del estudio.

Por último, para el desarrollo del diagnóstico se utilizaron fuentes primarias, lo cual incluyeron a padres de familia y profesionales de la ONG. Y fuentes secundarias para la investigación documental y la elaboración del marco teórico se consultaron: revistas y publicaciones científicas.

Población: 8 niños de la ONG, se le realizará un Pre-test y un Post-test. Este grupo de niños está conformado por mujeres y hombres, con edades entre los 3 y 7 años, correspondientes al año 2022, los cuales van a ser nuestro objeto de estudio. No se especifica el número exacto por género, ya que lo consideramos que es irrelevante.

Muestra: En vista de que es pequeña la cantidad poblacional con la cual se va a trabajar, en el presente estudio no se ha previsto obtener una muestra adicional. Cabe recalcar, que esta muestra se justifica por la homogeneidad de la población de niños con TEA, lo cual facilita la generalización de los resultados a poblaciones similares. Además, la aplicación de un diseño de estudio controlado y la combinación de métodos contribuyen a fortalecer la validez interna de nuestro estudio, aumentando la validez de nuestros resultados. Asimismo, se priorizó la calidad de los datos sobre la cantidad; lo cual todo ello no solo permite obtener resultados confiables, sino también asegurar su relevancia y aplicación en la salud y educación.

A. Metodología MEDEERV

La Metodología para el Desarrollo de Sistemas Educativos de Realidad Virtual (MEDEERV) ha sido desarrollada específicamente para determinar de forma detallada los componentes de un ambiente tridimensional modelado con técnicas de RV para la creación de un sistema de aprendizaje [26]. Por ello, se diseña específicamente como un ambiente lúdico interactivo donde los usuarios pueden aprender y experimentar libremente con los objetos y entidades representadas en un mundo virtual con el que se interactúa mediante un dispositivo móvil. La Fig. 5 presenta las fases generales de la metodología propuesta en este trabajo, donde la primera etapa de esta metodología, denominada Diseño Sistemático de la Instrucción, se determina la estructura del ambiente, realizando un análisis instruccional de las habilidades subordinadas que se pretenden desarrollar en el ambiente virtual. Este diseño abarca distintos pasos que van, desde la descripción del escenario educativo, hasta la evaluación del aprendizaje. También se toman en cuenta aspectos específicos que permiten la implementación del trabajo grupal, implícito en el desarrollo de las actividades del mundo virtual. En una segunda etapa, se lleva a cabo el Diseño Funcional del sistema, a partir de la estructura proporcionada por el diseño sistemático de la instrucción. En la tercera, se lleva a cabo la realización de las especificaciones técnicas. Aquí deben tomarse en cuenta las características y relaciones funcionales entre cada elemento, cuidando en respetar el estándar establecido y las especificaciones obtenidas del diseño funcional.

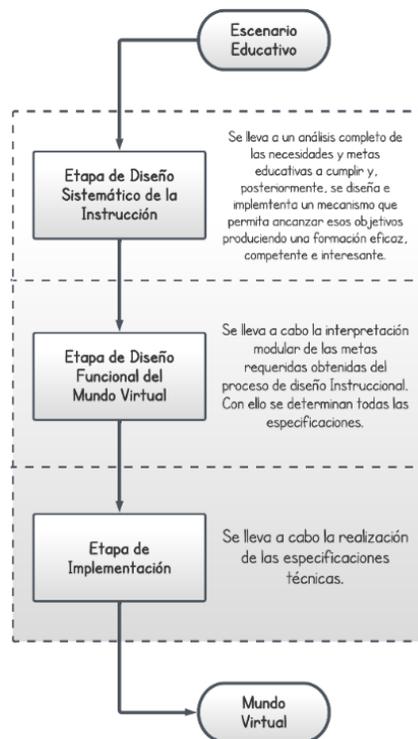


Fig. 5 Metodología MEDEERV

La Fig. 6 detalla los elementos clave en las etapas de la metodología MEDEERV, desde la recopilación de los requisitos para el diseño sistemático de la instrucción, hasta la planificación del diseño del escenario artístico en 3D mediante diferentes técnicas de modelado geométrico.

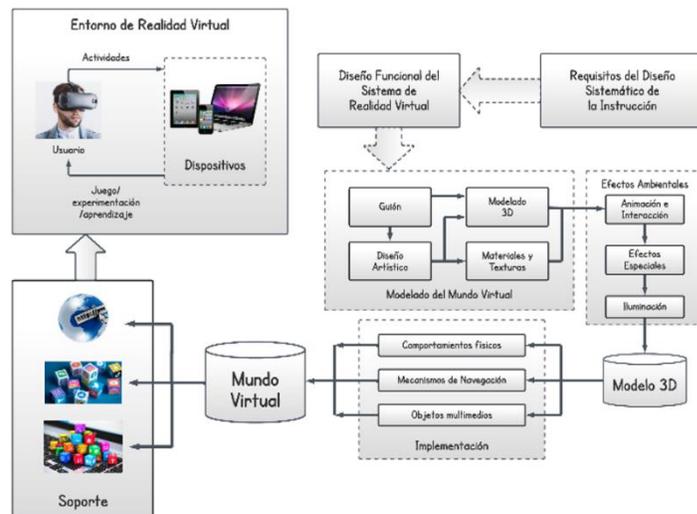


Fig. 6 Detalle de la Metodología MEDEERV

B. Propuesta Tecnológica

A continuación, en la Fig. 7 se presenta la arquitectura del aplicativo móvil basado en la RV diseñado para mejorar la comunicación de niños con TEA, donde, se muestran las características de la RV y sus funciones; asimismo la interfaz del aplicativo móvil y la interacción de los módulos.

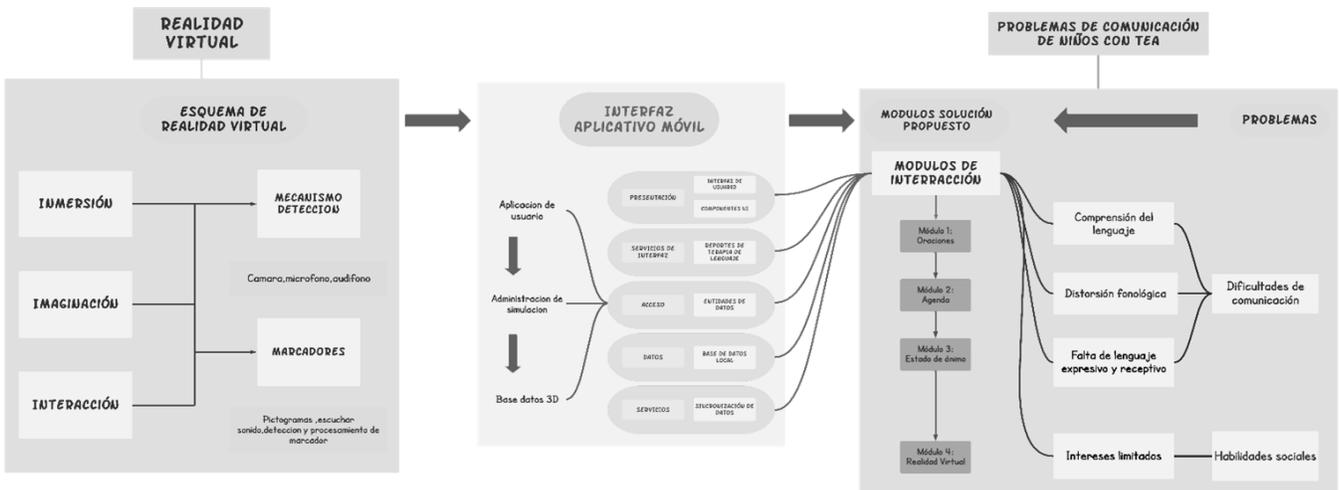


Fig. 7 Arquitectura de la Propuesta Tecnológica

El aplicativo móvil implementado está estructurado por el login, menú principal y 4 módulos. La Fig. 8 presenta la organización del proyecto en carpetas, brindando una visión general de cómo están estructurados los diferentes recursos del aplicativo móvil, incluyendo la disposición de archivos, imágenes, scripts y otros elementos importantes.



Fig. 8 Organización del proyecto en carpetas

Por otro lado, la Fig. 9 presenta el script del menú, detallando las diversas opciones y funcionalidades disponibles que presenta el aplicativo móvil para los usuarios.

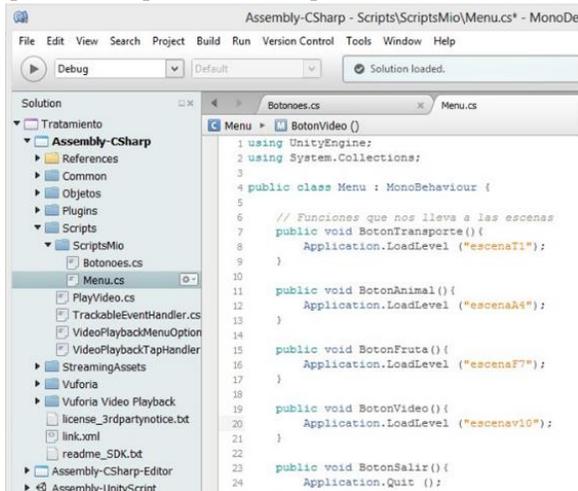


Fig. 9 Script del menú

A continuación, se presentan detalladamente los módulos, lo cual destacan por su funcionalidad y su contribución en la mejora de comunicación e interacción con los niños con TEA:

Módulo 1 – Oraciones: Se consideran los materiales visuales como dibujos, pictogramas, fotografías o símbolos que es de gran ayuda para los niños con autismo, es necesario que la interfaz de este módulo contenga una serie de imágenes y sonidos que ayuda al niño a identificar objetos, números, acciones, etc., y con ello poder formar oraciones (véase la Fig. 10). Para realizar la creación de las oraciones es necesario elegir el tipo de usuario, si el tipo de usuario es el niño se tendrá la opción de elegir una categoría y seleccionar imágenes para crear una oración y poder reproducirla.



Fig. 10 Actividad de Oraciones

Módulo 2 – Agenda: Se personalizará a través de fotografías las actividades que los niños deben realizar en el día. El aplicativo permite elegir el día que desea editar, y seleccionar las imágenes correspondientes a las actividades planeadas. Para la creación de la agenda es necesario que el usuario con el rol del administrador elija el día y las acciones que el niño deberá de realizar.

Módulo 3 – Estado de ánimo: Este apartado contiene imágenes que representan los diferentes estados de ánimo, por ejemplo: enojado, aburrido, triste, enfermo, cansado y feliz, como se puede observar en la Fig. 11. El niño elegirá la imagen respecto a su estado de ánimo, inmediatamente se desplegará

una lista de imágenes editadas por el administrador, que mostrarán diferentes actividades. El niño seleccionará lo que quiere realizar y lo que no desea hacer ese día.



Fig. 11 Actividad de estado de ánimo

Módulo 4 – Realidad Virtual: En este módulo se utilizará la cámara del dispositivo para visualizar algunas imágenes que son de uso cotidiano (ejemplo: cepillo de dientes, vaso, cuchara, ropa, etc.) en 3D, como se observa en la Fig. 12. Para ello, se conecta a un servidor, que aloja una base de datos que contiene toda la información generada y servicios web para el consumo y post de datos. Finalmente, se puede decir que el sistema del aplicativo será ágil y sustentable para que los niños puedan acceder de manera fácil y cumplir los objetivos de lograr una comunicación efectiva con la ayuda del aplicativo usando para ello la RV.

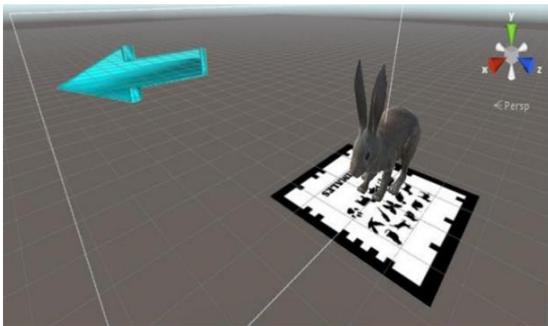


Fig. 12 Implementación de RV

C. Instrumento

El instrumento con el que se va a medir nuestra propuesta tecnológica consta de un Pre-test y Post-test considerando el Test Illinois de Aptitudes Psicolingüísticas (ITPA). El modelo clínico del ITPA es una adaptación del modelo de comunicación de Osgood [26]. Se produjeron ciertas alteraciones en el modelo teórico debidas a la observación clínica y a problemas prácticos de construcción de test para darle una mayor aplicabilidad en el campo educativo y especialmente en la educación encaminada a la intervención. En la Fig. 13 se puede observar el modelo clínico del ITPA.

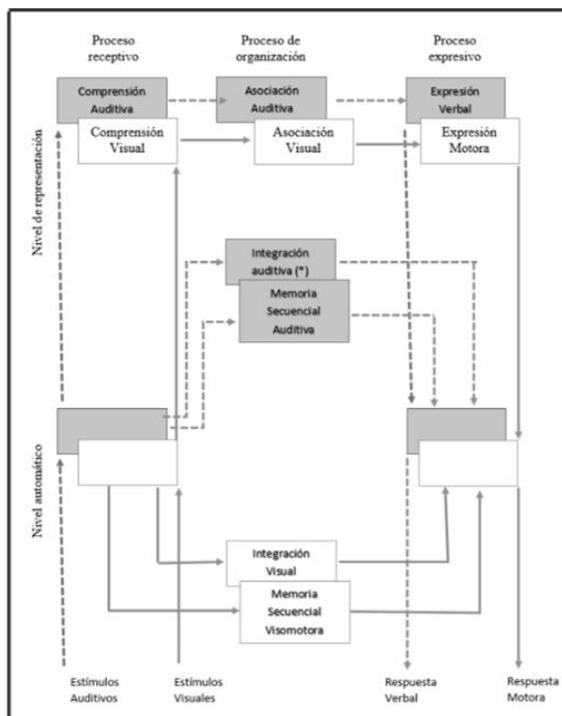


Fig. 13 Modelo Clínico del ITPA. Tomado de [26]

A continuación, podemos apreciar el aplicativo móvil implementado utilizado por el niño:

- Menú principal: En la Fig. 14 podemos observar a la niña ingresando al menú principal.



Fig. 14 Aplicativo implementado

- 4 módulos: En la Fig. 15a y 15b se puede observar que la niña está jugando en los módulos.



(a) (b)
Fig. 15 (a) Módulo de oraciones, (b) Juego de abecedario

Cabe recalcar que, para llevar a cabo la implementación de este enfoque, se analizaron los costos que abarca el aplicativo

móvil y el desarrollo de habilidades para mejorar la comunicación y el funcionamiento social de los niños con TEA. El costo fue de 5000\$, para mayor detalle véase la tabla 1:

TABLA I
COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

Costos	Descripción	Total S/.
Costos directos	Analista de diseño y programación	\$ 1200
	Desarrollador de software	\$ 1200
	Especialista en TEA	\$ 1050
Costos indirectos	Útiles de oficina (Hojas bond, tinta para impresiones, lápíceros, etc)	\$ 20
	Internet /Luz	\$ 30
Costos fijos	Laptop /Impresora	\$ 0
	Adquisición de hardware	\$ 800
Costos variables	Costos de software	\$ 550
	Costo de capacitación	\$ 150
TOTAL		\$ 5000

IV. RESULTADOS

Para obtener los resultados se utilizó el software SPSS de IBM aplicando la prueba “t” de Student para muestras relacionadas, el cual nos ayudó a comparar las diferencias entre las dos variables (Pre-test y Post-test).

Prueba de Hipótesis: Tomando en cuenta la hipótesis planteada “Aplicativo Móvil basado en Realidad Virtual para mejorar la comunicación de niños con TEA, se han identificado como variable independiente: Aplicativo móvil basado en realidad virtual, mientras que la variable dependiente: Mejora la comunicación de niños con TEA de 3 a 7 años. Posterior a ello se realizó prueba de la hipótesis.

Existen varias formas de llevar a cabo la prueba de hipótesis, ya sea en forma abstracta o directa. La tabla 2 muestra los resultados de la prueba de normalidad, lo cual se consideró el de Shapiro-Wilk, donde el valor de PreTestPsicolingüística es de 0.376 y el de PostTestPsicolingüística de 0.004. Por otro lado, la tabla 3 indica que los datos obtenidos son mayores a 0.05, por lo tanto, las variables provienen de una distribución normal.

TABLA II
PRUEBA DE NORMALIDAD – PRETEST Y POSTTEST

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PreTestPsicolingüística	,232	8	,200	,913	8	,376
PostTestPsicolingüística	,324	8	,013	,724	8	,004

TABLA III
COMPARACIÓN DE PRUEBA DE NORMALIDAD – PRETEST Y POSTTEST

Normalidad	
P-Valor (PreTest)=0.376	> a = 0.05
P-Valor (PostTest)=0.004	> a = 0.05

La tabla 4, muestra los resultados de la estadística de muestras emparejadas, donde la media para los datos PreTestPsicolingüística es de 6,0250 y PostTestPsicolingüística de 8,1625. La Fig. 16 muestra los

resultados de la prueba de muestras emparejadas con un sig. de 0.002, lo cual es menor que 0.05.

TABLA IV
ESTADÍSTICAS DE MUESTRAS EMPAREJADAS – PRETEST Y POSTEST

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
PreTestPsicolingüística	60,250	8	116,955	,41350
PostTestPsicolingüística	81,625	8	127,608	,45116

	Diferencias emparejadas							
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
PreTestPsicolingüística	-2.1375	1.24549	,44035	-3.178776	-1.09624	-4.854	7	,002
PostTestPsicolingüística								

Fig. 16 Prueba de muestra emparejadas – PreTest y PostTest

Según los resultados obtenidos hay una diferencia significativa en las medidas de las variables antes y después del aplicativo. Por lo cual, se concluye que el aplicativo si tiene efectos significativos sobre la mejora de comunicación de los niños con TEA. Como 8,1625 es mayor que 6,0250, se rechaza la hipótesis nula, entonces la aplicación móvil basada en RV para mejorar la comunicación de niños con TEA, logra mejorar la comunicación con TEA, ayudándolos a interactuar con la realidad externa y generalizar los objetos iguales con características distintas, captando la atención del mismo, sobre el nivel de significancia de 0,005.

En la Fig. 17 se puede evidenciar que después de la aplicación del programa, todos los niños presentan un avance en su edad psicolingüística.

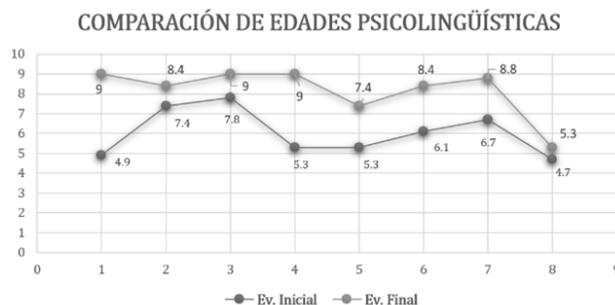


Fig. 17 Comparación de edades Psicolingüística

En la Fig. 18 y Fig. 19 se puede evidenciar los porcentajes obtenidos después de la aplicación del programa, lo cual hay una notable mejoría, todos los niños presentan un avance en las distintas áreas.

Áreas Psico.	Ev. Inicial	% Avance	% Acumulado	Ev. Final	% Avance	%Acumulado
Exp. Verbal	44.6	27%	27%	49.3	23%	23%
Int. Gramatica	43.1	26%	52%	53.9	25%	48%
Int. Auditiva	31.9	19%	71%	44.6	21%	69%
A. Visual	48.2	29%	100%	65.3	31%	100%
	167.8	100%		213.1	100%	

Fig. 18 Cuadro de comparación de áreas

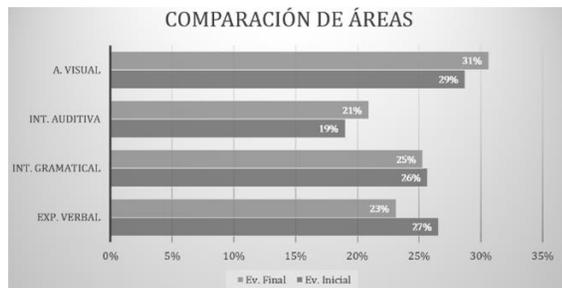


Fig. 19 Gráfico de comparación de Áreas

Después de la implementación del aplicativo móvil basado en RV, se examinó su impacto a largo plazo, lo cual consistió en evaluar si los resultados obtenidos se mantienen y/o mejoran mediante un seguimiento continuo de 4 meses, después de que los niños hayan participado en el programa inicial. Durante este seguimiento, se llevaron a cabo evaluaciones en el hogar y escuela para conocer las habilidades comunicativas de cada niño, involucrando a padres y a profesionales para la recopilación de información acerca del uso del aplicativo móvil y sus efectos en la comunicación de los niños. Finalizado el periodo, los resultados fueron alentadores, ya que indican que los niños mejoran su comunicación en diversos contextos fuera de la ONG, además estos resultados nos dicen que no son solo efectivas durante el programa, sino que también tiene un impacto duradero.

V. CONCLUSIONES

El desarrollo de un aplicativo móvil basado en realidad virtual representa un paso significativo en la mejora de la comunicación calidad de vida de los niños con TEA de 3 a 7 años, según los resultados obtenidos. Es importante este tipo de intervenciones educativas con la ayuda de la RV para mejorar la comunicación de niños con TEA, a través de situaciones ficticias pero que imitan situaciones reales de la vida cotidiana, influir de forma positiva en la reducción de los déficits o alteraciones características de TEA. No obstante, debemos destacar dos contratiempos que pueden surgir en cuanto a estas intervenciones, como, los recursos disponibles y la temporalidad para realizarlas. Se sugiere seguir investigando y optimizando esta herramienta con el objetivo de maximizar su impacto y alcance.

REFERENCIAS

[1] Centers for Disease Control and Prevention, 1 Jul. 2020. [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/autism/stories.html>

[2] Minsalud, "Día Mundial del Autismo: comprendámosla desde todo el espectro," 2022. [Online]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/>

[3] G. Soledad, M. Andrés, and F. Carmen, "A proposal of intervention for children with autism spectrum disorder through dialogical reading and augmented reality," pp. 135-150, Dec. 2019, doi: 10.46583/edetania_2019.56.483

[4] Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables, "Plan Nacional para las Personas con Trastorno del Espectro Autista," 2021. [Online]. Available: https://conadisperu.gob.pe/observatorio/wpcontent/uploads/2019/02/PLA_N_TEA_2019-2021.pdf

[5] F. Mulas, "El paradigma de los trastornos del neurodesarrollo," *Revista de Neurología*, vol. 60, no. 1, S1- S1, 2015, doi: 10.33588/rn.60S01.2015026

[6] D. Garrido, G. Carballo, V. Franco and R. García-Retamero, "Dificultades de comprensión del lenguaje en niños no verbales con trastornos del espectro autista y sus implicaciones en la calidad de vida familiar," *Revista de Neurología*, vol. 60, no. 5, pp. 207-214, 2015. [Online]. Available: <http://www.neurologia.com/sec/resumen.php?or=web&i=e&id=2014226>

[7] M. Ferreira, G. Coronel, and M. Rivarola, "Revistas pmi," 01 Ag. 2021. [Online]. Available: <https://www.revistaspmi.org.py/index.php/rvpsmi/article/view/202/193>.

[8] D. Alejandro, S. Franklin, B. Jimena, V. Carlos, C. José, and C. Abel, "Comprehensive oral language of children from 6 to 11 years with autism spectrum disorder (asd) included in regular basic education institutions of metropolitan lima and callao", 2017

[9] V. Jenny, H. Carlos, and R. Blanca, "Aplicación móvil para ayudar al aprendizaje de niños autistas," *Research in Computing Science*, vol. 75, 2014

[10] G. Mónica, C. José, and C. Mercé, "La tecnología móvil. Una herramienta para la mejora de la inclusión digital de las personas con TEA," *Universidad de la República Uruguay*, vol. 7, no. 2, pp. 227-251, 2017, doi: 10.26864/PCS.v7.n2.10

[11] S. Natalia, L. Kathleen, R. Jennifer, D. Kendra, B. Lou, and L. Erik, "A Virtual Reality System for Practicing Conversation Skills for Children with Autism", *Multimodal Technologies and Interaction*, vol.3, no. 2, Apr. 2019, doi: 10.3390/mti3020028

[12] L. Muñoz, G. Quintana, and L. Niño, "Modelo computacional para la identificación de endofenotipos y clasificación de pacientes con artritis reumatoide a partir de datos genéticos, serológicos y clínicos, utilizando técnicas de inteligencia computacional," *Revista Colombiana de Reumatología*, vol. 22, no.2, pp. 90-103, Jun. 2015, doi: 10.1016/j.rcreu.2015.05.005

[13] Marco, P. Pérez-Jordá, F. Verbraak, and A. Avan der, "Use in clinical practice of an automated screening method of diabetic retinopathy that can be derived using a diagnostic artificial intelligence systemUse en la práctica clínica, de un método de cribado automatizado de retinopatía diabética derivable mediante un sistema de inteligencia artificial de diagnóstico," *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, vol. 96, no. 3, pp 117 – 126, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.oftale.2020.08.002

[14] Y. Cheng, C. Huang, and C. Yang, "Using a 3D Immersive Virtual Environment System to Enhance Social Understanding and Social Skills for Children With Autism Spectrum Disorders," *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, vol. 30, no. 4, Apr. 2015, doi: 10.1177/1088357615583473

[15] C. Manetta and R. Blade, "Glossary of virtual reality terminology," *International Journal of Virtual Reality* 1995. [Online]. Available: <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/encuentro/issue/view/3561/184>

[16] S. Aukstakalnais, "The art of science of Virtual reality," 1992

[17] W. Sherman and A. Craig, "Understanding Virtual Reality", 2002 [Online]. Available: <https://www.elsevier.com/books/understanding-virtual-reality/sherman/978-1-55860-353-0>

[18] J. Vallejo. Introducción a la psicopatología y la psiquiatría. 5ª ed., 2002

[19] F. Cuxart i Fina and M. C. Jané i Ballabriga. Evolución conceptual del término 'autismo': una perspectiva histórica. 1998

[20] J. A. Marín Casanova. Arterias de la sociedad del siglo XXI. Las TIC como herramienta multidisciplinar. Estudios de caso. Sevilla: Egregius, 2018. [Online]. Available: <https://ri.ufg.edu.sv/jspui/bitstream/11592/9402/1/Arterias%20de%20la%20sociedad%20del%20siglo%20XXI.pdf>

[21] F. Rogel. Autismo. 2005 [Online]. Available: <http://www.scielo.org.mx/pdf/gmm/v141n2/v141n2a9.pdf>

[22] A. Mayor, "Posibilidades educativas de la realidad virtual inmersiva," *Dialnet*, 2016

[23] G. Schreiber and S. Avissar, Historia de la psicofarmacología. *Ed. Médica Panamericana*. Vol. 3, pp. 1677-1854, 2007

[24] M. Tamayo and Tamayo. El proceso de la Investigación científica. 4ª Edición. *Limusa Noriega Editores*, 2004

[25] S. Hernandez. Metodología de la investigación. 6ª edición. *Mc Graw Hill Education*, 2000

[26] S. A. Kirk, J. J. McCarthy, and W. D. Kirk, W. ITPA Manual Test Illinois de Aptitudes Psicolingüísticas. 6ª edición, TEA Ediciones, 2004