



ARTÍCULO ESPECIAL

Tecnologías de apoyo a la rehabilitación e inclusión. Recomendaciones para el abordaje de niñas, niños y adolescentes con trastornos del neurodesarrollo

Assistive technologies for rehabilitation and inclusion. Recommendations for treatment of children and adolescents with neurodevelopmental disorders

Rodrigo Cubillos-Bravo^{a,b}, Daniela Avello-Sáez^b ✉

^a Teletón. Chile.

^b Terapia Ocupacional, Departamento de Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del Artículo:

Recibido: 17 08 2022
Aceptado: 11 10 2022

Key words:

Neurodevelopmental Disorders; Assistive Technology; Support Technology; Rehabilitation; Social Inclusion.

Palabras clave:

Trastornos del Neurodesarrollo; Tecnologías Asistivas; Tecnologías de Apoyo; Rehabilitación; Inclusión Social.

RESUMEN

Los trastornos del neurodesarrollo presentan una gran diversidad entre ellos, pudiendo generar dificultades funcionales o alguna discapacidad que requiera de asistencia tecnológica. Hoy, sin embargo, solo 1 de cada 10 personas que la necesitan, acceden a ella. Estas tecnologías de apoyo se definen como cualquier producto, equipo, software, o tecnología adaptada o especialmente diseñada, para mantener o incrementar las capacidades funcionales de niños, niñas y adolescentes en situación de discapacidad, convirtiéndose en un facilitador para la participación en actividades cotidianas en contexto educativo, de juego, y familiar. Lo anterior, permite generar oportunidades en la mejora en las habilidades de procesamiento, de comunicación y de interacción, siendo en la actualidad las tecnologías herramientas fundamentales en los procesos de inclusión. Existen diferentes tipos de tecnologías de apoyo, dependiendo de su naturaleza, nivel tecnológico y lógicas de operación. Este artículo comenta una gama de tecnologías utilizables en la clínica, como lo son las tecnologías de la información, sistemas de comunicación alternativas aumentativas, dispositivos tecnológicos de música, realidad virtual, juegos serios, relojes inteligentes, tableros electrónicos y Kinect, todos con evidencia científica de su efectividad en personas con trastornos del neurodesarrollo.

ABSTRACT

Neurodevelopmental disorders have a great diversity among them, generating functional difficulties and disabilities which may require technological assistance. Currently, however, only 1 out of 10 people who need this assistance, have access to it. These assistive technologies are defined as any product, equipment, software, or technology adapted or specially designed to maintain or increase the functional capabilities of children and adolescents with disabilities, becoming a facilitator for participation in daily activities in educational,

✉ Autor para correspondencia

Correo electrónico: daniela.avello@uc.cl

<https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2022.10.003>

e-ISSN: 2531-0186/ ISSN: 0716-8640/© 2021 Revista Médica Clínica Las Condes.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



play, and family contexts. This generates opportunities for the improvement of processing, communication, and interaction skills, making these technologies nowadays, fundamental tools in inclusion processes. Different types of assistive technologies are available, depending on their nature, technological level, and operation logic. This article comments a range of technologies that can be used in the clinic, such as information technologies, augmentative alternative communication systems, music technology devices, virtual reality, serious games, smart watches, electronic boards and Kinect, which have scientific evidence of their effectiveness in people with neurodevelopmental disorders.

INTRODUCCIÓN

Los trastornos del neurodesarrollo (TND) son un conjunto de comportamientos y síntomas heterogéneos de origen multifactorial, de inicio precoz en la vida y de curso crónico, que agrupan los trastornos del desarrollo intelectual, de la comunicación, del espectro autista, por déficit de atención e hiperactividad, trastornos del desarrollo motor y trastornos específicos del aprendizaje^{1,2}. Existe una gran diversidad entre ellos, siendo poco común que se manifiesten de forma individual, presentando una alta tasa de trastornos co-existentes y múltiples diagnósticos, lo que se asocia a disfunción y/o discapacidad en varias áreas²⁻⁴.

La discapacidad es una interacción compleja, entre las alteraciones de las estructuras corporales y funciones de las personas, y el contexto o ambiente, como un facilitador o entorpecedor⁵. Lo anterior determinará el nivel de funcionamiento de los niños, niñas y adolescentes (NNA) y permitirá además detectar las dificultades de apoyo en el desempeño ocupacional, lo cual resulta trascendental para generar los apoyos tecnológicos para mejorar la accesibilidad, aprendizajes, interacción social, autonomía y participación de los infantes.

Así mismo, cerca del 15% de la población mundial experimenta actualmente una discapacidad, y casi todo el mundo experimentará una, ya sea temporal o permanente, durante su vida⁶. De la totalidad de personas con discapacidad, el 2 al 4% presenta dificultades funcionales significativas y requiere asistencia tecnológica⁷, sin embargo, solo 1 de cada 10 personas que la requiere, accede a ella⁸.

Los actuales enfoques de abordaje de los TND privilegian el foco en los NNA, sus familias y comunidades², debido a que el desarrollo en esta etapa es el de mayor celeridad y es la base para un desempeño ocupacional óptimo en las etapas posteriores de la vida⁹.

Sobre esta temática de gran relevancia, la Organización Mundial de la Salud (OMS) fomenta el uso de las tecnologías para la rehabilitación que van a apoyar la accesibilidad y señala que se debe entregar cobertura en términos de selección y prescripción para las personas que lo requieran¹⁰, complementándose con los objetivos de desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en la que se hace énfasis en el desarrollo de comunidades accesibles^{11,12}.

Este artículo busca difundir y entregar recomendaciones en torno al uso de las tecnologías de apoyo basadas en la evidencia para niños, niñas y adolescentes con trastornos del neurodesarrollo, debido a sus implicancias en la vida diaria y clínica.

DISEÑO UNIVERSAL Y DISEÑO UNIVERSAL PARA EL APRENDIZAJE

En las dos últimas décadas, las principales tecnologías convencionales se han vuelto cada vez más accesibles para las personas con discapacidad, debido a que el enfoque de diseño universal, permite que los productos sean más útiles para personas con alguna discapacidad. Por ejemplo, se han integrado a los productos opciones de accesibilidad en los distintos sistemas operativos, diferentes alternativas de visualización, variabilidad en el tamaño de texto y existen dispositivos susceptibles de ser adaptados según la funcionalidad del usuario¹³.

El diseño universal o diseño para todos, que originalmente proviene de la arquitectura, es el diseño, producción y elaboración de productos, que pueden ser utilizados por todas las personas -incluyendo a las personas con discapacidad- sin necesidad de un diseño adaptado o especializado^{13,14}.

Bajo la perspectiva de que la discapacidad se genera entre la interacción de las personas con el ambiente, la importancia de contar con un entorno que disminuya las barreras entre lo que la persona puede y lo que desea hacer es vital, para aumentar los espacios de participación y, con esto, generar inclusión social. Además, en los NNA se vuelve trascendental que estos procesos de inclusión se den en el ámbito educativo, no sólo desde el diseño universal de los productos, sino que también desde el diseño universal para el aprendizaje (DUA)¹⁵.

Lo anterior se debe a que en el sistema tradicional existen obstáculos que limitan las posibilidades de aprendizaje, por lo que el diseño universal para el aprendizaje propone optimizar este proceso, basado en la evidencia científica de cómo aprende el ser humano y ofreciendo estrategias para su implementación en la educación¹⁶⁻²⁰. El DUA, además propone generar estrategias de accesibilidad, tanto en el entorno físico, como los servicios y soluciones educativas, favoreciendo la inclusión en cuatro niveles: a) del alumno a nivel individual, b) la escuela, c) la comunidad y d) políticas públicas, en-

contrándose todos interconectados, la evidencia apoya que los tres últimos niveles impactan a nivel individual, como se representa en la figura 1^{5,19}. Las tecnologías cobran especial relevancia, debido a que se pueden utilizar como estrategias de enseñanza y recursos pedagógicos en actividades educativas para promover una mayor funcionalidad de los NNA²¹.

El diseño universal y diseño universal del aprendizaje se complementan, ya que la tecnología permite crear planes de estudio y entornos para el aprendizaje inclusivos desde sus cimientos, es decir, reduce las barreras; sin embargo, pensar que solamente las tecnologías de apoyo permiten la inclusión, es ilusorio, ya que un diseño universal para el aprendizaje requiere que componentes como la pedagogía, las técnicas, los métodos, los procesos en el aula y los planes de estudio sean accesibles²².

LAS TECNOLOGÍAS DE APOYO A LA REHABILITACIÓN E INCLUSIÓN

La tecnología se encuentra presente en la vida diaria, lo que hace que nuestras tareas cotidianas sean más sencillas de realizar¹³. Las tecnologías de apoyo a la rehabilitación o dispositivos de asistencia son cualquier producto, equipo, *software*, o tecnología adaptada o especialmente diseñada, para mantener o incrementar las capacidades funcionales de personas en situación de discapacidad^{13,23}.

Estas tecnologías permiten que NNA puedan desenvolverse adecuadamente, o permiten en parte compensar alguna limitación, para desempeñarse en el hogar, el colegio, y la comunidad, e in-

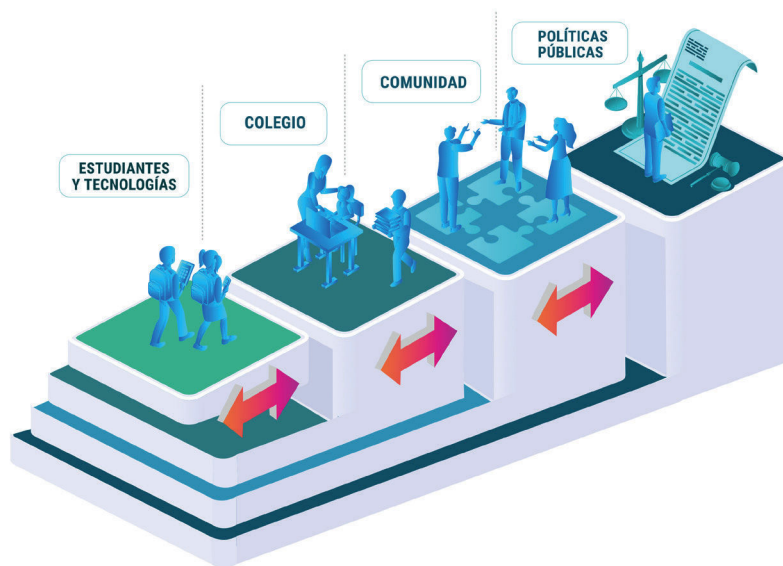
corporan una amplia gama de productos desde los más sencillos como una agenda visual de baja tecnología que ayude a organizar la rutina de la semana, hasta un asistente con inteligencia artificial²⁴. Pueden permitir que los NNA con TND se cuiden a sí mismos, estudien, accedan a información a través de la lectura y la conexión con internet vía dispositivos como computadores, celulares o tablets, y puedan disfrutar de actividades de autocuidado, juego, ocio y tiempo libre como la música, los deportes, los viajes y las artes, así como participar de la vida comunitaria, potenciando su autonomía y desempeño satisfactorio en ocupaciones²⁵.

Además, dichas tecnologías benefician a los padres y/o cuidadores, familiares, profesores y compañeros de colegios y a todas las personas que interactúan con ellas. Los NNA con TND y sus cuidadores, en conjunto con el equipo de salud, pueden decidir si requieren o no una de estas tecnologías, dependiendo de sus ocupaciones cotidianas, modo de vida, y recursos, y que tipo de tecnologías pueden ser más útiles según cada caso^{26,27}.

MODELO DE TECNOLOGÍA ASISTIVA DE LA ACTIVIDAD HUMANA

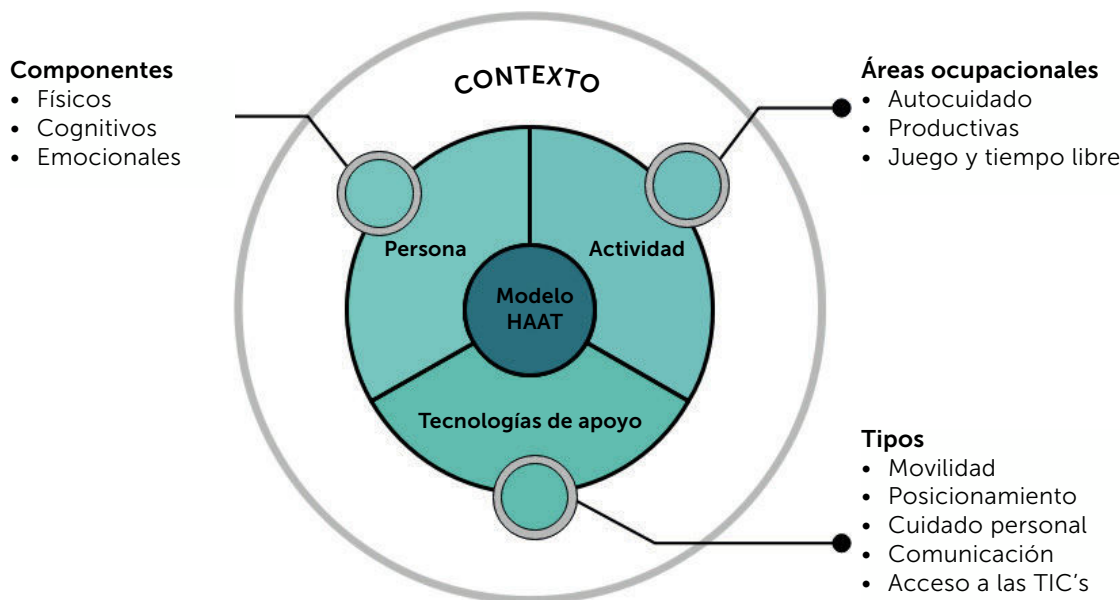
El modelo HAAT por sus siglas en inglés de *Human Activity Assistive Technology* describe al ser humano realizando actividades con tecnologías de apoyo, en diversos contextos representada en la figura 2, como entornos educativos, espacios de juego, ambiente familiar, entre otros; el énfasis está en la actividad y contexto, y la tecnología de apoyo se introduce y adapta a las necesidades de las personas y no se considera como el elemento trascendental¹³.

Figura 1. Tecnologías de apoyo y diseño universal del aprendizaje^{5,19}



Las políticas públicas, la comunidad y colegio impactan en la inclusión de los y las estudiantes al sistema educativo, y las tecnologías de apoyo se vuelven un facilitador para los NNA.

Figura 2. Adaptación propia del modelo de tecnología asistiva de la actividad humana²⁴



El modelo HAAT complementa la interacción entre las personas y sus componentes físicos, cognitivos y emocionales; las actividades de autocuidado como son la alimentación, el uso del baño, movilidad en la comunidad, las productivas como la educación y el trabajo; y las tecnologías de apoyo que incluyen todos los recursos, ya sean fabricados, adaptados o diseñados específicamente para ayudar a las personas con discapacidad para superar desafíos, o mitigar barreras de participación, y según su función se pueden clasificar en: movilidad y desplazamiento; posicionamiento y descanso; cuidado personal y protección; comunicación, información y señalización; y acceso al computador y otras TIC's.

Este modelo se aplica, al identificarse una actividad deseada o una actividad interferida, por ejemplo, como que el NNA pueda tomar apuntes en la escuela, a lo que se deben identificar los pasos que componen la actividad, como tomar el lápiz, sostener el cuaderno u hoja donde se escribirá, poner atención a los que se dicta. Asimismo, también se debe identificar el contexto, que en este caso será la sala de clases; y cual la relación entre la actividad y el contexto, determinando de esta manera el conjunto de habilidades que requiere la persona para el desempeño de la actividad¹³.

Si existe una brecha entre las habilidades requeridas para completar la tarea y las habilidades del NNA, se debe considerar el uso de una tecnología de apoyo para ayudar o reemplazar la actividad requerida, por lo que en este caso se podría utilizar un dispositivo que ayude a sostener el lápiz o para grabar los contenidos de la clase.

INFLUENCIAS HISTÓRICAS DE LA TECNOLOGÍA EN LA INCLUSIÓN DE NNA CON TND

Se documenta el uso de las tecnologías de asistencia a lo largo de la historia. Las tecnologías de asistencia se inician cuando el ser humano decide utilizar herramientas del entorno para realizar de una forma más adecuada una actividad, como utilizar una madera para reemplazar un miembro, por ejemplo²⁸⁻³⁰.

Las guerras han sido grandes impulsoras del desarrollo de las tecnologías de apoyo, desde la guerra civil en los Estados Unidos hasta las guerras mundiales del siglo XX, sobre todo en lo relacionado con las limitaciones físicas. No obstante, en la medida de que los materiales y la tecnología avanzaban, los desarrollos en el área de apoyos de la audición, visión y cognitivos también han ido en aumento¹³.

El desarrollo tecnológico en rehabilitación ha presentado importantes avances en las últimas décadas, impulsadas por perspectivas interprofesionales desde la medicina y salud, biología, ingeniería, y educación. Lo anterior, con la finalidad de mejorar el acceso y uso a equipamientos, sistemas y dispositivos, así como en favorecer el desempeño ocupacional y capacidad funcional de las personas con discapacidad^{26,27}.

TIPOS DE TECNOLOGÍAS DE APOYO

Las tecnologías de apoyo para la rehabilitación ayudan a las personas a mejorar o recuperar sus funciones para facilitar la accesibilidad. Existen diferentes tipos dependiendo de su naturaleza y función (Figura 3).

Accesibilidad digital

Las tecnologías de la información y la comunicación, que incluyen los computadores, *tablets* y teléfonos celulares, se encuentran en

Figura 3. Tipos de tecnologías de apoyo



Los tipos de tecnologías se pueden clasificar según su nivel tecnológico, el tipo de discapacidad que presenta el usuario de estos dispositivos o las lógicas de operación (sea esta alternativa, aumentativa o sustitutiva). Adaptación propia de Roca J. et al., 2004³¹.

la mayoría de hogares y colegios³². El acceso a internet es más crítico para niños con discapacidades que para la población general, debido a que, en la actual sociedad del conocimiento, permite oportunidades educativas y laborales futuras, sumado a que en los entornos virtuales permiten el intercambio y comunicación de una manera similar^{13,33} a los NNA que no tienen un TND.

Sin embargo, para los NNA con dificultades cognitivas, la complejidad de los sistemas operativos y los sitios web o aplicaciones, pueden impedir o limitar su uso, para ello muchos de los dispositivos traen incluidos comandos de voz que son activables o accesibilidad integrada, así como el uso de calculadoras y correctores ortográficos para NNA con dificultades en el aprendizaje.

Además, encontramos botones de encendido y apagados que muchas veces son pequeños y difíciles de activar, por lo que se recomienda el uso de dispositivos táctiles como *tablets* que pueden mantenerse prendidas permanentemente, algunas de ellas, requieren de movimientos rápidos para ejecutar ciertas funciones, la evidencia señala que muchos NNA con TND pueden navegar a través de varias páginas y combinar símbolos³⁴, otros requieren utilizar comandos de voz³⁵. Existen pequeñas adaptaciones, que pueden incorporar accesorios como lápices con puntas de goma, o *mouse* que se pueden conectar a ellas, para protegerlas se pueden utilizar carcasas, las que a las vez sirven para posicionarlas de diferentes formas; de igual forma, se pueden conectar a audífonos *bluetooth* que permiten mayor libertad en el movimiento¹³, este es solo un ejemplo del potencial de adaptación que tienen estas herramientas. Estas no sólo entregan el acceso a información o entretenimiento, sino que también bajo un uso supervisado permiten el contacto social y compañía.

En otros casos, se requiere de adaptaciones mayores, ya sean con teclados *“big keys”* o *“megamouses”* como muestra la figura 4, pero lo importante de la adaptación es que se puedan utilizar las funciones principales del dispositivo, lo que quiere decir que la adaptación debe dar respuesta a las funciones y ejecuciones del *software*.

Sistemas de comunicación alternativas aumentativas

Muchos de los NNA con TND tienen problemas significativos para interpretar la comunicación verbal y no verbal, así como para relacionarse con otros. Estas son habilidades trascendentales para desempeñarse en la vida cotidiana, especialmente en lo educativo y social³⁷.

Es por ello que surgen los sistemas de comunicación aumentativos y alternativos (CAA). Los primeros, complementan el lenguaje oral, en el caso de que un NNA no logre entablar una comunicación efectiva con el entorno, y los segundos sustituyen el lenguaje, en el caso de que éste no sea comprensible o se encuentre ausente. En ambos casos permiten la interacción y sociabilización con otros³⁸. Incorporan una amplia gama de intervenciones y tecnologías orientadas a potenciar la competencia de comunicación que se encuentra reducida³⁹.

La CAA puede ser utilizada con el propio cuerpo como la lengua de señas y gestos, o incorporar equipos externos de baja o alta complejidad.

Los equipos de baja complejidad utilizan figuras, iconos impresos, tableros de comunicación con dibujos, en los que se requiere que los NNA señalen iconografías, letras o palabras (Figura 5). Por ejem-

Figura 4. Teclado y ratón adaptados para personas con limitación en la movilidad³⁶



plo, se pueden intercambiar tarjetas con imágenes para solicitar información o realizar una solicitud. Son ampliamente versátiles y se pueden fijar a un libro o superficie con velcro para permitir que se puedan quitar e intercambiar. Sus ventajas incluyen portabilidad, factibilidad de creación de nuevos materiales de bajo costo, y baja probabilidad de pérdida o daño³⁷.

Los de alta complejidad, habitualmente utilizan aplicaciones para celulares, *tablets* o computador como dispositivos generadores de voz, en casos de que exista una deficiencia importante en la comunicación. Cada vez se están volviendo más portátiles y menos costosas³⁷.

Además, encontramos las tecnologías de seguimiento ocular las cuales utilizan sensores para capturar los movimientos de los ojos y se pueden aplicar a las intervenciones de CAA en NNA con TND motores graves, con la finalidad de generar interacción con el computador³⁹⁻⁴¹. A través de estas tecnologías pueden controlar el puntero del *mouse*, en la que el usuario mantiene su mirada en una ubicación deseada durante un periodo de tiempo específico y se activa el cursor, debido a la detección de una cámara y luces infrarrojas. Mejora el funcionamiento psicosocial y su uso y efectividad se encuentra documentado en gran número de investigaciones^{42,43}.

Otras adaptaciones menores de CAA asociadas al uso del computador, se vincula con cambios en la organización de la pantalla, por ejemplo, agrupar los íconos por color facilita la búsqueda, debido a que reduce los distractores, lo que ayuda en la velocidad para encontrar objetos⁴⁴. Así mismo, una adaptación ambiental que mejora la función visual al momento de utilizar el computador es utilizar luz ultravioleta (también denominada luz negra) por sobre la luz blanca⁴⁵, existiendo una amplia gama de ampollitas y lámparas en el mercado. De igual forma, otra adaptación sencilla, es utilizar la opción de zoom o lupa para agrandar imágenes y textos.

La participación colaborativa entre profesionales de la medicina, terapia ocupacional, fonoaudiología, educación, tecnología médica, la familia y a la comunidad cercana a los NNA, es esencial para el mejor resultado de estos procesos. Es muy importante tener claros los roles de cada profesional que interviene en el proceso de instauración de un sistema de comunicación alternativa aumentativa.

Figura 5. Comunicación alternativa aumentativa³⁶



Dispositivos tecnológicos y música

Las personas de todos los grupos etarios escuchan música, incluyendo a los NNA, como una actividad de ocio y juego así como para controlar y regular el estado anímico⁴⁶. La evidencia señala que se utiliza la música y sonido como una forma de terapia en NNA del espectro autista⁴⁷, influyendo positivamente en la producción del habla, así como del funcionamiento social. Del mismo modo, existe evidencia preliminar para otros TND⁴⁸.

Por ello el uso de dispositivos para escuchar música se vuelve muy importante, para aprovechar sus propiedades terapéuticas. Diversos estudios señalan que enseñar a la persona a operar dispositivos para escuchar música como reproductores multimedia, *tablets*, celulares inteligentes, entre otros, es beneficioso⁴⁹.

Un procedimiento que ha resultado efectivo para enseñar a utilizar estos dispositivos es el video modelado, en la que se enseña a operar el dispositivo para escuchar música, dando efectos positivos en un 80% de los casos estudiados, efecto que se mantiene en el tiempo⁵⁰. La ventaja de este método, es que los NNA pueden recurrir al video las veces que sea necesario para replicar el procedimiento, generando así un aprendizaje profundo.

Realidad virtual

La realidad virtual incorpora elementos simulados que modifican, alteran o reemplazan el mundo físico, con información o datos sintéticos a través de estímulos visuales, auditivos, táct-

tiles, e incluso olfativos, que puedan generar en el usuario una experiencia inmersiva⁵¹⁻⁵⁴. En otras palabras, el usuario de realidad virtual tiene una noción psicológica de la realidad representacional de la experiencia, de ahí la importancia de la inmersión, debido a que este entorno rodea a la persona, lo que genera la percepción de estar envuelto, incluido y en interacción con el ambiente como muestra la figura 6⁵⁴. El usuario acepta su experiencia de la ficción como verosímil mientras dure la experiencia inmersiva e interactiva. Se cuenta con vasta evidencia que demuestra su eficiencia y aplicabilidad en los TND⁵¹⁻⁵⁴.

Su aplicabilidad con fines terapéuticos se encuentra particularmente evidenciada en personas del espectro autista, ya sea a través de simulación de experiencias conversacionales en ambientes realistas o de experiencias cotidianas a través de tareas y desafíos^{53,54}. La efectividad ha sido medida en el desarrollo de habilidades para desempeñar actividades de la vida diaria, así como, en habilidades cognitivas, de regulación y reconocimientos de emociones, habilidades sociales y de comunicación, por lo que se recomienda su uso en la práctica clínica⁵¹⁻⁵⁴. Si bien se justifica su aplicación, se requiere generar procesos de seguimiento a los sujetos involucrados para comprobar la efectividad de los tratamientos a largo plazo⁵¹.

Figura 6. Uso de lentes de realidad virtual inmersiva para actividades terapéuticas



Juegos serios

Son juegos que pueden incorporar textos, gráficos, animaciones, audio, estímulos de tacto y movimiento, y el aspecto serio viene dado, por cargar algún mensaje o aporte para el jugador, ya sea conocimiento, habilidad o algún contenido en general⁵⁵.

El término se ha popularizado, específicamente en los videojuegos, denominados como *serious games*, que son aplicaciones o *softwares*, que no tienen como objetivo principal el entretenimiento, el disfrute o la diversión, sino que son creados con propósitos formativos, con el potencial de mejorar la experiencia del usuario en los campos de la educación, el entrenamiento, la salud o la comunicación interpersonal⁵⁶.

Se deben considerar una serie de aspectos, en la creación y diseño de un *serious game* terapéutico, como procesos evaluativos, para ofrecer entrenamiento personalizado en las áreas y sub-áreas comprometidas. Su uso debe ser constante a través del tiempo y el nivel de dificultad debe ser ajustado a las competencias de los NNA, reforzando positivamente los logros. Es el profesional a cargo quien debe mantener una postura comprensiva de los videojuegos, que abarque tanto sus usos problemáticos (trastorno de adicción a los juegos de video) como también su potencial⁵⁶.

Un elemento importante para el éxito de un *serious game* es la perspectiva que los diseñadores y profesionales de la salud contribuyan de forma interdisciplinaria en el desarrollo de éste y que puedan recurrir a distintas modalidades perceptivas, haciendo uso de varios de estos recursos de forma simultánea. Por ejemplo, integrar tecnología háptica (tacto/movimiento) a una experiencia audiovisual podría añadir un elemento concreto a la experiencia de aprendizaje en juegos educativos, así como suplir una dimensión que puedan manejar aquellos usuarios con discapacidades visuales o auditivas. Vale destacar que el exceso de estímulos perceptibles distintos podría entorpecer también la experiencia general⁵⁵.

Así mismo, es relevante que pueda estimular una sensación de presencia virtual o conexión y que pueda contribuir al bienestar social en la vida real de los NNA. En otras palabras, que la experiencia del *serious game* no conlleve una experiencia alienante para el usuario⁵⁶.

Debería, además, contar con una jugabilidad adaptable, lo que quiere decir que debe acomodarse a las capacidades de cada jugador, así como sus necesidades e intereses. Por ejemplo, el juego puede adaptarse tomando en consideración la edad, el género, y el estado físico y psicológico del NNA, igualmente, es necesario levantar estándares de evaluación heurísticas para los juegos serios para que estos adquieran mayor credibilidad entre el público general. Ya que, en la actualidad, no existe una manera estandarizada de indicar el nivel de seriedad del juego⁵⁵.

Los juegos deben ser creados basados en datos sensoriales del mundo real, para así reconstruir lo más precisamente posible el mundo real. Para llegar, es necesario desarrollar métodos y técnicas que permitan transformar y procesar datos sensoriales crudos para crear mundos virtuales completamente funcionales. Otras informaciones sensoriales pueden ser leídas desde la fisiología humana del jugador e integrada dentro del ambiente del juego.

Otros factores por considerar son la gestión del tiempo, el control de inhibiciones, el razonamiento, la naturaleza competitiva, y la transferencia de las habilidades desarrolladas a instancias de la vida diaria. Así como permitir la interacción social, ya que algunos de ellos se pueden jugar en grupo y en línea.

Actualmente la evidencia respalda su uso en rehabilitación cognitiva en pacientes diagnosticados por trastorno de déficit de atención con hiperactividad (TDAH), debido a que mejora la sintomatología y adherencia al tratamiento, además algunos juegos cuentan con una alta precisión para evaluar las características de este trastorno⁵⁶.

Relojes inteligentes

Son considerados dispositivos tecnológicos vestibles, y cuentan con evidencia incipiente para abordar tratamientos de TND, los que se han utilizado en la regulación de emociones, debido a que se le pueden instalar aplicaciones o algunos de estos cuentan con funciones del tipo recordatorio para regular la respiración, generar instancias de meditación, beber agua, o salir a dar un paseo que permiten generar instancias de regulación emocional frente al estrés⁵⁶.

Tableros didácticos electrónicos

Son tableros o tabletas que permiten manipular objetos a través de la motricidad fina (Figura 7), sumado a la estimulación cognitiva, pueden entregar estímulos visuales, táctiles y auditivos, para la ejecución de tareas y actividades, como memorice, laberintos, uso de interruptores, llaves de agua, etc., en la que se ha demostrado que el motivar a los NNA a completar la ejecución del tablero estimula las áreas cerebrales relacionada con las funciones motoras y cognitivas, lo que reveló cambios más significativos en la habilidad de los niños a la hora de concentrarse y realizar la tarea. Comparado con métodos de entrenamiento de mano tradicionales, la estimulación multisensorial es más efectiva a la hora de atraer la atención de los niños con trastornos del neurodesarrollo, y a mejorar la experiencia del usuario y con ello su compromiso con la tarea⁵⁷.

Kinect y sensores ópticos de movimiento

Kinect de Microsoft, es un dispositivo periférico, con sensor y cámara integrada, que permite jugar de forma interactiva con una consola Xbox, debido a que captura la información sobre la postura y el movimiento del usuario por medio de emisión y recepción laser. Cuenta también con reconocimiento y comandos de voz (Figura 8).

Figura 7. Tablero interactivo "Miro" del sistema Tyromotion



Un tablero interactivo se refiere a una superficie tipo pantalla táctil con la que se pueden realizar actividades de evaluación y terapéuticas parametrizables.

Su variedad de *serious games* y su aplicabilidad somatosensorial ha permitido su uso como herramienta terapéutica en NNA con TND, encontrándose entre sus beneficios el entrenamiento de la comunicación y lenguaje, el movimiento, integración sensorial y simulación de actividades de la vida cotidiana generando impactos positivos en la capacidad integral de los NNA^{58,59}.

Figura 8. Plataforma de rehabilitación virtual en base a sensor de captura de movimientos Microsoft Kinect®



CONCLUSIONES

Las tecnologías de apoyo son variadas en términos de nivel tecnológico y lógicas de operación, pudiendo ir desde lo más sencillo como adaptaciones a los dispositivos existentes, hasta herramientas especializadas como tableros interactivos o uso de realidad virtual con los NNA con TND. Los estudios revisados, evidencian la pertinencia del uso de las tecnologías asistivas como herramientas para la rehabilitación e inclusión, en términos de eficacia para el desarrollo de habilidades sociales, emocionales, sensoriales y motoras.

Son consideradas, además, un facilitador para la participación en actividades cotidianas dentro del contexto educativo, lúdico, familiar y otros para NNA con TND, generando oportunidades en la mejora en sus habilidades de procesamiento, de comunicación y de interacción, siendo en la actualidad herramientas fundamentales en procesos de inclusión.

Este artículo, busca generar difusión de las tecnologías para la rehabilitación, debido a las carencias presentes en los profesionales de la salud en esta línea emergente de especialización. En la medida que haya un mayor uso de dichas tecnologías, se espera que los costos se tornen mas accesibles, incrementando las opciones a los usuarios.

Se sugiere, ampliar su uso a través de la incorporación desde temprana edad, llevando su aplicabilidad hacia el mundo educativo, social y familiar. En el caso de los profesionales es ideal incorporar el conocimiento desde su formación en el pregrado para conocimientos generales y profundizar a través de especialización en el

postgrado. Ya que al tener conocimiento y dominio sobre las tecnologías se asistencia pueden desarrollar una visión crítica considerando costo-beneficios de su aplicación y no solamente “confiar” en el discurso de los proveedores.

Hay que mantener presente que uno de los riesgos inherente a estas tecnologías son las expectativas, debido a que las tecnologías de apoyo pueden entregar una ilusión normalizadora frente al desempeño de las actividades a través de un producto de apoyo. Sin duda son facilitadores, pero no necesariamente generan una inclusión por sí solas.

Las tecnologías van a continuar desarrollándose, nuevas herramientas aparecerán, de esperar mejores y de uso más masivo, los equipos de salud y educación deben estar preparados para poder colaborar e implementarlas. Es importante generar evidencia e investigaciones futuras que permitan desarrollar intervenciones específicas para el bienestar de los NNA con TND y su entorno social.

Consideraciones éticas

Los tutores de la paciente han aprobado y firmado el consentimiento informado para la publicación de la imagen incluida en este artículo.

Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APA. American Psychiatric Association. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5*. 5th ed. DSM-5 Task Force, ed. American Psychiatric Association. Washington, DC: American Psychiatric Publishing, a division of American Psychiatric Association; 2013.
2. López I, Förster J. Trastornos del neurodesarrollo: dónde estamos hoy y hacia dónde nos dirigimos. [Neurodevelopmental Disorders: Where we are today and where we're going]. *Rev Med Clin Condes*. 2022;33(4):367-378. doi: 10.1016/j.rmclc.2022.06.004
3. Ismail FY, Shapiro BK. What are neurodevelopmental disorders? *Curr Opin Neurol*. 2019;32(4):611-616. doi: 10.1097/WCO.0000000000000710.
4. Dubner SE, Youssef J. Trauma, Autism, and Neurodevelopmental Disorders: Integrating Research, Practice, and Policy. *J Dev Behav Pediatr*. 2020;41(3):179
5. OMS-OPS. Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud. *Clasificación Internacional del Funcionamiento de la discapacidad y la Salud: CIF. En Español*. Madrid, España: Grafo S.A; 2001.
6. WHO. World Health Organization. *Disability*. 2022 [citado 2022 Jun 28]. Disponible en: https://www.who.int/health-topics/disability#tab=tab_1
7. Salhi I, Qbadou M, Gouraguine S, Mansouri K, Lytridis C, Kaburlasos V. Towards Robot-Assisted Therapy for Children With Autism-The Ontological Knowledge Models and Reinforcement Learning-Based Algorithms. *Front Robot AI*. 2022;9:713964. doi: 10.3389/frobt.2022.713964.
8. WHO. World Health Organization. *Assistive technology*. 2018 [citado 2022 Jun 28]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/assistive-technology>
9. López I, Legüe M. Comer, jugar y amar, tres ingredientes críticos para el neurodesarrollo. *Rev Med Clin Condes*. 2022;33(4):3363-3377.
10. WHO. World Health Organization. *Assistive product specifications and how to use them*. Global Disability Innovation Hub; 2021. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/339851/9789240020283-eng.pdf>
11. ONU. Organización de las Naciones Unidas. *ONU hace énfasis en el acceso a las tecnologías para las personas con discapacidad*. Departamento de asuntos económicos y sociales. 2022 [citado 2022 Jul 11]. Disponible en: <https://www.un.org/es/desa/persons-with-disabilities>
12. ONU. Organización de las Naciones Unidas. *La agenda para el desarrollo sostenible. Objetivos de desarrollo sostenible*. 2022 [citado 2022 Jul 26]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>

13. Cook AM, Polgar JM. *Assistive Technologies. Principles and Practice*. Fourth Ed. USA: Elsevier Inc; 2015.
14. Sanford JA. *Universal design as a rehabilitation strategy: Design for the ages*. Springer Publishing Company; 2012.
15. Blanco R, Aguerrondo I, Ouane A, Shaeffer S. *La educación inclusiva: El camino hacia el futuro*. En: Conferencia Internacional de Educación. Ginebra, Suiza: Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura; 2008.
16. UNESCO. *The Salamanca Statement and Framework for action on special needs education*. 1994. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000098427_spa
17. Galkiene A, Monkeviciene O. *Improving Inclusive Education Through Universal Design for Learning*. Cham: Springer International Publishing AG; 2021. doi: 10.1007/978-3-030-80658-3
18. Meier BS, Rossi KA. *Removing Instructional Barriers with UDL*. Kappa Delta Pi Rec. 2020;56(2):82-88. doi:10.1080/00228958.2020.1729639
19. Meyer A, Rose DH, Gordon D. *Universal Design for Learning: Theory and Practice*. Wakefield, MA: CAST Professional Publishing; 2014.
20. *Inclusive School Leadership. Exploring Policies Across Europe. Supporting Inclusive School Leadership (SISL)*. European Agency for Special Needs and Inclusive Education; 2019. Disponible en: https://www.european-agency.org/sites/default/files/sisl_synthesis_report.pdf
21. Oliveira ARP, Gonçalves AG, Bracciali LMP. *Diseño Universal para el Aprendizaje y Tecnología de Asistencia: ¿Complementarias o Excluyentes? [Desenho Universal para Aprendizagem e Tecnologia Assistiva: Complementares ou Excludentes?] [Universal Design For Learning And Assistive Technology: Complementary Or Excluding?]* Rev Iberoam Estud Educ. 2021;16(4):3034-3052. doi: 10.21723/riee.v16isp.4.16066
22. Rose D, Hasselbring T, Stahl S, Zabala J. Chapter 26: *Assistive technology and universal design for learning: Two sides of the same coin*. En: *Handbook of Special Education Technology Research and Practice*. Knowledge By Design, Inc.; 2005:507-518. Available from: [http://craigcunningham.com/nlu/tie536fall09/Assistive Technology and UDL_TwoSidesoftheCoin.pdf](http://craigcunningham.com/nlu/tie536fall09/Assistive%20Technology%20and%20UDL_TwoSidesoftheCoin.pdf)
23. U.S. Government. *Assistive technology act of 2004*. Public Law United States; 2004:1707-1737. Disponible en: <https://www.congress.gov/bill/108th-congress/house-bill/4278>
24. NIH. *National Institutes of Health. About Rehabilitative and Assistive Technology*. Rehabilitative and Assistive Technology. 2018 [citado 2022 Jul 14]. Disponible en: <https://www.nichd.nih.gov/health/topics/rehabtech/conditioninfo>
25. NIH. *National Institutes of Health. How does rehabilitative technology benefit people with disabilities?. Rehabilitative and Assistive Technology*. 2018 [citado 2022 Jul 18]. Disponible en: <https://www.nichd.nih.gov/health/topics/rehabtech/conditioninfo/help>
26. *Assistive technology industry association. What is AT? AT Resources*. 2022 [citado 2022 Jul 25]. Disponible en: <https://www.atia.org/home/at-resources/what-is-at/>
27. Martínez M, Ríos A. *La tecnología en rehabilitación: una aproximación conceptual*. Rev Cienc Salud. 2006;4(2):98-108. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56240209>
28. Takechi H. *History of prostheses and orthoses in Japan*. Prosthet Orthot Int. 1992;16(2):98-103. doi: 10.3109/03093649209164319.
29. Birdane L, Cingi C, Elçiöğlü Ö, Muluk NB. *The development of artificial organs and prostheses worldwide and in the Ottoman Empire*. J Med Biogr. 2016;24(3):323-327. doi: 10.1177/096772014533056.
30. Spaulding SE, Kheng S, Kapp S, Harte C. *Education in prosthetic and orthotic training: Looking back 50 years and moving forward*. Prosthet Orthot Int. 2020;44(6):416-426. doi: 10.1177/0309364620968644
31. Roca J, Roca J, Del Campo ME. *De las ayudas técnicas a la tecnología asistiva*. Tecnol Educ y Divers Retos y Real Ia Inclusión Digit: Actas del III Congr Nac Tecnol Educ y Divers. 2004;235-240. Disponible en: https://sid-inico.usal.es/docs/F8/FDO22197/de_las_ayudas_tecnicas.pdf
32. Carpio-Brenes MA. *La tecnología asistiva como disciplina para la atención pedagógica de personas con discapacidad intelectual*. Actual Investig en Educ. 2012;12(2):1-27. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44723437018>
33. Flores M, Musgrove K, Renner S, Hinton V, Strozier S, Franklin S, et al. *A comparison of communication using the Apple iPad and a picture-based system*. Augment Altern Commun. 2012;28(2):74-84. doi: 10.3109/07434618.2011.644579.
34. Alzrayer NM, Banda DR, Koul R. *Teaching children with autism spectrum disorder and other developmental disabilities to perform multistep requesting using an iPad*. Augment Altern Commun. 2017;33(2):65-76. doi: 10.1080/07434618.2017.1306881.
35. Achmadi D, Kagohara DM, van Der Meer L, O'Reilly MF, Lancioni GE, Sutherland D, et al. *Teaching advanced operation of an iPod-based speech-generating device to two students with autism spectrum disorders*. Res Autism Spectr Disord. 2012;6(4):1258-1264. doi: 10.1016/j.rasd.2012.05.005
36. Shutterstock. *Dase de datos de imágenes*. disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/>
37. Ganz JB. *Aided augmentative communication for individuals with autism spectrum disorders*. Autism and Psychopathology Series. 2014:1-148.
38. Abadín DA, Delgado CI, Vigara A. *Comunicación Aumentativa y Alternativa: Guía de referencia*. CEAPAT. 2009;3(2):6-12. Disponible en: <http://www.ceapat.es/InterPresent2/groups/imsero/documents/binario/comunicacionaumentativayalterna.pdf>
39. Graziola F, Garone G, Grasso M, Capuano A. *Cognitive Assessment in GNAO1 Neurodevelopmental Disorder Using an Eye Tracking System*. J Clin Med. 2021;10(16):3541. doi: 10.3390/jcm10163541
40. Light J. *Toward a Definition of Communicative Competence for Individuals Using Augmentative and Alternative Communication Systems*. Augment Altern Commun. 1989;5(2):137-144. doi: 10.1080/07434618912331275126
41. Karatekin C. *Eye tracking studies of normative and atypical development*. Dev Rev. 2007;27(3):283-348. doi: 10.1016/j.dr.2007.06.006
42. Ramdoss S, Lang R, Mulloy A, Franco J, O'Reilly M, Didden R, et al. *Use of Computer-Based Interventions to Teach Communication Skills to Children with Autism Spectrum Disorders: A Systematic Review*. J Behav Educ. 2011;20(1):55-76. doi: 10.1007/s10864-010-9112-7
43. Branson D, Demchak M. *The use of augmentative and alternative communication methods with infants and toddlers with disabilities: a research review*. Augment Altern Commun. 2009;25(4):274-286. doi: 10.3109/07434610903384529
44. Wilkinson KM, Madel M. *Eye Tracking Measures Reveal How Changes in the Design of Displays for Augmentative and Alternative Communication Influence Visual Search in Individuals With Down Syndrome or Autism Spectrum Disorder*. Am J Speech Lang Pathol. 2019;28(4):1649-1658. doi: 10.1044/2019_AJSLP-19-0006.
45. Williams C, Northstone K, Borwick C, Gainsborough M, Roe J, Howard S, et al. *How to help children with neurodevelopmental and visual problems: a scoping review*. Br J Ophthalmol. 2014;98(1):6-12. doi: 10.1136/bjophthalmol-2013-304225
46. Lonsdale AJ, North AC. *Why do we listen to music? A uses and gratifications analysis*. Br J Psychol. 2011;102(1):108-134. doi: 10.1348/000712610X506831.
47. Shahrudin FA, Dzulkarnain AAA, Hanafi AM, Jamal FN, Basri NA, Sidek SN, et al. *Music and Sound-Based Intervention in Autism Spectrum Disorder: A Scoping Review*. Psychiatry Investig. 2022;19(8):626-636. doi: 10.30773/pi.2021.0382
48. Mayer-Benarous H, Benarous X, Vonthron F, Cohen D. *Music Therapy for Children With Autistic Spectrum Disorder and/or Other Neurodevelopmental Disorders: A Systematic Review*. Front Psychiatry. 2021;12:643234. doi: 10.3389/fpsy.2021.643234

49. Kagohara DM, van der Meer L, Ramdoss S, O'Reilly MF, Lancioni GE, Davis TN, et al. Using iPods® and iPads® in teaching programs for individuals with developmental disabilities: a systematic review. *Res Dev Disabil.* 2013;34(1):147-156. doi: 10.1016/j.ridd.2012.07.027
50. Kagohara DM, Sigafos J, Achmadi D, van der Meer L, O'Reilly MF, Lancioni GE. Teaching students with developmental disabilities to operate an iPod Touch® to listen to music. *Res Dev Disabil.* 2011;32(6):2987-2992. doi: 10.1016/j.ridd.2011.04.010
51. Karami B, Koushki R, Arabgol F, Rahmani M, Vahabie AH. Effectiveness of Virtual/Augmented Reality-Based Therapeutic Interventions on Individuals With Autism Spectrum Disorder: A Comprehensive Meta-Analysis. *Front Psychiatry.* 2021;12:665326. doi: 10.3389/fpsy.2021.665326
52. Zhang M, Ding H, Naumceska M, Zhang Y. Virtual Reality Technology as an Educational and Intervention Tool for Children with Autism Spectrum Disorder: Current Perspectives and Future Directions. *Behav Sci (Basel).* 2022;12(5):138. doi: 10.3390/bs12050138
53. Mesa-Gresa P, Gil-Gómez H, Lozano-Quilis JA, Gil-Gómez JA. Effectiveness of Virtual Reality for Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorder: An Evidence-Based Systematic Review. *Sensors (Basel).* 2018;18(8):2486. doi: 10.3390/s18082486
54. Parsons S. Authenticity in Virtual Reality for assessment and intervention in autism: A conceptual review. *Educ Res Rev.* 2016;19:138-157. doi: 10.1016/j.edurev.2016.08.001
55. Laamarti F, Eid M, El Saddik A. An overview of serious games. *Int J Comput Games Technol.* 2014;2014: 1-15. doi:10.1155/2014/358152
56. Rodrigo-Yanguas M, González-Tardón C, Bella-Fernández M, Blasco-Fontecilla H. Serious Video Games: Angels or Demons in Patients With Attention-Deficit Hyperactivity Disorder? A Quasi-Systematic Review. *Front Psychiatry.* 2022;13:798480. doi: 10.3389/fpsy.2022.798480
57. Wang Z, Cui L, Guo W, Zhao L, Yuan X, Gu X, et al. A design method for an intelligent manufacturing and service system for rehabilitation assistive devices and special groups. *Adv Eng Inform.* 2022;51:101504. doi: 10.1016/j.aei.2021.101504
58. Ma X, Yang J. Development of the Interactive Rehabilitation Game System for Children with Autism Based on Game Psychology. *Mob Inf Syst.* 2021; Volume 2021, Article ID 6020208, 9 pages. doi: 10.1155/2021/6020208
59. Phelan SK, Wright V, Gibson BE. Representations of disability and normality in rehabilitation technology promotional materials. *Disabil Rehabil.* 2014;36(24):2072-2079. doi: 10.3109/09638288.2014.891055