



## SISTEMA INTERACTIVO TERAPÉUTICO PARA NIÑOS CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA

Interactive therapeutic system for children with autistic spectrum disorder

EVELYN GARNICA ESTRADA, CARLOS ANDRÉS PENAGOS CORTES, ROLAND NEFTALÍ MARTÍNEZ ANGULO

Corporación Universitaria Republicana, Colombia

---

### KEY WORDS

*Autism  
Robotics  
Interface  
Training  
Therapeutic  
Software*

### ABSTRACT

*This project focuses on children with autism (scientifically called Autism Spectrum Disorder - ASD). It presents an interactive system whose main objective is to help the development of social and motor skills through the accompaniment of the Bioloid robot in humanoid configuration, which is programmed to interact with training routines oriented to physical activity, communication, and socialization.*

---

### PALABRAS CLAVE

*Autismo  
Robótica  
Interfaz  
Entrenamiento  
Terapéutico  
Software*

### RESUMEN

*El presente proyecto se enfoca en los niños con autismo (científicamente denominado Trastorno del Espectro Autista - TEA), donde se presenta un sistema interactivo que tiene como objetivo principal, ayudar al desarrollo de habilidades sociales y motrices a través del acompañamiento del robot Bioloid en configuración humanoide, el cual es programado para interactuar con rutinas de entrenamiento orientadas a la actividad física y a su vez a la comunicación y socialización.*

Recibido: 16/ 08 / 2021

Aceptado: 24/ 09 / 2021

## 1. Introducción

El trastorno del espectro autista (TEA) es una afección neurológica y de desarrollo que inicia en la niñez y permanece toda la vida. Principalmente, afecta el comportamiento y la interacción con otras personas, afectando los procesos de comunicación y aprendizaje (NIH, 2020).

Según Rapin (1997), los niños y niñas con autismo presentan deficiencia de la comprensión y del uso comunicativo del diálogo y los gestos. Además, tienen dificultades para aprender habilidades de interacción social (expresiones faciales, tonalidad de la voz y movimiento del cuerpo), en muchos casos el contacto humano hace que se sientan abrumados y esto hace que no logren socializar, ni interactuar fácilmente con sus padres, compañeros, maestros e incluso con los terapeutas que les brindan tratamiento.

Está comprobado que los principales signos síntomas de autismo son déficit de sociabilidad, de comunicación recíproca verbal y no verbal, así como la limitación de actividades e intereses del niño(a) (Coleman, 1992).

Todo ello hace que las personas que presentan dicho trastorno perciban la realidad de una forma diferente, dificultándoles la conexión con el entorno, la comunicación con otros y provocando que su desarrollo se vea alterado de forma significativa.

Este problema afecta a la población colombiana y al mundo entero, “según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo padece uno de cada 160 niños en el mundo. En cuanto a Colombia, los cálculos son de 115.000 casos en todo el país” (OMS, 2019, parr. 6), los casos presentados han demostrado que se puede encontrar personas que tienen asociada una discapacidad intelectual y otras que no (Bogdashina, 2016), y ante la tasa significativa de casos reportados a lo largo de los años se ha demostrado que, si no se tiene un tratamiento adecuado desde temprana edad, sufrirán consecuencias severas en su edad más adulta.

La Liga Colombiana de Autismo (2021) resalta, que la condición del TEA, no puede limitarse a una visión clínica de trastorno o una forma anómala del desarrollo, sino que, por el contrario, como una expresión de la diversidad

humana; en la cual la persona transita una ruta diferente en el proceso de construcción socio cultural, por tanto, como grupo de investigación comprometido con el impacto social, con este proyecto se pretende apoyar esta visión de la Liga Colombiana de Autismo y así, poder aportar a la mejora de la calidad de vida de las personas que padecen esta condición.

En ese sentido, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo la mediación con robots puede ayudar a mejorar las habilidades de interacción y destrezas motrices en niños y niñas que padecen TEA?

Se ha comprobado en diferentes investigaciones que las terapias asistidas por robots son efectivas y se proyectan como potenciales herramientas no solo de terapia sino también de monitoreo y de evaluación; la tecnología disponible en el ámbito de la robótica social y la inteligencia artificial permite ser un apoyo en el diseño y construcción de estrategias para mejorar habilidades en niños (Garnica et al., 2016), en ese sentido, se puede determinar el alcance de la plataforma robótica a programar BIOLOID como instrumento o recurso para llevar a cabo terapias que promuevan la atención, la comunicación y la imitación en niños y niñas.

## 2. Justificación

De acuerdo con la revisión de literatura presentada por Talero et al. (2003), el trastorno del espectro autista presenta desórdenes de comunicación en diferentes aspectos del lenguaje, desde la fonología, prosa (ritmo y melodía del habla), sintaxis (gramática y orden de las palabras), semántica (vocabulario y significado del lenguaje), pragmática (uso comunicativo y conversacional del lenguaje).

Es así como, el uso comunicativo y conversacional del lenguaje es de interés para el trabajo de investigación propuesto, debido a que la alteración en la recepción y expresión en todos los niños con autismo como, por ejemplo, la interpretación de tonos de voz, posturas corporales, evitación de la mirada, preferencia por no hablar con otras personas, falta de interés o dificultad para iniciar, seguir o finalizar conversaciones; y ante estas condiciones los niños y niñas presentan dificultades para el desarrollo de la actividad física.

Por otra parte, los vínculos que se pueden tener entre robots y personas ya han sido estudiados en diversas investigaciones alrededor del mundo. Para el caso del autismo, existen estudios que comprueban la eficiencia de la inclusión de robots en las terapias con niños y niñas, porque a ellos les resulta más fácil interactuar con objetos que con otro ser humano. De acuerdo con estos estudios, los robots tienen la capacidad de tomar el rol de terapeuta y evitar el rechazo de parte de los niños, lo que significa poder tener más y mejores avances en los tratamientos.

Actualmente, no hay referencia de la existencia de un único tratamiento para el TEA. Existen diversas formas de maximizar la capacidad de los niños para aprender nuevas habilidades y fortalecerlas. Los tratamientos incluyen terapias de comportamiento y de comunicación, desarrollo de habilidades y/o medicamentos para controlar los síntomas (Asociación Estadounidense de Psiquiatría, 2014).

Con el presente proyecto se plantea generar una alternativa de terapia funcional y experimental, ya que los desarrollos tecnológicos junto con la robótica en el contexto social y educativo permite tener un método de intervención en el marco de terapia para el Trastorno de Espectro Autista asistida con robots.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

Diseñar e implementar un sistema interactivo terapéutico para niños con trastorno del espectro autista (TEA) mediante el empleo de la plataforma robótica Bioloid para fomentar la actividad física y fortalecer las habilidades sociales y comunicativas.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

1. Caracterizar el tipo de terapias que utilizan los profesionales en el tratamiento en niños con TEA.
2. Generar rutinas programables en el Robot con la secuencia de movimientos del entrenamiento.

3. Implementar un sistema de reconocimiento facial para detección de emociones para conocer el estado de ánimo de los niños antes y después del entrenamiento.

## **4. Marco Referencial**

### **4.1. Trastorno del espectro autista (TEA)**

Autismo, es sinónimo de la pérdida del contacto con la realidad, Eugene Bleuler, psiquiatra suizo quien en 1908 acuñó e introdujo el término derivado de la palabra griega autos, que significa “a sí mismo”, por tanto, la palabra “autista” inicialmente fue empleada para definir personas retraídas o encerradas en sí mismas (De Rozental, 1993).

Eugene Bleuler, se refería al autismo para describir a sus pacientes esquizofrénicos. Además, realizó numerosos aportes al campo de la psicología y de la salud mental debido a que observaba a sus pacientes y los medicaba a nivel global teniendo como referente los escritos de Sigmund Freud (Rivera, 2014). A través del tiempo, después de estudiar a un grupo de niños con este síndrome, se clasificó como autismo infantil para señalar las dificultades de adaptación a la hora de establecer lazos sociales consistentes.

En efecto, mientras que el autismo infantil es un estado relativamente estable, existen signos anunciadores de un riesgo de evolución esquizofrénica en tres cuartas partes de los niños (Garrabé, 2012).

En la actualidad este síndrome no tiene cura; sin embargo, las terapias e intervenciones han comprobado que disminuyen los efectos y dificultades y, de esta forma, se puede mejorar la calidad de vida de los niños. Una de las terapias más tradicionales consiste en hacer que el niño o la niña, en sesiones de juego dirigido, efectúe ciertas acciones y movimientos o reciba determinados estímulos sensoriales con el fin de ayudarlo a percibirlos, procesarlos e integrarlos adecuadamente (Mulas et al., 2010).

### **4.2. Consideraciones del trastorno del espectro autista (TEA)**

Existe una serie de patrones comunes del desarrollo en los niños y niñas que sirven de

referencia para identificar posibles señales de alerta para la detección del TEA, estos patrones se basan en la adquisición de una serie de habilidades esperadas en torno a los 12, 18 y 24 meses de edad (Confederación Autismo España, 2014).

Sin embargo, el síndrome de espectro autismo puede variar en cada niño o niña presentando sintomatología leve sin mucha relevancia o por el contrario síntomas muy notorios que determinan la presencia del trastorno. Por lo anterior, es fundamental que el diagnóstico lo realice un experto en el tema como lo son neurólogos, médicos, psicólogos, psiquiatras, en ocasiones, otros profesionales especialistas en este tipo de síndrome.

Las señales de alerta que ayudan a identificar a un niño autista en el transcurso de los primeros 18 meses de vida son:

- Poco interés en el entorno.
- Escaso contacto ocular
- No mira hacia donde otros señalan
- Al cabo de 4 meses de vida no muestra sonrisa social.
- No muestra interés ni respuesta ante el rostro materno.
- No es capaz de diferenciar a los familiares.
- Falta de interés en juegos interactivos.
- Llanto no justificado de tiempo prolongado.

De acuerdo con estos síntomas, se establece que, para la detección de este síndrome, los especialistas se basan en una conducta observable para determinar el síndrome espectro autista en un niño o niña, cabe resaltar la importancia de

Un diagnóstico precoz es la clave para acceder cuanto antes a una atención temprana específica y especializada, que resulta esencial para favorecer el desarrollo y la calidad de vida de los niños y niñas con autismo, al mismo tiempo que favorece el bienestar emocional de las familias. (Ayres, 1972, p. 112)

#### **A. Tipos de tratamiento**

En la actualidad existen diversos tratamientos enfocados en el síndrome de espectro autista, estas terapias pueden formar parte de un programa completo de tratamiento para que los niños y niñas con TEA puedan llevar una mejor calidad de vida.

A continuación se mencionan algunas de ellas:

#### **Terapias de integración sensorial**

Esta terapia se creó para favorecer la integración sensorial en pacientes con problemas de aprendizaje (Fuentes-Biggi et al., 2006).

Como indica Morin (2014), la terapia de integración sensorial está diseñada para ayudar a los niños y niñas que tienen dificultades de procesamiento sensorial (también denominado "trastorno de integración sensorial"), exponiéndolos a la estimulación sensorial de manera estructurada y repetitiva, efectuando ciertas actividades como juegos y dinámicas que ayudan a activar los órganos sensoriales con el fin de recibir estímulos y así percibir e integrar adecuadamente el conocimiento.

La teoría que la sustenta es que con el tiempo el cerebro se adaptará y permitirá que las personas procesen y reaccionen a las sensaciones de una forma más eficiente debido a que ayuda a procesar la información sensorial y controlar las reacciones ante ellas, lo que incide en el mejoramiento de las relaciones sociales, la autoestima y las capacidades sensomotrices, usando estrategias específicas de autocontrol (Beaudry, 2006).

#### **Tratamientos sensomotrices**

El entrenamiento en integración auditiva (EIA) consiste en escuchar música modificada electrónicamente a través de unos auriculares en función de las respuestas obtenidas en la persona en un audiograma previo (Sinha et al., 2004).

Este tratamiento se ha empleado en personas con autismo, sin embargo, ha presentado algunas contraindicaciones en algunos pacientes que han tenido problemas de hiperactividad auditiva. Este tratamiento está en fase experimental dado que los beneficios no han sido totalmente efectivos, presentando alto riesgo de perder la capacidad auditiva.

#### **Método Doman-Delacato**

El método Doman fue diseñado para niños con lesiones cerebrales o con otras condiciones como, por ejemplo, dificultades en el aprendizaje, síndrome de Down, parálisis cerebral y autismo. Ese método pretende tratar a niños a través de

movimientos sistemáticos (arrastre, gateo, braquiación, etc.).

Este tipo de terapia afirma que, mediante manipulaciones, movimientos y ejercicios físicos del cuerpo, se pueden reparar las vías nerviosas que están dañadas. Se trata de un tratamiento intensivo y económicamente costoso (L'Ecuyer, 2015).

### **Tratamientos psicoeducativos y psicológicos**

Este tipo de tratamientos incluye terapias que aplican los principios de modificación de conducta y las técnicas basadas en las teorías del aprendizaje como las principales herramientas de enseñanza (Ribes, 1972).

La investigación de este estudio señala que las técnicas basadas en teorías de aprendizaje actúan formidablemente en el apoyo de personas con autismo impulsando su desarrollo.

### **Sistemas alternativos/aumentativos de comunicación**

Los sistemas alternativos/aumentativos de comunicación (SAAC) son un conjunto de herramientas, estrategias y sistemas de comunicación no verbales que se emplean para fomentar, complementar o sustituir el lenguaje oral, o simplemente para facilitar la comprensión y la expresión del lenguaje. Estos sistemas utilizan objetos, fotografías, dibujos, signos, o símbolos (incluidas letras o palabras) apoyándose en sistemas simples o en aparatos productores de sonidos con el fin de aumentar la comunicación y facilitar en cierta medida las expresiones (Montero-González, 2003).

Dentro de las terapias para fomentar el desarrollo de los pacientes con autismo con dificultades en el ámbito de la comunicación, esta ha resultado altamente efectiva debido a que muchas de estas personas tienen una buena capacidad de memoria para la información visual, facilitando su aprendizaje a través de las ayudas y medios que se utilizan para que las personas puedan expresar sus deseos, intercambiar conocimientos, opiniones e, incluso, expresar su propia personalidad.

### **Sistema TEACCH**

El sistema TEACCH (tratamiento y educación de alumnado discapacitado por autismo y problemas de comunicación) es un método que consiste en trabajar, tanto las habilidades comunicativas, como las habilidades cognitivas, perceptivas, de imitación y motrices, basándose fundamentalmente en la colaboración; donde intervienen familiares y profesionales, además de la utilización de diferentes técnicas y métodos combinados integrando intervenciones cognitivas, conductuales y aprendizaje visual (Benton y Johnson, 2014).

El éxito del enfoque TEACCH ha sido gracias a que se centra en la comprensión del autismo, no solo a nivel conceptual, sino también a nivel cultural, el entorno, las variables, el ambiente, brindando elementos de apoyo a la terapia como la organización física de los espacios para minimizar distractores, sistemas de trabajo que permiten el trabajo autónomo a través de secuencias de actividades, y actividades estructuradas visualmente, que muestran los pasos que deben llevar a cabo, entre otros elementos que no solo tiene en cuenta las dificultades de los niños y niñas con TEA, sino que también aprovecha las potencialidades que habitualmente presentan, proponiendo una estructura de marcado carácter visoespacial, ya que la mayoría procesan mejor la información visual en comparación al procesamiento auditivo (Mesibov y Shea, 2010).

### **Tratamientos biomédicos**

Según Heimann et al. (1995), afirman que está comprobado que no existe una terapia médica específica para los síntomas nucleares del autismo. El tratamiento biomédico es por medicación, y ha demostrado resultados eficaces en determinados problemas de TEA. Sin embargo, hay tratamientos farmacológicos con resultados controvertidos. Es fundamental considerar siempre la aparición de efectos nocivos para la salud, especialmente en los niños.

Por lo anterior, analizando los diversos tratamientos enfocados en el síndrome de espectro autista, es importante tener en cuenta los aspectos positivos y diferenciadores de cada técnica o método, es así como, con el uso de

tecnologías, es posible abordar diferentes tipos de terapia dentro del marco educativo, comunicativo, motriz, entre otros. Por tanto, es viable dimensionar las necesidades de desarrollo tecnológico que sirva como herramienta y soporte en atención a la diversidad del desarrollo en los niños y niñas que padecen TEA (Rodríguez y Pico, 2016).

### **4.3. Robótica Social**

En la actualidad la robótica ha crecido exponencialmente debido a las múltiples funcionalidades y aplicaciones basadas en esta. Por esta razón, los robots están incorporándose más en la vida cotidiana y se caracterizan por ser más cercanos y amigables con los humanos.

La robótica social se basa fundamentalmente en la interacción con el humano, es decir, desde la interfaz física hasta el *software* se enfatizan en permitir que los robots como máquinas se integren más fácil en la sociedad y sean parte de la cotidianidad, colaborando y aportando en las necesidades humanas. Se dice que un robot es social cuando busca interactuar con el usuario, siguiendo parámetros de comportamiento social dentro de las estructuras sociales y culturales existentes (Abad-Sacoto et al., 2017).

En ese sentido, gracias al mejoramiento de la apariencia y la inclusión, se ha hecho que los robots sean funcionales en diversas áreas como: el ámbito comercial, el entretenimiento, educación, organización de actividades, vigilancia, cuidado de mascotas, guías, apoyo con tareas domésticas, compañía a personas mayores o con discapacidades, entre otras, incluyendo la asistencia a terapias en personas con condiciones como el autismo.

Los robots de asistencia existentes para el tratamiento de personas con condición de autismo se pueden preprogramar de acuerdo al comportamiento o expresión deseada. Por esta razón, el tipo de robot seleccionado para el presente proyecto son los robots humanoides, es decir, aquellos que tienen morfología humana y las articulaciones necesarias para realizar movimientos parecidos a los humanos (Fernández, 2009).

Porcelli (2020), afirma que los robots orientados a funciones sociales están preparados para interactuar con los seres humanos. Gracias a sus respuestas sencillas y adaptables, es

posible llevar a cabo una terapia personalizada dirigida a personas con TEA. Por otra parte, la psicóloga asegura que un robot social está normalmente ligado a actividades básicas de ocio tales como el juego, la creatividad, el aprendizaje, el entretenimiento y la relajación, sin embargo, la robótica social está en la capacidad de ir más allá de lo que significa un juguete, como tal se puede concebir como una herramienta, porque estos “están diseñados para comunicarse e interactuar con los seres humanos” (p. 94), tal y como indican los expertos Laurie Dickstein-Fischer y Gregory S. Fischer (2014) en su estudio sobre la combinación de enfoques psicológicos y de ingeniería para utilizar robots sociales con niños con autismo.

Otros autores aseguran que los niños con autismo presentan una fuerte atracción hacia los sistemas tecnológicos, quizás por la previsibilidad de comportamientos del robot, es decir, los patrones repetitivos que estos presentan hacen que los niños y niñas con TEA puedan predecir ciertos comportamientos, evitando así muchas frustraciones. Adicionalmente, la simplicidad, adaptabilidad e interacción que ofrece la tecnología, hacen que los robots sociales sean un medio ideal para la terapia del TEA (Educación 3.0, 2020).

### **4.4. Robots humanoides**

Son robots móviles diseñados para simular la apariencia y movimientos de las diferentes articulaciones de un ser humano, poseen un torso, cabeza, brazos y piernas. En algunas ocasiones, posee únicamente la estructura de la cintura para arriba o solo las extremidades inferiores. Se utiliza con fines experimentales, educativos, entre otros. Estos tipos de robots son los más usados para la interacción con personas debido a su forma y movimientos.

Sánchez et al. (2020), indica que el interés por el desarrollo de los robots humanoides surgió con el nacimiento mismo de la robótica, gracias al deseo que ha tenido el ser humano de copiar o imitar las capacidades biológicas del ser humano. De esta forma, una máquina compartiría características similares al humano. Fue así, donde lo primero que se trató de imitar del ser humano para incorporar en el robot humanoide fue la forma de caminar, así, se fue perfeccionando cada mecanismo imitando

rostro, gestos, miembros superiores, miembros inferiores y se ha llegado a un nivel de complejidad mayor, con el desarrollo de órganos robóticos.

Sin embargo, el nivel de complejidad mecánico que requiere el presente proyecto es básico, se trata de un humanoide completo que ejerza movimiento en las articulaciones principales, que permita tener ciertos grados de libertad para imitar algunos ejercicios de actividad física. Es decir, se requiere un robot humanoide bípedo que se caracteriza por poder dividirse en cuatro cuadrantes: dos para la parte superior y dos para la parte inferior, emulado el funcionamiento de brazos y piernas humanas. Se hace esta aclaración debido a que existe otro tipo de mecanismos de robot humanoide basados en miembros inferiores propulsados por ruedas a partir de una locomoción diferencial a pesar de que tienen la parte superior antropomórfica.

En la actualidad, se encuentran diferentes fabricantes de kits de robótica configurable, entre ellos se destaca el kit con el que se trabajará el presente proyecto.

### Kit Robot Bioloid Premium

Se trata de un kit de robótica creado por la casa Robotis, posee 18 servomotores de referencia DYNAMIXEL AX-12. Con el kit es posible crear 3 configuraciones de humanoides y hasta 26 tipos de robots diferentes en cuanto a su topología; el robot Bioloid, además de los motores, posee sensores de distancia y giróscopo e infrarrojo, con la posibilidad de adaptar otro tipo de sensores. Su programación es mediante el *software* Robot Plus y otros lenguajes de programación como Python y Matlab (RO-BOTICA, 2017). Se ha utilizado en diversos proyectos académicos para asistencia social, también se ha utilizado en competencias de levantamiento de pesas, lucha, baile, entre otros.

Figura 1. Robot Bioloid.



Fuente: Robotis.us, 2018.

En el mercado, se tiene otras referencias como: Robot Edbot Darwin mini (RO-BOTICA, 2017a), Robot Lynx (Gebhart, 2018, párr. 1), Robot Alpha 1S (MIDLAND, 2016), Robot Nao y Pepper (Robotrónica, 2015), Robot SainSmart (Flipkart, 2019), Zeus (González, 2016, párr. 1), Hoap-3 (HOAP, 2012), entre otros; todos diseñados con fines educativos para la enseñanza y aprendizaje de la robótica, la programación, electrónica y mecánica; sin embargo, se han empleado en diferentes proyectos de robótica social como, por ejemplo, en aplicaciones de asistencia social con niños con autismo, entre otras condiciones.

## 5. Diseño del sistema interactivo terapéutico

Gracias al acompañamiento de un profesional en fisioterapia infantil, se generaron unas rutinas de entrenamiento lúdico – terapéutico orientados a niños y niñas de 5- 12 años.


El entrenamiento consta de tres categorías: básico, intermedio y avanzado, de acuerdo al rango de edad del niño y la niña. Cada categoría inicia con una fase de calentamiento, seguida por el entrenamiento, y finaliza con el estiramiento.

Al seleccionar la plataforma robótica Bioloid, se validaron los rangos de los movimientos de acuerdo con los grados de libertad del robot, pues este es el que guía al niño y la niña durante el tiempo de entrenamiento.

Esta validación se realizó en el *software* R+ Task, que permite simular los movimientos del robot, y de esta forma se pueden tomar los movimientos de cada motor para su respectiva programación. Por ejemplo, para el giro de rodillas, se identifica el motor y las posiciones de las coordenadas iniciales y finales para efectuar

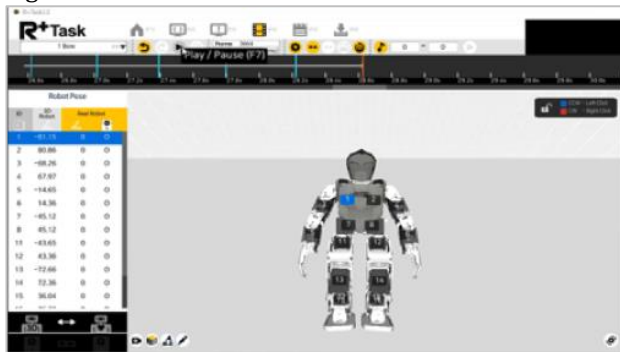
los movimientos, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 1. Coordenadas de los motores del Robot para simular movimiento

Motor	Coordenadas		Movimiento
	P(Inicial)	P(Final)	Giros de Rodillas
1	-82	-111	
2	82	111	
3	-89	-89	
4	89	88	
13	0	-80	
14	0	79	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

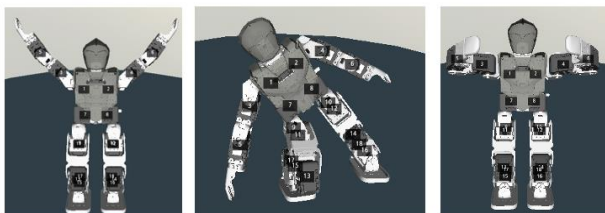
Figura 2. Simulador R+ Task



Fuente: Elaboración propia, 2020.

La simulación de los movimientos permitió generar videos de apoyo para integrarlos a la interfaz de *software* diseñada en un formato que permite trabajarse con la plataforma robótica física o sin ella, gracias a que los videos muestran al robot ejecutando los movimientos.

Figura 3. Rangos de movimiento



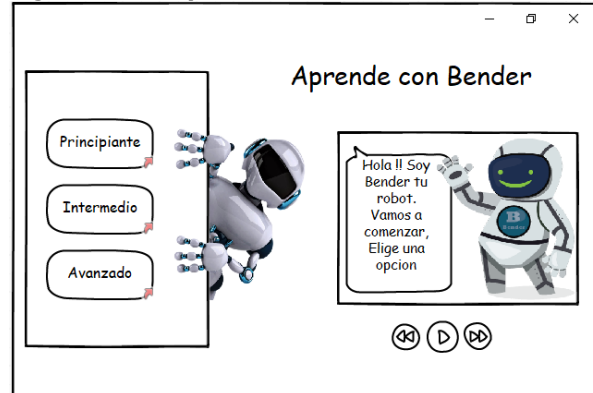
Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la figura 3 se puede apreciar que cada eslabón tiene un número indicando el actuador (motor), lo que permite identificar con mayor claridad los grados de movimiento o inclinación que se requieren para cada acción del calentamiento, entrenamiento y del enfriamiento.

## 5.1. Diseño y desarrollo de la interfaz

Se realizó un *mockup* con los elementos básicos de la interfaz, con el fin de tener una vista previa de los componentes necesarios y los módulos a integrar. De esta manera, se determinaron los colores, maquetación y animación de la misma, con el fin de construir una herramienta agradable y llamativa para los niños y niñas.

Figura 4. Mockup



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Una vez se definieron los componentes, se diseñó la interfaz que se ha denominado Entrenando con Bender. Para el desarrollo del proyecto, a nivel de interfaz (*front-end*) se ha empleado HTML5, y para la maquetación se utilizó el *framework bootstrap 4* con el fin de que la aplicación tuviera un diseño responsable. Debido a la necesidad de ser flexible, se propendió por el desarrollo de una interfaz de *software* con diseño responsable, es decir, que funciona bajo cualquier dispositivo (teléfono, tableta y televisor) y se ajusta a cualquier tamaño de pantalla.

Figura 5. Vista inicial - Interfaz Entrenando con Bender



Fuente: Elaboración propia, 2020.

La interfaz ha sido creada para el entrenamiento y terapia para los niños y niñas con trastorno de espectro autista (TEA) donde se

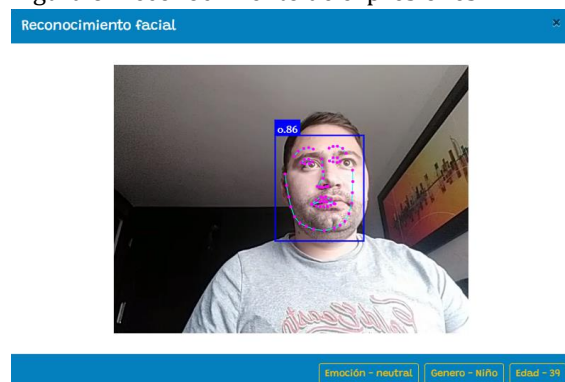


tiene las tres categorías mencionadas anteriormente (Básico, intermedio y avanzado) de acuerdo con la edad o con la condición física del niño o la niña, como se aprecia en la figura 5 de la vista inicial en el costado izquierdo.

Otro componente fundamental es la vista dinámica del robot en la interfaz. El objetivo de esta vista es que el robot pueda generar las indicaciones visuales y auditivas para que los niños tengan mayor claridad de cómo se realiza cada ejercicio, así como indicar el número de repeticiones y los tiempos.

Se observa en la parte superior derecha de la Figura 5 un ícono con una cámara, este tiene como objetivo tomar una captura del rostro; gracias al módulo de reconocimiento facial, se capturan las expresiones del niño o la niña con el fin de evaluar el nivel de felicidad antes y después de la actividad física. Adicionalmente, este módulo reconoce el género y la edad aproximada del niño(a).

Figura 6. Reconocimiento de expresiones



Fuente: Elaboración propia, 2020.

El propósito del módulo de reconocimiento de expresiones es validar la actitud frente a la actividad. Inicialmente, se pensó en incorporar la pregunta directa acerca del estado de ánimo o cómo se sentía el niño o la niña antes y después de la actividad física, pero los profesionales en la salud que han acompañado el desarrollo del presente proyecto, recomendaron que la identificación o detección de estado de ánimo se realizara de otro modo y no a modo de pregunta para no condicionar al niño o la niña, especialmente antes de la actividad.

Siguiendo las recomendaciones, se implementó el módulo de visión artificial, específicamente de reconocimiento facial basado

en la API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) *face api.js* (un módulo *javascript* construido sobre la API central de *tensorflow.js*) que implementa varias CNN (redes neuronales convencionales), se trata de una herramienta capaz de comparar un rostro humano a partir de una imagen digital, en nuestro caso a partir de un fotograma de video con una base de datos de rostros. Funciona a partir de la identificación y medición de los rasgos faciales, permitiendo el reconocimiento de expresiones y el reconocimiento de edad.

Por otro lado, cada categoría dentro de la interfaz cuenta con ejercicios guiados por el robot Bioloid para realizar el calentamiento, entrenamiento y estiramiento. La interfaz no deja avanzar al entrenamiento o al estiramiento si no se ha terminado la fase completa de calentamiento. En ese sentido, se garantiza que se haga la actividad de forma correcta y se estimula que el niño o la niña terminen tareas o actividades, lo cual es un objetivo fundamental en terapias orientadas a personas bajo la condición de TEA.

La fase de calentamiento, que es la primera fase de toda la actividad física, cuenta con ocho ejercicios, cada vez que se termine un ejercicio, el niño o la niña ganará una estrella, como se aprecia en la Figura 7. De esta forma, la interfaz valida los ejercicios que ya se realizaron y los que están pendientes.

Figura 7. Calentamiento



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Una vez se complete la totalidad de ejercicios y se completen todas las estrellas, se podrá avanzar a la fase de entrenamiento, que tiene la misma dinámica, y finalmente con la fase de estiramiento.

Cuando se finaliza la actividad física, en segundo plano, se activa la cámara para el reconocimiento del rostro y se realiza la

respectiva identificación de expresión, luego aparece el felizómetro, que es un indicador del nivel de satisfacción del niño o la niña al terminar todo el entrenamiento.

Figura 8. Felizómetro



Fuente: Elaboración propia, 2020.

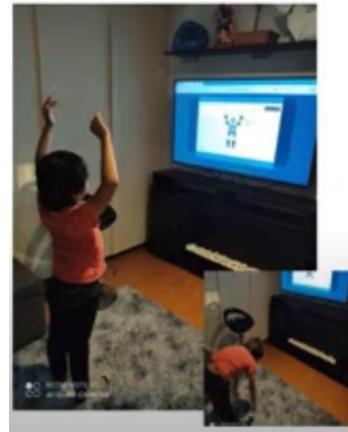
En cuanto al desarrollo de toda la herramienta, para el *backend* se realizó con el lenguaje de programación *JavaScript*, *typescript*, *jquery*, que permite implementar diversas funciones; vale la pena resaltar que JavaScript es un lenguaje sencillo y rápido que puede ejecutar funciones fácilmente, y para la edición de código se utilizó *Sublime Text*, ya que es una herramienta concebida para programar sin distracciones por su interfaz de color oscuro. Por otro lado, a nivel de servidor y para testear la aplicación, se usó XAMPP, de esta manera se logró realizar pruebas locales sin necesidad de tener un acceso público a la red.

## 6. Pruebas preliminares

Se han realizado pruebas preliminares a nivel de diseño y funcionalidad con algunos niños y niñas. De esta forma, se ha validado el grado de interés y satisfacción a la hora de interactuar con la interfaz.

Las pruebas preliminares demuestran que los niños y niñas completan su actividad física, siguen las orientaciones del robot y se ven cada vez más motivados mientras avanza el entrenamiento. También se identifica un cambio de actitud frente a la actividad física, debido a que varios niños tendían a ser sedentarios o preferían ver televisión o jugar videojuegos después de sus actividades escolares, y la herramienta ha fomentado el interés de parte de los niños, porque lo ven como juego y reto.

Figura 9. Pruebas preliminares



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Las pruebas preliminares fueron fundamentales para tomar la decisión de implementar el módulo de reconocimiento de expresiones; antes de este, se tenía una ventana emergente que le preguntaba al niño(a) su estado de ánimo, pero los niños no siempre respondían cómo realmente se sentían, o se predisponían a responder que estaban felices. Al analizar esta situación, y siguiendo las recomendaciones dadas previamente por profesionales de la salud, se implementó el módulo de reconocimiento facial de manera que no predispone el estado de ánimo del niño o la niña.

## 7. Proyecciones

Se espera realizar el diseño experimental en fundaciones, colegios o jardines donde se pueda usar la interfaz con un número significativo de niños y niñas con la condición de TEA. Esto permitirá verificar el completo funcionamiento de la herramienta y validar con padres, maestros y profesionales de la salud la efectividad de la herramienta como instrumento terapéutico.

Por otro lado, se proyecta desde la parte técnica, la implementación de reconocimiento de voz para que el niño o la niña tenga la posibilidad de indicar al robot cuándo ha terminado un ejercicio, fomentando así las habilidades comunicativas y de interacción.

Además, se proyecta la generación de una base de datos con información de los perfiles capturados por la aplicación, lo que permitiría perfilar algoritmos con mayor exactitud para el reconocimiento de expresiones y otras aplicaciones de inteligencia artificial que se

podrían implementar y podrían ser de gran provecho para los terapeutas y profesionales de la salud en general.

## 8. Conclusiones

El uso de tecnologías como la robótica ha beneficiado la interacción social y la estimulación de la comunicación en niños y niñas con TEA y, a través de diferentes actividades, se logra motivar a los niños para que realicen actividad física, maximicen su capacidad de aprendizaje y se interesen por terminar una tarea.

De esta forma, los robots para los niños serán como un objeto más o un juguete, lo que permite que se preste mayor interés por la interacción, transmitiendo confianza, ya que estos robots no tienen expresiones que puedan asustar al menor, permitiendo por medio de este, poder analizar comportamientos, actitudes, expresiones clave para el mejoramiento en las terapias y en la asistencia social.

En ese sentido, el robot físico o en video como se encuentra integrado con la interfaz de *software*, permitiría mejorar las habilidades de interacción social, como la atención y la

imitación en niños y niñas que padecen TEA; brindando la posibilidad de que se mantenga un nivel de actividad física recomendada por profesionales de la salud, además de mejorar la capacidad de interacción y socialización.

En este punto del proyecto, se logró establecer las rutinas de entrenamiento lúdico – terapéutico orientados a niños y niñas de 5- 12 años. Además, se caracterizó la plataforma robótica bioloid en una de sus configuraciones humanoides, lo que permitió validar los rangos de movimiento, simular y programar cada fase de la actividad física, calentamiento, entrenamiento y estiramiento. Por otra parte, se logra diseñar y desarrollar una interfaz funcional, amigable, intuitiva y responsable que permitió integrar todos los elementos.

Finalmente, el proyecto ha cumplido con sus objetivos iniciales, sin embargo, se proyectan mejoras con base a los resultados esperados en las pruebas. Además, se ha hecho un diseño escalable, lo que permite la integración de nuevas y mejores funciones, componentes y acciones dentro de la aplicación como sistema interactivo terapéutico.

## Referencias

- Abad-Sacoto, K., Sánchez-Delgado, M. A., Crespo-Cedeño, J. E. y Alvarado-Chang, J. E. (2017). Sistemas de reconocimiento en la robótica social. *Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 4(3). EPISTEME.
- Asociación Estadounidense de Psiquiatría. (2014). *Manual de diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales* (DSM5) (5ª ed.). Madrid: Panamericana.
- Ayres, J. (1972). *Sensory integration and learning disorders*. Los Angeles: Western Psychological Services.
- Beaudry, I. (2006). Un trastorno en el procesamiento sensorial es frecuentemente la causa de problemas de aprendizaje, conducta y coordinación motriz en niños. *Boletín de la sociedad de pediatría de Asturias, Cantabria, Castilla y León*, 46, 200-203.
- Benton, L., & Johnson, H. (2014). Structured approaches to participatory design for children: can targeting the needs of children with autism provide benefits for a broader child population? *Instructional Science*, 42(1), 47-65.
- Bogdashina, O. (2016). *Sensory Perceptual Issues in Autism and Asperger Syndrome. Different Sensory Experiences - Different Perceptual Worlds* (Second Edition). Jessica Kingsley Publishers.
- Coleman, M. (1996). Autism and medical disorders: a review of the literature. *Dev Med Child Neurol*, 38, 191-202.
- Confederación Autismo España (2014). Sobre el TEA. (2014). Disponible en: <http://www.autismo.org.es/sobre-los-TEA/deteccion>
- De Rozental, L. (1993). *El autismo: enfoque fonoaudio-lógico*. Editorial Médica Panamericana.
- Dickstein-Fischer, L. & Fischer, G. S. (2014). Combining psychological and engineering approaches to utilizing social robots with children with Autism. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 792-795. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2014.6943710>.
- Educación 3.0 (2020). Home [página de Educación 3.0]. <https://www.educaciontrespuntocero.com/opinion/robotica-social/>
- Fernández, S. (2009). Locomoción bípeda del robot humanoide Nao [Trabajo final de Carrera, Universitat Politècnica de Catalunya]. <http://hdl.handle.net/2099.1/9115>
- Flipkart, (2019). SainSmart 17-Dof Biped Humanoid. [www.flipkart.com/sainsmart-17-dof-biped-humanoid-kit-sr319-digital-servos-controller/p/itm3h46qys4fpha](http://www.flipkart.com/sainsmart-17-dof-biped-humanoid-kit-sr319-digital-servos-controller/p/itm3h46qys4fpha)
- Fuentes-Biggi, J., Ferrari-Arroyo, M.J., Boada-Muñoz, L., Touriño-Aguilera, E., Artigas-Pallarés, J., Belinchón-Carmona, M., Muñoz-Yunta, J.A., Hervás, A., Canal-Bedia, R., Hernández, J.M., Díez-Cuervo, A., Idiazábal-Alecha, M. A., Mulas, F., Palacios, S., Tamarit, J., Martos-Pérez, J. y Posada-De la Paz, M. (2006). Guía de buena práctica para el tratamiento de los trastornos del espectro autista. *Revista de Neurología*, 43(7), 425-438. DOI: <https://doi.org/10.33588/rn.4307.2005750>
- Garnica, E., Quiroga, B., Miranda, P., y Medina, Á. (2016). Diseño de módulos interactivos para tratar el trastorno por déficit de atención con hiperactividad - TDAH. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 3(6). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2016.v3.n6.a14>
- Garrabé, J. (2012). El autismo. Historia y clasificaciones. *Salud Mental*. 35(3):257-261. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/salmen/sam-2012/sam123j.pdf>
- Gebhart, A. (2018). Ubtech Robotics Lynx review. <https://www.cnet.com/reviews/ubtech-robotics-lynx-review/>
- González, O. (2016). ZEUS: el robot humanoide hecho con Arduino y Raspberry Pi. *Brico Geek*. <https://bit.ly/3a1Pdj8>
- Heimann, M., Nelson, K. E., Tjus, T., Gillberg, C. (1995). Increasing reading and communication skills in children with autism through an interactive multimedia computer program. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 25(5): 459-480.
- HOAP. (2012). En Gaz. Wiki. <https://gaz.wiki/wiki/es/HOAP#>
- L'Ecuyer, C. (2015). La estimulación temprana fundamentada en el método Doman en la educación infantil en España: bases teóricas, legado y futuro [The Doman method applied to early learning in Spain:

- theoretical bases, legacy and future]. *ENSAYOS. Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 30(2), 137-153. <https://doi.org/10.18239/ensayos.v30i2.890>
- Liga Colombiana de Autismo (2020). *¿Qué es el TEA?*. Disponible en: <https://ligautismo.org/que-es-el-tea/>
- Mesibov, G. B., & Shea, V. (2010). The TEACCH program in the era of evidence-based practice. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(5), 570-579.
- MIDLAND (2016). ALPHA 1S. [www.midland.es/robotica/527-alpha-1s.html](http://www.midland.es/robotica/527-alpha-1s.html).
- Montero-González, P. (2003). Sistemas alternativos y aumentativos de Comunicación (SAAC) y accesibilidad - Bases teóricas de los saac. *Puertas a la lectura*, 4, 129-136. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6023011>
- Morin, A. (2014). Terapia de integración sensorial: Lo que necesita saber. *Understood*. <https://www.understood.org/es-mx/learning-thinking-differences/treatments-approaches/therapies/sensory-integration-therapy-what-you-need-to-know>
- Mulas, F., Ros-Cervera, G., Millá, M. G., Etchepareborda, M. C., Abad, L. y Téllez de Meneses, M. (2010). Modelos de intervención en niños con autismo. *Revista de Neurología*, 50(3), 77-84.
- NIH Instituto Nacional de Salud Infantil y Desarrollo Humano (2020). *Trastorno del espectro autista de MedlinePlus*. Sitio web: <https://medlineplus.gov/spanish/autismspectrumdisorder.html>
- OMS Organización Mundial de la Salud (2019). *Trastornos del espectro autista de OMS*. Sitio web: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Porcelli, A. M. (2020). La inteligencia artificial y la robótica: sus dilemas sociales, éticos y jurídicos. Derecho global. *Estudios sobre derecho y justicia*, 6(16), 49-105. <https://doi.org/10.32870/dgedj.v6i16.286>
- Rivera, G. (2014). Trastorno del espectro del autismo. *Diagnóstico*, 53(3), 142-148.
- Rapin, I. (1997). Autism. *The New Journal of Medicine*, 337(2), 97-104.
- Ribes I., (1972). Terapias conductuales y modificación del comportamiento *Revista Latinoamericana de Psicología*, 4(1), 7-21. Fundación Universitaria Konrad Lorenz.
- ROBOTRÓNICA. (2015). Nao. Los robots del futuro son ya una realidad. <https://aliverobots.com/nao/>
- RO-BOTICA (2017). Kit ROBOTIS PREMIUM - KidsLab. <https://ro-botica.com/Producto/ROBOTIS-PREMIUM-Kit-educativo-Bioloid/>
- RO-BOTICA (2017b). EDBOT DARWIN MINI. [https://ro-botica.com/tienda/ROBOTIS\\_KidsLab/EDBOT/](https://ro-botica.com/tienda/ROBOTIS_KidsLab/EDBOT/)
- Robotis. (2018). *Bioloid* [Imagen]. Robotis Store. <https://robotis.us/>
- Rodríguez, J. P. C. y Pico, L. E. A. (2016). Un análisis del autismo desde la perspectiva de su influencia en familias y la tecnología como facilitador en el manejo de esta condición. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 8(1), 168-182.
- Sánchez-Martín, F.M., Jiménez, P., Millán, F., Salvador-Bayarri, J., Monllau, V., Palou, J. y Villavicencio, H. (2007). Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al Robot da Vinci. (Parte II). *Actas Urol Esp*, 31(3), 185-196. <https://scielo.isciii.es/pdf/ae/v31n3/v31n3a02.pdf>
- Sinha, Y., Silove, N., Hayen, A., & Williams, K. (2011). Auditory integration training and other sound therapies for autism spectrum disorders (ASD). *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2011(12).
- Talero, C., Martínez, L., Mercado, M., Ovalle, J. P., Velásquez, A. y Zarruck J.G. (2003). Autismo: estado del Arte. *Rev. Cienc. Salud*, 1(1), 68-85. <http://www.scielo.org.co/> <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003681.pub3pdf/recis/v1n1/v1n1a7.pdf>