

# Artículo de investigación

## UN ROBOT PARA LA INTERACCIÓN SOCIAL CON NIÑOS CON AUTISMO

 Ademir Bermúdez Aguilar <sup>1</sup>

 Weder Jeziel González Sosa<sup>2</sup>

### RESUMEN

La presente investigación se basó en la creación, el desarrollo e implementación de un robot con apariencia de un niño de seis años, cuya función principal es servir como una herramienta de apoyo en las actividades en salones de clases, tanto para los terapeutas como para docentes, todo esto enfocado para la interacción social de niños con autismo. El robot titulado “Robi” es un robot de forma humanoide con apariencia de un niño, el cual es capaz de realizar diferentes tipos actividades básicas enfocadas a la interacción social de los niños con necesidades especiales, entre ellas autismo; con base en una investigación previa (1) se construyó un robot para apoyar en terapias a los niños con necesidades especiales. La nueva investigación se desarrolló en cuatro años, un año más de lo planteado, debido a los sucesos de la pandemia del 2020; en el 2021 se procedió al rediseño del robot, posteriormente se realizó el trabajo de campo en la Escuela de Educación Especial del departamento de Usulután, El Salvador. Se contó con especialistas en mecatrónica, salud, psicología y educación, en apoyo para la creación de los indicadores y validación de estos para medir los resultados en las terapias con los niños. Al finalizar la investigación los niños que realizaron las actividades con el robot mostraron avances en la interacción bajo ciertos criterios y se proporcionan recomendaciones a seguir para nuevas investigaciones y con ello dar un mejor resultado que los obtenidos en la investigación.

**Palabras clave:** Robi, autismo, robot, terapias, El Salvador

1 Docente investigador, Unidad de Investigación - Universidad Gerardo Barrios, El Salvador. [ademirbermudez2010@gmail.com](mailto:ademirbermudez2010@gmail.com), ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2832-1204>

2 Docente investigador, Unidad de Investigación - Universidad Gerardo Barrios, El Salvador. [w\\_gonzalez@ugb.edu.sv](mailto:w_gonzalez@ugb.edu.sv), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7183-0568>



## A ROBOT FOR SOCIAL INTERACTION WITH AUTISTIC CHILDREN

### ABSTRACT

The present research was based on the creation, development, and implementation of a robot with the appearance of a six-year-old child; its main function is to serve as a support tool in classroom activities, both for therapists and teachers, focused on the social interaction of autistic children.

The robot named "Robi" is a humanoid robot with the appearance of a child; it is capable of performing various basic activities focused on the social interaction of children with special needs, including autism. Based on previous research,(1) the robot was built to support therapies for children with special needs.

The new research was developed over four years, one year longer than planned due to the events of the 2020 pandemic; in 2021 the robot was redesigned and, subsequently, fieldwork was carried out at the Special Education School in the department of Usulután, El Salvador.

Specialists in mechatronics, health, psychology, and education were involved in the creation and validation of indicators to measure the results of the therapies facilitated to the children.

At the end of the research, children who participated in activities with the robot showed progress in interaction based on certain criteria; recommendations are provided for future research to achieve better results than those obtained in this study.

**Keywords:** Robi, autism, robot, therapies, El Salvador

## INTRODUCCIÓN

Los índices de prevalencia del trastorno del espectro autista (TEA) han aumentado notablemente en los últimos años. El TEA está cada vez más presente en las escuelas y en la sociedad, y es por ello que resulta imprescindible conocer más sobre este trastorno y las posibilidades de intervención con el apoyo de las diferentes áreas de la ciencia.(2)

A su vez, los robots están en pleno desarrollo en muchas áreas de ciencias, tanto laborales como en la vida cotidiana de la misma sociedad; dentro de ellos existen muchos robots que están enfocados a diferentes áreas como en la industria, la educación, la agricultura, la salud, la seguridad, el entretenimiento, entre otros; un área que ha generado más interés en los últimos años es la de los robots terapéuticos, los cuales están enfocados en aspectos de la salud, entre ellos las terapias para niños, para las cuales muchas universidades, empresas y emprendimientos desarrollan sus propios robots con estos fines, siendo esta la base de la investigación, la cual se realiza mediante el desarrollo de actividades tales como terapia ocupacional, de habla, de lenguaje y de movimientos, que son fundamentales en las actividades con los terapeutas.

Muchos de estos robots se enfocan en alguna o varias terapias como es el caso del robot Zeno.(3)

Muchas de estas terapias son de procesos repetitivos y monótonos que el terapeuta debe hacer constantemente, generando cansancio, estrés, entre otros; para solventar este problema se creó un robot con forma humanoide llamado Robi, el cual se basa en tres etapas de investigación:

1. La creación de un robot de forma humanoide con apariencia de un niño y que sea funcional en las actividades recomendadas por expertos del área.

2. La integración del robot con los niños con base en pruebas tanto de diseño y funcionalidad.

3. El análisis e interpretación de resultados con base en indicadores estadísticos creados para medir el grado de aceptación e interacción de los niños con el robot.

En cuanto a la identificación, los padres de familia que sospechan de la conducta o actividades de los niños pueden visitar a especialistas del área que con base en una serie de pruebas determinan si el niño o niña posee TEA; dicha pruebas se realizan en los niños desde los dos años y demuestran que año con año se tienen aumentos de casos alrededor del mundo.(4)

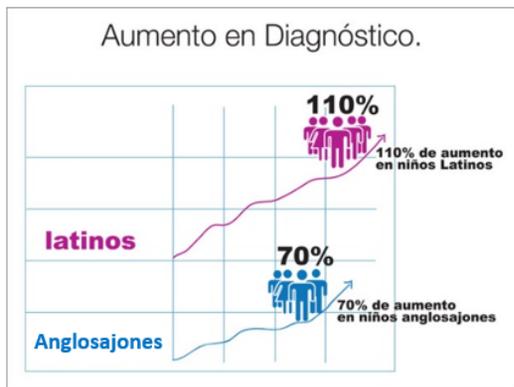
Teniendo en cuenta que cada niño debe ser tratado de forma independiente para su diagnóstico, posteriormente el tratamiento conlleva a tener atenciones personalizadas para cada niño, esto implica que por cada niño o niña el terapeuta debe tener una sesión de trabajo, con un tiempo determinado de treinta minutos a una hora por niño; muchas de las actividades que se realizan suelen ser repetitivas pero a su vez de vital importancia para los niños, pero a su vez generan estrés, cansancio y otros problemas para los terapeutas y por ende problemas en la atención y medición de terapias con los niños.

Si bien se necesitan más personas preparadas en el área, también los terapeutas necesitan una



herramienta de apoyo de bajo costo y fácil uso para poder solventar el problema en corto tiempo, esto para atender a cada niño de una forma independiente, es decir caso por caso. “Las estadísticas muestran que los casos de niños con autismo han aumentado y más frecuente en niños que en niñas, esto aun hoy sin tener una clara razón de ser en todo América” (ver figura 1).(4)

**Figura 1.** Aumento en diagnóstico de niños con autismo



Fuente: Bermúdez A.(1)

Las terapias e intervenciones conductuales están diseñadas para minimizar los síntomas específicos y pueden aportar una mejoría sustancial de la calidad de vida.(5)

Existen muchos tipos de tratamiento para el autismo, por ejemplo, el tratamiento auditivo, el tratamiento con pruebas discretas, la terapia con vitaminas, la comunicación facilitada, la musicoterapia, la terapia ocupacional, la fisioterapia y la integración sensorial; el tratamiento precoz mejora significativamente los síntomas en muchos

casos y es esencial para que los niños desarrollen habilidades sociales y adapten su comportamiento.

De hecho, un diagnóstico tardío está relacionado con la aparición de problemas asociados como trastornos de la alimentación, ansiedad o depresión. El plan de tratamiento ideal coordina las terapias e intervenciones que cubren las necesidades específicas de los niños a nivel individual. El tipo de intervención más efectiva es la psicoeducativa, proporcionada por psiquiatras y psicólogos.(2)

Muchas de estas terapias son de procesos repetitivos, monótonos, pero a su vez con una implementación de mucho cuidado para los niños según su grado de autismo; estos procesos que son repetitivos conllevan una secuencia a seguir que en países desarrollados las han transformado en rutinas adaptadas a robots.(6)

Alrededor del mundo se han buscado alternativas para contribuir a solucionar esta problemática, para la cual hasta la fecha no se tiene claros los indicios, pero sí se ha determinado como solventarla y ayudar a las personas con autismo; dentro de estas acciones se considera la robótica social.

Los robots sociales constituyen una herramienta de apoyo adicional tanto para los docentes como para los padres o encargados de los niños y su propósito fundamental es que los niños puedan percibir al robot como un amigo; la paradoja es curiosa: muchos de los niños con autismo que tienen problemas para comunicarse con su en-

torno no los tienen en cambio para comunicarse con un robot, de los denominados robots emocionales, que son pequeños, sencillos, que poseen ojos y extremidades.(6) Un punto crucial es el reconocimiento de expresiones faciales a través de las cuales el robot pueda determinar un estado de ánimo de un niño; existen investigaciones que han avanzado a través de métodos de redes neuronales, como la investigación del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, Chiapas, México, en la que se usó el software Matlab y el entrenamiento de neuronas en los puntos cejas, boca y ojos para reconocer las expresiones de un niño, como el caso de niños con autismo.(7)

Para crear estos vínculos sociales es esencial identificar correctamente el comportamiento más adecuado que debe presentar el robot durante su interacción con un niño. Además, es necesario entender las diferentes reacciones emocionales o preferencias del niño hacia el comportamiento mostrado por el robot. Identificar correctamente estas reacciones emocionales y preferencias permitirá adaptar mejor las estrategias, acciones y tipo de comunicación que el robot debe generar durante las sesiones interactivas para maximizar la aceptación e interés del niño,(8) dichos indicadores se basan en acciones y reacciones de los niños.

La investigación con el robot Robi se desarrolló en cuatro años, desde 2018 al 2021, comprendiendo desde el diseño y la impresión 3D, construcción y la programación del robot hasta tener un robot funcional lo más parecido a un niño de alrededor de seis años, con una apariencia agradable y de fácil comprensión y uso tanto para do-

centes, terapeutas y padres de familia, a su vez que garantice la seguridad de las personas que interactúen con él.

## METODOLOGÍA

La metodología de la investigación es experimental y se divide en dos pasos:

1. La creación de un robot humanoide que simule emociones, pláticas, movimientos de cuerpo, con funciones preprogramadas y controladas desde un celular, una computadora o a través de movimientos corporales.
2. Consiste en la creación e implementación de las mediciones con base en indicadores en las actividades con los niños; para ello se trabajó en conjunto con la psicóloga y docente de la Escuela de Educación Especial de Niños del departamento de Usulután, El Salvador, a su vez se contó con el apoyo de un docente investigador especialista en el área de salud de la Universidad Gerardo Barrios, en el área de mecatrónica brindó asistencia un docente investigador de la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata, Morelos, México, además del apoyo de estudiantes de la facultad de Enfermería de la Universidad Gerardo Barrios para colaboración en las actividades con los niños.

La investigación ha desarrollado desde su primer año, 2018, la construcción de un robot humanoide desde planos en bosquejos de dos dimensiones o conocidos mejor como planos 2D; poste-



riormente se utilizó el software TinkerCAD para la creación de las piezas en 3D, piezas “STL”, para posteriormente transformarlas en partes tangibles con el software CURA, software para transformar una figura 3D a una real por medio de código de impresión 3D. Previamente en la fase de diseño se hacen las consideraciones de la parte electrónica donde se determinan los componentes que deberá tener el robot —servos, matrices led, sensores de tipo ultrasónico para distancia, módulos de comunicación entre el terapeuta y el robot como el módulo de bluetooth y módulo de reconocimiento de colores o patrones— así como la lógica matemática del robot, es decir, valores válidos para sus movimientos. Esto se realizó para cada parte del cuerpo del robot: brazos, cabeza, cuello, a través de valores en ángulos y condiciones que deben estar pensadas y transformadas en funciones dentro del robot; esto se realizó para cada versión, donde se hicieron visitas de pruebas entre versiones.

A partir de esto se incorpora la programación, que es la mezcla de todas las observaciones técnicas para la implementación del robot. Posteriormente se hacen las pruebas previas antes de realizar trabajo de campo (atención con niños con autismo), hasta su implementación en pruebas piloto para las mejoras de este, como lo muestran las figuras 2 y 3, de tal forma que el niño podrá dar cierta facilidad al terapeuta para poder medir su grado de avance en su relación tanto con el robot como con la sociedad. En las figuras 2 y 3 se realizaron visitas al Centro Escolar de Educación Especial de Usulután donde se estuvo con diez niños, entre ellos seis con autismo.

Figura 2. Robot Robi 3.6



Figura 3. Robot Robi 3.6

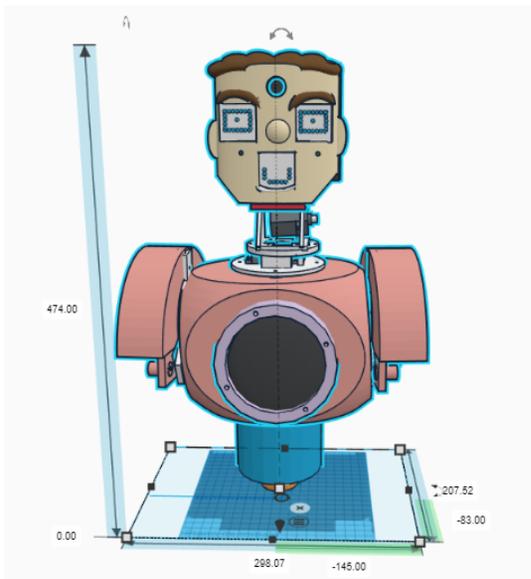


Las actividades se basaron en escuchar, saludar, repetir e imitar a Robi; si él saluda, todos los niños debían saludar; se observaban sus reacciones con el robot, las limitantes del robot en las pruebas para las mejoras en las siguientes versiones tanto en diseño así como en funcionamiento del robot, de esta forma se recogían datos de las terapias a niños, con base en las observaciones de personal de psicología asignado en ese momento, lo cual facilitó la construcción del robot en versiones, cada una mejorando a su predecesor.

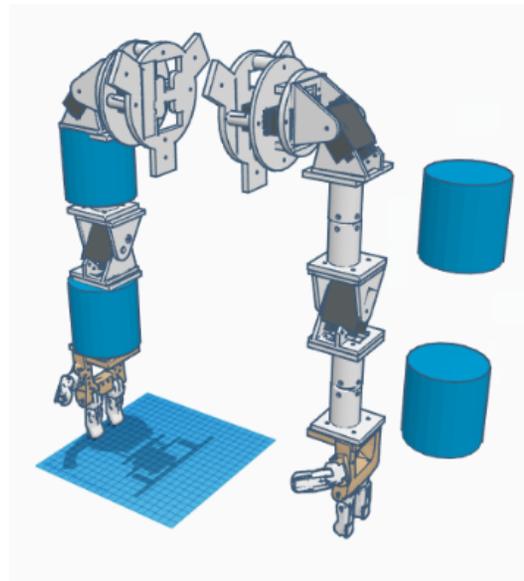
## Versión 4.0

La versión 4.0 se destacó por tener un rostro más interactivo, siendo un robot desarmable y con una apariencia de un niño de alrededor de 5 años. Parte de su diseño se muestra en las figuras 4 y 5.

**Figura 4.** Robot Robi 4.0



**Figura 5.** Robot Robi 4.0



En la figura 4 se muestran las dimensiones del robot por partes en milímetros en el programa TinkerCAD.

De esta versión se realizaron algunas demostraciones en congresos.

**Figura 6.** Robot Robi 4.0 congreso UTEC 2019

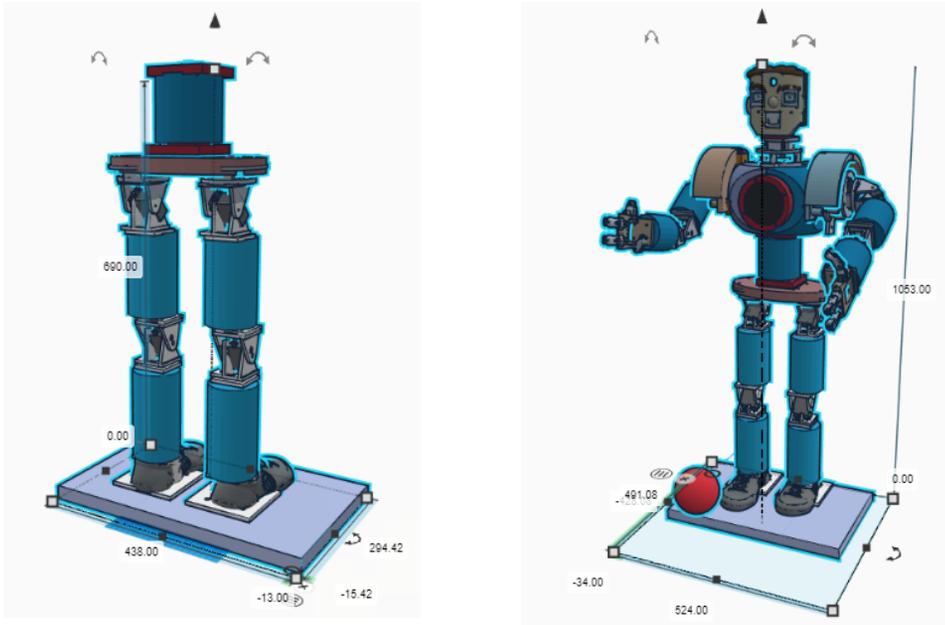


**Figura 7.** Robot Robi 4.0 congreso UTEC 2019



Para la versión 4.3 a 4.5 para el año 2020 se incluyeron cambios para que el robot realizara simulación de caminar como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Robot Robi



Debido a la pandemia no se continuó con la propuesta de la simulación de caminar.

### Versión final 4.5

Para continuar y recuperar un poco el tiempo perdido por la pandemia, se rediseñó el robot y surgió la versión 4.5, la cual posee una forma más agradable, con más procesos y mejor

diseño que las versiones anteriores, siempre de forma desarmable, como lo muestra la figura 9, con la diferencia que no se podía hacer la simulación de caminar como se tenía previsto en la investigación.

Incluye una interfaz de fácil uso tanto para terapeutas o docentes como lo muestra la figura 10.

Figura 9. Robot Robi 4.5



Figura 10. Robot Robi 4.5



Una vez que se realizaron pruebas dentro de la universidad con estudiantes se tuvo lista la versión 4.5 para la realización de visitas en el centro Escolar de educación especial.

Para la creación de los indicadores se trabajó con base en la investigación de aplicación robótica para realizar terapias en niños con autismo.(8)

Tabla 1. Indicadores de reacción de los niños al Robot

Indicadores de reacción de los niños al Robot	Descripción
Ignora el robot	Indicador para medir las reacciones ante las actividades del robot por sección.
Desvía su atención	Indicador para medir el nivel de atención de los niños en cada actividad realizada.
Se escapa	Indicador para medir la intención de aceptación del niño ante el robot.
Muestra manifestaciones motoras específicas	Indicador para medir la interacción del niño al hacer actividades repetitivas que el robot hace o pide en las actividades por sección.
Fija con cierto detalle	Indicador para medir los detalles de atención de cada niño en la sección de clase con el docente y el robot.
Manifestaciones emocionales: sobresaltos; contentamiento	Indicador para determinar gestos tanto del estado de ánimo como físicos de cada niño, en cada sección.

**Tabla 2.** Indicadores de acción (conductas iniciadas voluntariamente)

Indicadores de acción (conductas iniciadas voluntariamente)	Descripción
Utiliza diferentes tipos de exploración sensorial del objeto: visuales, tacto, oído, gusto, olfato	Indicadores sensoriales con base en los cinco sentidos del humano para la interacción con el robot y su entorno.

**Tabla 3.** Indicadores de inversión en el objeto

Indicadores de inversión en el objeto	Descripción
Tiempo dedicado entre actividades realizadas con el robot	Tiempo que el/la niño/niña se centra entre actividades con el robot.
Tiempo de atención a intercambiar con otras personas la exploración/manipulación del robot	Tiempo de realizar e imitar las actividades con el robot y los compañeros.

**Tabla 4.** Indicadores de uso del robot

Indicadores de uso del robot	Descripción
Tocar al robot	La interacción de estar, tocar e interactuar con el robot.
Juegos con el robot	Realización de sus propios juegos para el robot y compañeros.
Escuchar y repetir cuentos con el robot	Indicador para aprendizaje de atención y retención de memoria de las actividades.

**Tabla 5.** Indicadores de reacción/acción de retirada Robot

Indicadores de reacción/acción de retirada Robot	Descripción
Indiferencia	Reacción de cada niño al retirarse el robot mediante acciones físicas.
Manifestaciones de desagrado, ira, enojo	Reacción de cada niño al retirarse el robot mediante gestos o sonidos.

Se realizó la visita al centro escolar para invitar a los padres de familia a participar en la investigación con sus hijos como lo muestra la figura 11.

**Figura 11.** Presentación con padres de familia



Se realizaron en total cinco reuniones en el Centro Escolar de Educación Especial con los niños, la profesora y psicóloga Nelly Mejía y los dos investigadores; cada reunión duró una hora, en ellas la docente realizaba sus actividades programadas con la diferencia que contaba con el robot de apoyo, como lo muestran las figuras 12 y 13.

**Figura 12.** Personal del centro educativo



- Escuela de educación especial de Usulután
  - Miguel Arriola, Director
  - Nelly Mejía, Docente
- Investigador e Inventor
  - Ademir Bermudez, Investigación CRU

**Figura 13.** Personal del centro educativo



- Docente-Investigador
  - Lic. Weder Gonzales, Facultad de Salud CRU
- Estudiantes de la facultad de Salud CRU
  - Yoscelin alisette González mejía
  - Luis Gustavo Bicher Flores

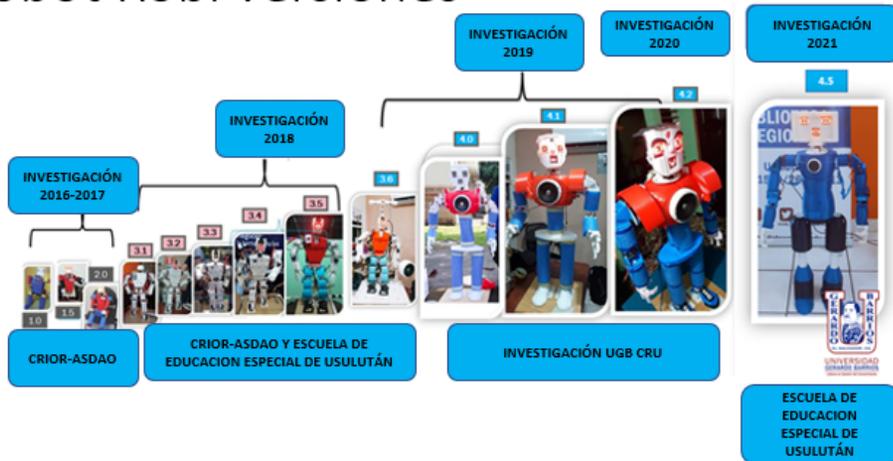
## RESULTADOS

A través del tiempo se fueron realizando las mejoras posibles entre cada versión, logrando tener un robot aceptable tanto en diseño, procesos y uso, haciéndolo de fácil traslado a pesar de las diversas dificultades que se encontraron entre cada

versión, desde los materiales hasta el problema de la pandemia, que atrasó tanto el desarrollo del robot como el tiempo de ejecución de este con los niños como lo muestra la figura 14.

**Figura 14.** Historia del robot Robi

## Robot Robi versiones



Para determinar si el robot logró cumplir con dar un aporte significativo en la interacción social de los niños se crearon indicadores,(8) de los cuales se logró cumplir con las metas esperadas, aun con algunas justificaciones entre ellas, esto

debido a que solo se lograron ocho visitas cuando se esperaban quince reuniones; se deseaba hacer las reuniones de forma individual y no todos los niños a la vez, pero los tiempos no permitieron cumplir con ello.



Al final se trabajó con cinco niños con autismo quienes desde un inicio mostraron interés por el robot Robi, como lo muestran las figuras 15 y 16.

**Figura 15.** Robi en clases



Desde la reunión 1 o clase 1 la profesora organizaba a los estudiantes seleccionados y se les indicaba la actividad a realizar con el robot, dichas actividades se habían preparado con anticipación con el personal de la universidad (estudiantes que colaboraron en documentar las actividades de cada niño, el docente Weder revisaba las actividades y se establecían en los indicadores, el investigador Ademir controlaba el robot, la profesora realizaba la actividad); nadie del personal que participaba interactuaba con los niños, ese proceso lo realizaban únicamente la profesora y el robot.

**Figura 16.** Robi y sus amigos



Se lograron, por limitaciones de tiempo, cinco reuniones con los niños con autismo (en edades de cinco niños), la clasificación de los indicadores fue:

3. Indicadores de reacción de los niños con el robot.
4. Indicadores de acción (conductas iniciadas voluntariamente).
5. Los indicadores de inversión en el objeto.
6. Indicadores de uso del robot.
7. Indicadores de reacción/acción de retirada robot.

Las actividades realizadas fueron:

Reunión 1: Conozcan a Robi.

Reunión 2: Interactuar con Robi.

Reunión 3 y 4: Actividad monstruo de colores.

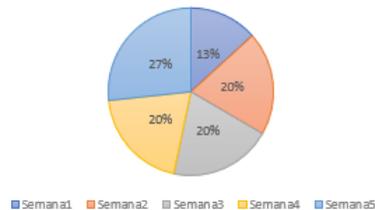
Reunión 5: Modales en la mesa.

Dentro de los resultados se muestran indicadores de reacciones individuales de los niños al robot.

Los siguientes gráficos son solo parte de los resultados obtenidos en las actividades con base a los indicadores, se muestran solo los resultados del niño 1.

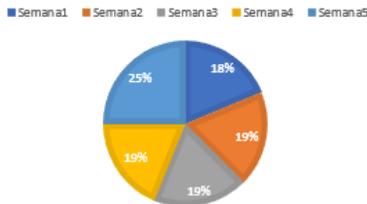
**Figura 17.** Niño 1

Utiliza diferentes tipos de exploración sensorial del objeto: visuales, tacto, oído, gusto, olfato



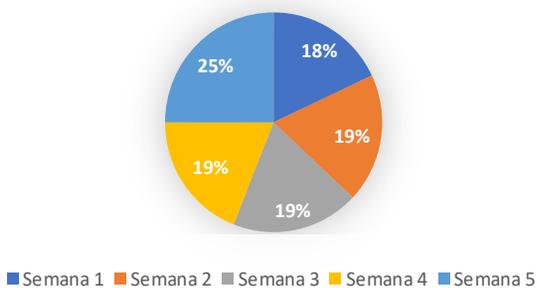
**Figura 18.** Niño 2

Utiliza diferentes tipos de exploración sensorial del objeto: visuales, tacto, oído, gusto, olfato



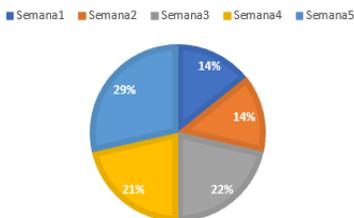
**Figura 19.** Niño 3

Utiliza diferentes tipos de exploración sensorial del objeto: visuales, tacto, oído, gusto, olfato



**Figura 20.** Niño 4

Utiliza diferentes tipos de exploración sensorial del objeto: visuales, tacto, oído, gusto, olfato



## CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación en el 2021 se logró desarrollar la versión 4.5 del robot, superando grandemente a su predecesor —tanto en tamaño, diseño, procesos, componentes electrónicos— para generar un robot que posee una mejor forma de imitar emisiones, con una apariencia más cercana a la de un niño de seis años, con sus componentes incluidos en el robot y que pueda desarmarse en siete piezas para guardarlo.

A pesar de que la investigación no se logró completar en el tiempo esperado los resultados mostraban grandes avances en la consulta de los niños; se espera que posteriores estudios sigan abonando en los resultados de esta investigación y a su vez los indicadores utilizados sirvan de referencia para próximas investigaciones, ya sea para contar con un robot humanoide o crear robot para la interacción social de niños con autismo.

## REFERENCIAS

1. Bermúdez A. El uso de la robótica educativa como herramienta de enseñanza y aprendizaje para educación media en la zona oriental. 1.a edición. San Miguel, El Salvador: Editorial Universidad Gerardo Barrios; 2016 Feb. 120 p.
2. March-Miguez I, Montagut-Asunción M, Pastor-Cerezuela G, Fernández-Andrés MI. Intervención en habilidades sociales de los niños con trastorno de espectro autista: una revisión bibliográfica. *Papeles del Psicólogo - Psychologist Papers* [Internet]. 2018 May;39(2):140-9. Disponible en: <https://www.papelesdelpsicologo.es/pii?pii=2859>
3. Salvador MJ, Silver S, Mahoor MH. An emotion recognition comparative study of autistic and typically-developing children using the zeno robot. *IEEE Int Conf Robot Autom.* 2015 Jun:6128–6133. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7140059> DOI: 10.1109/ICRA.2015.7140059
4. Sánchez-Monge M. *CúdatePlus* [Internet]. España: Unidad Editorial, Revistas, S. L. U.; © 2021. Autismo (trastornos del espectro autista); [actualizado 2020 Nov 5; citado 2022 Nov 3]; [Aproximadamente 11 p.]. Disponible en: <https://cuidateplus.marca.com/enfermedades/neurologicas/autismo.html>
5. NCBDDD: National Center on Birth Defects and Developmental Disabilities [Internet]. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention (US). Tratamiento y servicios de intervención para el trastorno del espectro autista; [revisado 2022 Ene 28; citado 2022 Nov 3]; [aproximadamente 8 pantallas]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/autism/treatment.html> <https://web.archive.org/web/20220321042159/https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/autism/treatment.html>
6. Pinto Costa A, Charpiot L, Rodriguez Lera F, Ziafati P, Nazarihorram A, Van Der Torre L, et al. More Attention and Less Repetitive and Stereotyped Behaviors using a Robot with Children with Autism. In: 2018 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN). 2018 Aug. p. 534–9. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8525747> DOI: 10.1109/ROMAN.2018.8525747
7. Hernandez Sol A, Simuta López VE, Moreno Rincón R, Zepeda Hernández JA, Aguilar Castillejos AE, García Ramos OY. Sistema de reconocimiento de expresión facial para niños con autismo. *Revista Tecnología Digital* [Internet]. 2018 [citado 2022 Nov 3];8(1):57–68. Disponible en: [https://revistatecnologiadigital.com/pdf/08\\_006\\_sistema\\_reconocimiento\\_expresion\\_facial\\_ninios\\_autismo.pdf](https://revistatecnologiadigital.com/pdf/08_006_sistema_reconocimiento_expresion_facial_ninios_autismo.pdf)
8. Cruz Ardila JC, Salazar YA. Aplicación robótica para realizar terapias en niños con autismo. Larrondo Petrie MM, Alvarez H, Rodriguez Arroyave C, Páez Pino AC, editores. Excellence in engineering to enhance a country's productivity: Proceedings of the 12th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology; 2014 July 21–24; Guayaquil, Ecuador. Boca Raton, Florida, US: LACCEI; 2014. Refereed Paper #26, 11 p. Disponible en: <https://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP026.pdf>