

**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**Asistente robótico como soporte para el aprendizaje de lengua de señas  
para niños con discapacidad auditiva.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

Autor:

Edgar Orlando Vasquez Bueno

Director:

Ing. Hugo Torres Salamea Ph.D.

Cuenca, Ecuador

2025

## **DEDICATORIA**

Yo, Edgar Orlando Vasquez Bueno, dedico este logro a mis padres, hermanos y hermanas, cuyo amor incondicional y constante apoyo son fundamentales en mi vida y en la culminación de este logro académico; y a mí mismo por el esfuerzo que puse, por no haberme rendido en el camino y convertir las adversidades en fortalezas.

Que este trabajo sea el recordatorio de todo lo que superamos juntos para llegar aquí, los amo con todo mí ser.

## **AGRADECIMIENTOS**

Yo, Edgar Orlando Vasquez Bueno, deseo expresar mi sincero agradecimiento a Dios por ser mi fortaleza espiritual durante este proceso académico.

A mis padres, Luis y Rebeca, a mis hermanos y hermanas, por la confianza, sacrificio y amor.

A mi director de tesis, Ing. Hugo Torres Salamea, P.h.D, por su paciencia, por compartir sus conocimientos y su invaluable orientación que ha sido fundamental para complementar este trabajo.

A todos ustedes, mil gracias.

## **ASISTENTE ROBÓTICO COMO SOPORTE PARA EL APRENDIZAJE DE LENGUA DE SEÑAS PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA**

La discapacidad auditiva dificulta la percepción de sonidos, lo que afecta la vida diaria y genera barreras en la educación y desarrollo. Con el objetivo de complementar la inclusión y el aprendizaje mediante tecnología, se presenta la implementación de un asistente robótico como soporte para el aprendizaje de lengua de señas para niños con discapacidad auditiva utilizando el robot Humanoide Bioloid Premium tipo A. Se adaptó y construyó un asistente robótico que replicó los movimientos del diccionario de lengua de señas ecuatorianas mediante la pantalla de una aplicación móvil que permitió seleccionar las señas, validando su funcionamiento con estudiantes de un centro de educación especial para niños con discapacidad auditiva. Los resultados revelaron ser un sistema de aprendizaje inclusivo que potencia la labor educativa especializada.

**Palabras clave:** Robot Bioloid, Aplicación móvil, Discapacidad auditiva, Asistente robótico.

## **ROBOTIC ASSISTANT AS A SUPPORT FOR SIGN LANGUAGE LEARNING FOR CHILDREN WITH HEARING IMPAIRMENT**

Hearing impairment makes it difficult to perceive sounds, which impacts daily life and creates barriers to education and development. With the aim of complementing inclusion and learning through technology, we present the implementation of a robotic assistant as a support for sign language learning for children with hearing impairments using the Bioloid Premium Type A Humanoid Robot. A robotic assistant was adapted and built to replicate the movements of the ecuadorian sign language dictionary using a mobile application screen that allowed sign selection. Its operation was validated with students at a special education center for children with hearing impairments. The results revealed this to be an inclusive learning system that enhances specialized educational work.

**Keywords:** Bioloid robot, Mobile application, Hearing impairment, Robotic assistant.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>vii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b>	<b>1</b>
A. Estado del arte	1
B. Marco teórico	2
Discapacidad auditiva	2
Grados de pérdida y causas de la discapacidad auditiva	3
Impacto de la discapacidad auditiva en el desarrollo infantil	3
Lengua de señas y clasificación	3
Robot Bioloid Premium tipo A	3
Control remoto RC-100	3
Roboplus	4
Roboplus Motion	4
Roboplus Task	4
<b>III. METODOLOGÍA</b>	<b>4</b>
A. Programación de la pantalla, aplicación móvil	4
B. Comunicación inalámbrica entre la aplicación móvil y el robot	5
Comunicación entre aplicación móvil y Arduino	5
Comunicación Bluetooth BT-410 maestro-esclavo	5
Comunicación Arduino-botones del control remoto	5
Robot realiza movimiento	5
Implementación de un movimiento o paso	6
Movimientos de seña establecidos para el aprendizaje	6
Implementación de las señas a una función	7
<b>IV. RESULTADOS</b>	<b>8</b>
A. Análisis de la metodología de aprendizaje y validación	8
B. Análisis de la interacción niño-robot	8
C. Análisis de reporte final	10
Reporte de niños y niñas de 6 a 10 años	10
Reporte de niños y niñas de 11 a 16 años	10
Reporte general	10
D. Análisis de los tiempos de ejecución	11
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>11</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>11</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes y estructura del oído.-----	3
Figura 2. Robot Bioloid Premium tipo A. -----	3
Figura 3. Interfaz Roboplus Motion. -----	4
Figura 4. Estructura de funcionamiento del sistema.-----	4
Figura 5. Programación de la aplicación móvil en Android Studio.-----	5
Figura 6. Estructura de la comunicación inalámbrica del sistema. -----	5
Figura 7. Comunicación entre aplicación móvil y Arduino. -----	5
Figura 8. Comunicación para realizar el movimiento. -----	6
Figura 9. Dirección de memoria de los movimientos programados y sus pasos. -----	6
Figura 10. Simulación del movimiento. -----	6
Figura 11. Comprobación del movimiento. -----	6
Figura 12. Programación de la función.-----	8
Figura 13. Sistema de aprendizaje. -----	8
Figura 14. Interacción niño-robot. -----	9
Figura 15. Comparación de la evaluación final. -----	10
Figura 16. Reporte evaluación general. -----	10
Figura 17. Aprendizaje por edades. -----	11

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Grados de pérdida auditiva. -----	3
Tabla II. Clasificación de los sistemas de comunicación. -----	3
Tabla III. Descripción del software RoboPlus Motion. -----	4
Tabla IV. Comunicación entre Arduino y control remoto RC-100B. -----	5
Tabla V. Señal, articulaciones que se mueven y su gráfico. -----	6
Tabla VI. Edad y sexo de los participantes. -----	8
Tabla VII. Aprendizaje niño-robot. -----	9
Tabla VIII. Reporte validación niños y niñas. -----	10
Tabla IX. Tiempos de ejecución niño-robot. -----	11

# Asistente robótico como soporte para el aprendizaje de lengua de señas para niños con discapacidad auditiva

Edgar Orlando Vasquez Bueno  
Escuela de Ingeniería Electrónica  
Universidad del Azuay  
Cuenca, Ecuador  
edgarvasquez@es.uazuay.edu.ec

**Resumen-** La discapacidad auditiva dificulta la percepción de sonidos, lo que afecta la vida diaria y genera barreras en la educación y desarrollo. Con el objetivo de complementar la inclusión y el aprendizaje mediante tecnología, se presenta la implementación de un asistente robótico como soporte para el aprendizaje de lengua de señas para niños con discapacidad auditiva utilizando el robot Humanoide Bioloid Premium tipo A. Se adaptó y construyó un asistente robótico que replicó los movimientos del diccionario de lengua de señas ecuatorianas mediante la pantalla de una aplicación móvil que permitió seleccionar las señas, validando su funcionamiento con estudiantes de un centro de educación especial para niños con discapacidad auditiva. Los resultados revelaron ser un sistema de aprendizaje inclusivo que potencia la labor educativa especializada.

**Palabras Claves—** Robot Bioloid, Aplicación móvil, Discapacidad auditiva, Asistente robótico.

## I. INTRODUCCIÓN

La discapacidad auditiva se define como la pérdida o alteración de la función fisiológica del sistema auditivo, lo que genera una dificultad inmediata para oír, afectando directamente el acceso al lenguaje oral [1]. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el número de personas con discapacidades está aumentando e impactando especialmente a poblaciones vulnerables. Además, los niños con capacidades diferentes enfrentan mayores barreras para acceder al sistema educativo, presentan tasas más altas de deserción escolar y obtienen resultados académicos inferiores en comparación con estudiantes sin discapacidades [2].

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) promueve metodologías inclusivas y estrategias didácticas para garantizar una educación de calidad [2]. Hay 200 millones de personas con capacidades diferentes en el mundo y cuando uno de los sentidos se ve afectado, el desarrollo físico-cognitivo de los niños sigue un curso más lento. Para tratar esta problemática se requieren sesiones de rehabilitación que suelen ser repetitivas y generan aburrimiento [3].

Ante los desafíos en el ámbito educativo, la tecnología ha impulsado nuevas formas de ayudar a las personas para el desarrollo del aprendizaje mediante la robótica educativa, definida como la concepción, creación y puesta en funcionamiento de objetos técnicos físicos y electrónicos con fines pedagógicos [4]. La robótica educativa se perfila como un nuevo modelo pedagógico que integra la innovación tecnológica y las áreas de conocimiento tradicionales [5].

Los robots humanoides destacan debido a su semejanza morfológica con los humanos. Tienen aplicaciones en telepresencia, rehabilitación, psicología, interfaces hombre-máquina y robótica social. Además, sirven como plataformas de investigación interdisciplinaria, fomentando la colaboración entre áreas diversas [6]. En un artículo publicado sobre la implementación de la robótica en el desarrollo de la actividad física mediante un robot humanoide como asistente para terapias a adultos mayores tuvo un gran impacto, ya que a las personas les pareció nuevo y novedoso, motivándolos a imitar en un 100% los movimientos que realizaba el robot [7].

Este proyecto establece la implementación de un asistente robótico como soporte para el aprendizaje de lengua de señas para niños con discapacidad auditiva. Mediante el uso del robot humanoide Bioloid Premium se espera generar el interés y la comprensión a la hora de imitar las señas que ejecutará el robot, el cual permitirá establecer un canal de comunicación para el niño con su entorno social conformado por otros individuos con su misma condición o por cualquier persona que conozca la lengua de señas empleada.

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### A. Estado del arte

En la Universidad Tecnológica de Panamá se desarrolló el proyecto denominado “*Sistema de aprendizaje de Lengua de Señas Panameña (LSP) a través de un brazo robótico articulado con reconocimiento de gestos*” que permite enseñar, reconocer y evaluar las señas utilizando una red neuronal convolucional, librería OpenCV de Python para el sistema de visión artificial y una cámara para capturar los gestos y compararlos con un *dataset* de señas previamente entrenado. El sistema recibe comandos de voz para reproducir las señas, el usuario imita la seña y la cámara captura el gesto para evaluar su precisión. Si la seña es correcta se enciende una luz verde; si es incorrecta, se enciende una luz roja y se repite la seña. El sistema demostró ser efectivo, pero aún requiere mejoras para reconocer señas complejas [8].

En un artículo realizado por la facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería de la Unidad Tecnológica de Santander denominado “*Diseño de un guante electrónico para la interpretación y traducción del lenguaje de señas en personas con discapacidad auditiva mediante tecnología Arduino e interfaz de visualización por medio de una aplicación en Android*”, proponen un guante electrónico con sensores flexibles que detectan el movimiento de los dedos y un

acelerómetro que mide la orientación de la mano. Estos datos son procesados por un Arduino y enviados a una aplicación Android donde se visualiza la traducción de las señas. El proyecto resultó en un prototipo funcional debido a los sensores y acelerómetro que permiten una captura precisa de los movimientos de la mano [9].

En la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca, se desarrolló el *“Diseño y construcción de un asistente robótico humanoide para el soporte de terapia de lenguaje en niños de 3 a 6 años con dislalia”*, un trastorno común en la articulación de fonemas. El robot fue diseñado en Autodesk Inventor, el sistema electrónico incluye una Raspberry Pi 3B+ como unidad central de procesamiento, un Arduino Nano para controlar los motores de brazos y piernas, un micrófono para el reconocimiento de voz mediante API de Google y una pantalla táctil TFT para interactuar con los niños. Los resultados mostraron que los niños que utilizaron el robot tuvieron un mayor tiempo de atención y un avance más rápido en la adquisición de fonemas en comparación con aquellos que recibieron terapia convencional, también mostró ser útil para niños con discapacidad auditiva que utilizan implantes cocleares [10].

Un investigador de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, en el artículo *“Diseño y construcción de un traductor de lenguaje de señas, para facilitar la comunicación entre personas mediante una computadora y una mano robótica”* creó un prototipo de mano robótica controlada por un Arduino que permite traducir texto a lengua de señas. El sistema funciona mediante la entrada de texto en una computadora, luego es traducido a señas por la mano robótica en tiempo real. El prototipo demostró un alto nivel de eficiencia, con un 99% de precisión y una comunicación rápida y efectiva [11].

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se desarrolló el *“Diseño e implementación de un dispositivo electrónico mediante sistemas embebidos para la traducción de lenguaje de señas a palabras”* con el objetivo de evaluar su interpretación y margen de error. Utiliza una Raspberry Pi como unidad central de procesamiento, la mano derecha que es la encargada de realizar la seña consta de cinco sensores flexoresistivos y un sensor infrarrojo para diferenciar letras similares. Posee un módulo Wi-Fi para enviar datos hacia la mano izquierda que es la encargada de la recepción, almacenamiento y transmisión hacia la pantalla TFT donde se visualizan los datos. Se analizaron cinco letras, las cuales al juntarlas forman dos palabras, obteniendo que el dispositivo tiene un error del 2,59% [12].

En el artículo realizado en España denominado *“Desarrollo de un robot móvil interactivo para el aprendizaje lúdico y la enseñanza de una lengua”*, presenta el diseño y la implementación de un robot móvil para el desarrollo de juegos interactivos y el aprendizaje de idiomas basado en Kinect v2 que permite el seguimiento de 26 articulaciones del cuerpo. La interfaz permite al usuario controlar el robot mediante gestos y adaptarse a otros idiomas y contenidos. El robot fue probado con estudiantes de francés, teniendo una aceptación de más del 80% de satisfacción en aspectos teóricos y prácticos [13].

Según investigadores de la Universidad de Salamanca, en el artículo *“La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías”*, demuestran que la utilización de la robótica educativa en el aula empleada como herramienta adicional para la docencia mejora la atención del estudiante y la productividad del docente, además, dota al estudiante de un espacio controlado en donde puede cometer errores y no generar perjuicio en el propio estudiante [14].

Los investigadores del departamento de Ingeniería Robótica y Mecatrónica de la universidad de Dhaka, Bangladesh, crearon un robot de bajo costo que interpreta y reproduce las señas. El robot tiene 43 grados de libertad lo que le permite mover brazos, manos y cabeza de manera muy similar a un humano. Para esta investigación denominada *“Design and Development of a Humanoid Robot for Sign Language Interpretation”* se utilizan redes neuronales para enseñarle al robot a reconocer las señas y letras, obteniendo una precisión del 87,5% en el reconocimiento de las mismas ya que sus manos no tienen tantos grados de libertad como las manos humanas [15].

En Nigeria, los investigadores del departamento de Ingeniería en Computación de la Universidad Federal Ekiti en colaboración con la Iowa State University de Estados Unidos desarrollan el *“Design and prototyping of a robotic hand for sign language using locally-sourced materials”* de bajo costo para facilitar la comunicación. La aplicación móvil desarrollada en App Inventor 2 permite al usuario enviar texto o comandos de voz a la unidad de control del Arduino Mega que activa los servomotores que son convertidas en señas por la mano robótica, obteniendo una precisión promedio del 78,43% debido a las limitaciones en los grados de libertad de los dedos [16].

En una investigación realizada en Alemania denominada *“RoboTalk Prototyping a Humanoid Robot as a Speech-to-Sign Language Translator”*, se desarrolló un robot humanoide capaz de traducir voz a lenguaje de señas para facilitar la comunicación con personas con discapacidad auditiva. Utiliza un modelo de robot de código abierto InMoov, Python para la programación de los movimientos y Google Speech Recognition para convertir el habla en texto. Se traduce el texto al lenguaje de señas y el robot realiza los gestos correspondientes, obteniendo un 79% de precisión [17].

## **B. Marco teórico**

La investigación se centra en desarrollar un asistente robótico como soporte para el aprendizaje de lengua de señas para niños con deficiencia auditiva, por lo que es importante tener en cuenta los siguientes conceptos.

### **Discapacidad auditiva**

La discapacidad auditiva es una condición que afecta la capacidad de oír sonidos total o parcialmente. Como se puede observar en la Figura 1, el oído está compuesto por tres partes: Oído externo, oído medio y oído interno. Cada parte tiene una función específica en la captación y transformación de las ondas sonoras en impulsos nerviosos que llegan al cerebro [18].

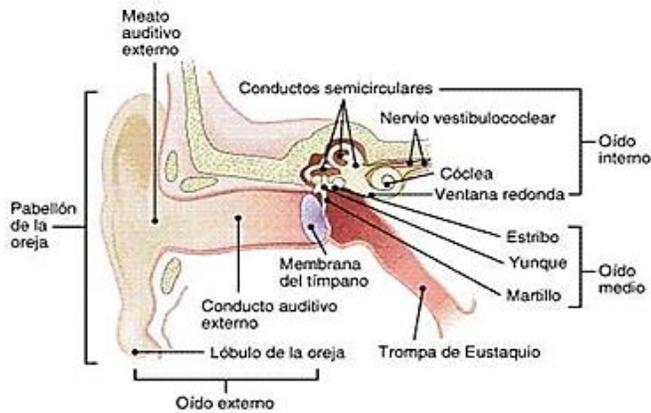


Figura 1. Partes y estructura del oído [18].

### Grados de pérdida y causas de la discapacidad auditiva

La pérdida auditiva es unilateral cuando se presenta en un solo oído y bilateral cuando se presenta en ambos oídos. El grado de pérdida se mide en decibelios (dB) y se calcula en función de la intensidad en la que amplifica un sonido, en la Tabla I se puede observar el grado de pérdida auditiva [19]. Entre las principales causas destacan factores genéticos (40% de los casos), complicaciones perinatales como prematuridad, bajo peso al nacer, asfixia durante el parto o infecciones maternas, enfermedades infecciosas posteriores al nacimiento (rubéola, meningitis, sarampión), factores ambientales como la exposición prolongada a ruidos intensos o el uso de medicamentos tóxicos [20].

Tabla I. Grados de pérdida auditiva [19].

Leve	20 - 40 dB
Media	40 - 70 dB
Severa	70 - 90 dB
Profunda	más de 90 dB

### Impacto de la discapacidad auditiva en el desarrollo infantil

En el ámbito lingüístico, genera alteraciones en la adquisición del habla, desarrollo fonológico y procesos de alfabetización. En el aspecto socioemocional, provoca dificultades en la interacción social que pueden desencadenar aislamiento y problemas de adaptación. A nivel cognitivo, interfiere con el procesamiento de información, memoria de trabajo y capacidad de aprendizaje [20].

### Lengua de señas y clasificación

Llamada también lenguaje dactilológico o lengua de signos, es una forma de comunicación utilizando principalmente las manos, extremidades y gestos para comunicarse con personas sordomudas, se clasifica en cuatro sistemas fundamentales de comunicación, tal como se detalla en la Tabla II [21]. El 90% de los niños sordos nacen en familias oyentes, lo que frecuentemente genera privación lingüística debido a la dificultad de estos para adaptar su comunicación visual e incorporar el lenguaje de señas efectivamente [22].

Tabla II. Clasificación de los sistemas de comunicación [21].

Sistema	Descripción
Manual	Usa una o ambas manos para representar señas.
Gestual-Expresivo	Usa expresiones faciales: boca, ojos, lengua.
Corporal	Usa partes del cuerpo: pies, hombros, tronco.
Implementación de objetos	Usa objetos o herramientas para ampliar el vocabulario y precisar el mensaje.

La articulación de un movimiento del lenguaje de señas no es universal, varía según el país o región. En el Ecuador se utiliza el diccionario web oficial de la Lengua de Señas Ecuatoriano “Gabriel Román”, desarrollado por el Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades (CONADIS) con el apoyo de la Federación Nacional de Sordos del Ecuador (FENASEC), y la Universidad Tecnológica Indoamérica. Contiene gráficos y videos explicativos a través de los cuales se observa la forma adecuada de articular una seña [23].

### Robot Bioloid Premium tipo A

Es un tipo de robot móvil diseñado para imitar la estructura y el comportamiento humano, poseen cabeza, torso, brazos y piernas [24]. Está compuesto por múltiples módulos que pueden configurarse para adaptarse a diferentes tareas brindando versatilidad y robustez [25]. Posee 18 servomotores DYNAMIXEL AX-12 que permiten controlar la velocidad, carga y posición del motor. Es compatible con Arduino, Python y Matlab, admite expansiones como sensores de distancia, giroscopio, infrarrojo, control remoto mediante comunicación infrarroja y Bluetooth. Se programa mediante RoboPlus vía USB y son gestionadas por el controlador CM-530, ver Figura 2 [26].



Figura 2. Robot Bioloid Premium tipo A [26].

### Control remoto RC-100

Es un dispositivo para controlar el robot, se configuran los canales de comunicación para controlarlo remotamente. Si cambia el canal del controlador, también debe cambiar el canal del control remoto [26].

## Roboplus

Es una herramienta proporcionada por Robotis que permite programar el robot Biolooid de manera visual e intuitiva. Está constituida por RoboPlus Motion y RoboPlus Task [26].

### Roboplus Motion

Se utiliza para programar los movimientos de los servomotores en los 255 espacios de memoria del controlador CM-530 mediante programación inversa. El robot se posiciona manualmente y, gracias a la inteligencia de los servomotores, retroalimenta los valores angulares de cada articulación. En la Figura 3 se observa las partes que componen el software y en la Tabla III la definición de las mismas [26].

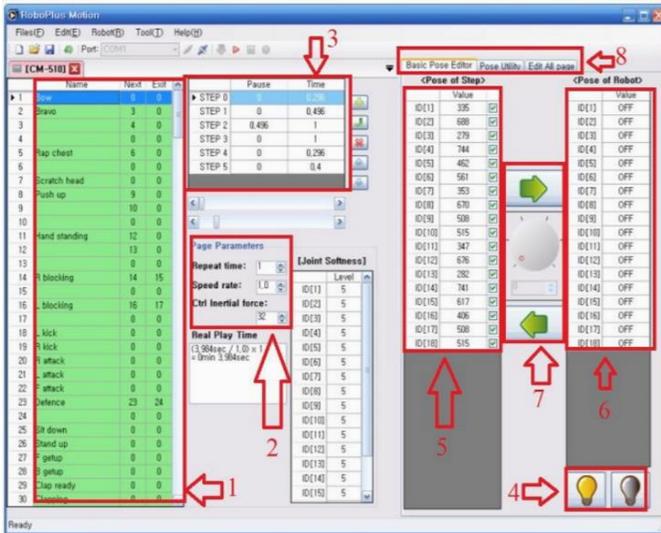


Figura 3. Interfaz Roboplus Motion [27].

Tabla III. Descripción del software RoboPlus Motion [27].

1	Memoria	Para almacenar los movimientos programados en el controlador CM-530.
2	Configuración	Para configurar el tiempo, repeticiones, velocidad, fuerza y secuencia de los motores.
3	Pasos o Steps	Para programar los movimientos que ejecuta el robot.
4	Encender/Apagar	Para habilitar los motores y posicionar-guardar un nuevo movimiento.
5	Servomotores	18 servomotores con valores que varían según el movimiento.
6	Robot	Muestra la posición de los motores en el robot.
7	Controles	Para cargar los valores de los motores al robot y viceversa.
8	Menú	Permite visualizar los movimientos programados en el robot.

### Roboplus Task

Recopila y sincroniza los datos almacenados en las direcciones de memoria de RoboPlus Motion, coordinando la ejecución secuencial de cada señal programada [26].

## III. METODOLOGÍA

El desarrollo del asistente robótico como soporte para el aprendizaje se basó en el método de imitación o aprendizaje

observacional. El proceso de aprendizaje del sistema inicia cuando el usuario establece la conexión Bluetooth entre la aplicación móvil y el Arduino. Una vez sincronizados, los botones del control remoto se han adaptado al Arduino para ser activados mediante caracteres enviados desde la aplicación móvil. Cada transistor del control remoto actúa como un interruptor electrónico, de manera que, al seleccionar la señal en la aplicación móvil, simula la pulsación de un botón físico en el control remoto. Esto genera la transmisión inalámbrica de la instrucción desde el módulo Bluetooth BT-410 configurado como maestro en el control remoto al módulo BT-410 en modo esclavo integrado al controlador del robot para que ejecute el movimiento correspondiente.

De esta manera, el robot reproduce de forma inmediata el movimiento asociado a la señal seleccionada en la aplicación móvil. Los niños observan y luego replican el movimiento por sí mismos. Para reforzar el aprendizaje, el sistema proporciona retroalimentación, permitiendo que los niños repitan las señales hasta alcanzar su dominio. Se graba las interacciones con una cámara, se almacenan y son enviadas a la docente profesional en lengua de señas para el reporte, la estructura de este sistema interactivo y práctico se puede observar en la Figura 4.

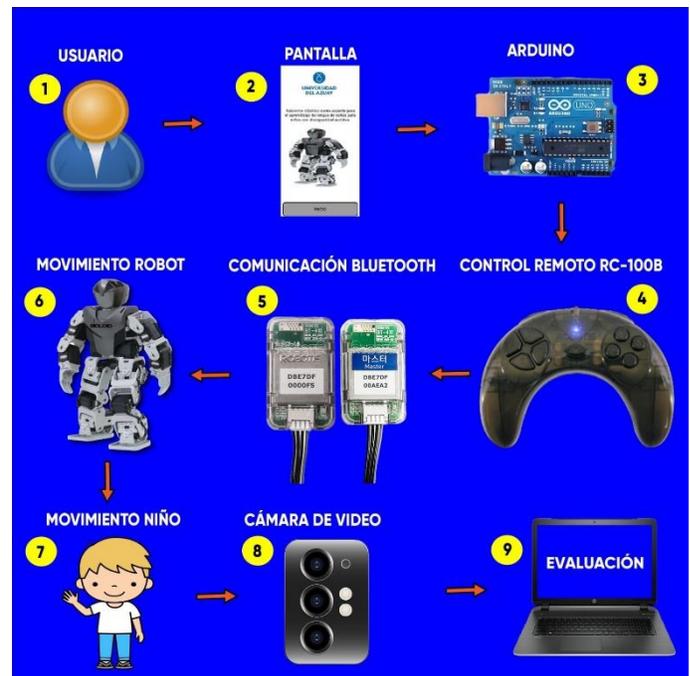


Figura 4. Estructura de funcionamiento del sistema.

### A. Programación de la pantalla, aplicación móvil

La aplicación móvil se desarrolló en Android Studio, plataforma que facilita la gestión de librerías con editor de código inteligente [28]. Está compuesta por dos pantallas: la actividad principal o *main activity* que corresponde a la programación de la pantalla principal de bienvenida con el logo y título del proyecto. La actividad secundaria contiene los botones con los nombres de las señales que ejecutará el robot, como se observa en la Figura 5.



Figura 5. Programación de la aplicación móvil en Android Studio.

### B. Comunicación inalámbrica entre la aplicación móvil y el robot

Este estudio aborda la complejidad de enviar los datos desde la aplicación móvil al robot mediante comunicación Bluetooth, la estructura para la implementación de esta comunicación se ilustra en la Figura 6.

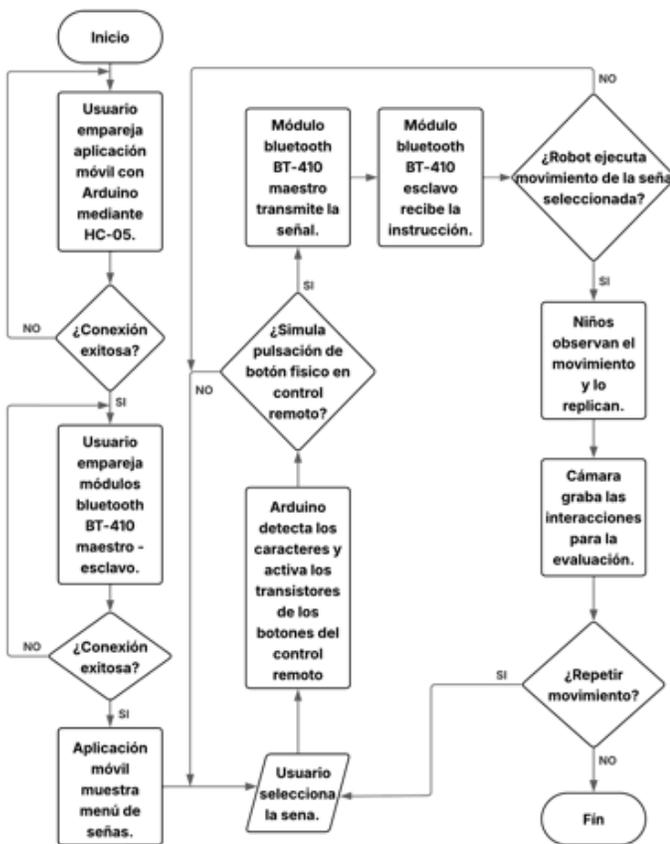


Figura 6. Estructura de la comunicación inalámbrica del sistema.

### Comunicación entre aplicación móvil y Arduino

La comunicación Bluetooth entre la aplicación móvil y el Arduino se estableció mediante el módulo Bluetooth HC-05. La

elección de Arduino se debe a su capacidad de procesamiento, memoria, conectores, entradas/salidas para realizar tareas de control y automatización [29]. Además, al ser código abierto permite controlar sensores, actuadores y otros componentes electrónicos [30]. El HC-05 permite añadir funcionalidad Bluetooth a proyectos con Arduino, utiliza comandos AT y opera a 9600 baudios [31]. Para ello, se utilizaron 4 de los 6 pines disponibles en el módulo: el pin de alimentación Vcc se conecta a 5V, el pin GND a tierra, el pin de transmisión Tx al puerto dos y el Rx al puerto tres, como se observa en la Figura 7.

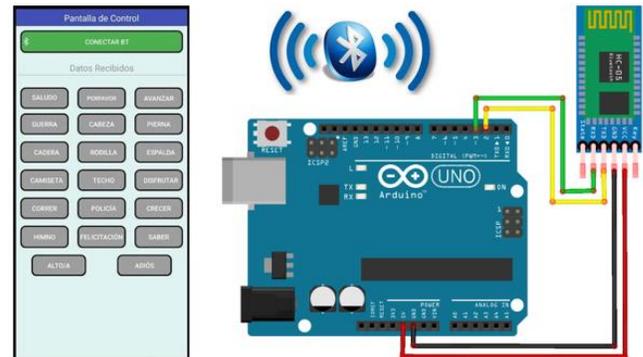


Figura 7. Comunicación entre aplicación móvil y Arduino.

### Comunicación Bluetooth BT-410 maestro-esclavo

El módulo Bluetooth BT-410 permitió la comunicación entre el control remoto y el robot. Utiliza cable tipo conector para instalar en el controlador del robot y en el control remoto [32]. El módulo maestro se conectó al control remoto, el módulo esclavo al controlador. Para el emparejamiento, se colocó a una distancia menor a 10 metros entre ellos. Una vez emparejados se comunican a distancias mayores.

### Comunicación Arduino-botones del control remoto

En esta etapa se emplea el control remoto RC-100B incluido en el kit del Robot Bioloid. Los pines de los transistores correspondientes a cada botón del control remoto se adaptaron al Arduino como se detalla en la Tabla IV, para ser activado mediante caracteres enviados desde la aplicación móvil. Cada transistor actúa como un interruptor electrónico controlado por el Arduino, de manera que, al activarse, simula la pulsación de un botón en el control remoto, enviando así la señal correspondiente al robot.

Tabla IV. Comunicación entre Arduino y control remoto RC-100B.

BOTÓN CONTROL REMOTO	PUERTO ARDUINO	BOTÓN CONTROL REMOTO	PUERTO ARDUINO
R	10	1	9
D	11	2	8
L	12	3	7
U	13	4	6

### Robot realiza movimiento

Se estableció la comunicación entre la aplicación móvil y el Arduino a través del módulo Bluetooth HC-05.

Simultáneamente, el LED azul del módulo maestro y esclavo BT-410 parpadean, indicando que están buscando emparejarse. Una vez emparejados, los LEDs permanecen encendidos. Cada botón de la aplicación móvil envía un valor único, que varía entre 1 y 20, permitiendo que el robot identifique los botones presionados y responda de acuerdo con la selección realizada. En la Figura 8 se observa la conexión entre la aplicación-Arduino-Robot para realizar el movimiento.

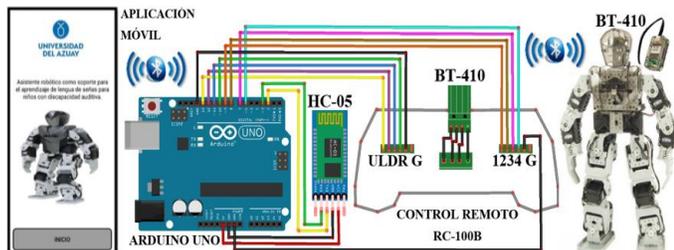


Figura 8. Comunicación para realizar el movimiento.

### Implementación de un movimiento o paso

El movimiento o paso se refieren a una posición de las articulaciones del robot. Para la implementación del mismo se utilizó el software Roboplus Motion, se indicó la dirección de memoria en la que se almacenarán los valores de las articulaciones y un nombre para poder identificar las mismas. Luego, se procedió a programar los pasos necesarios para realizar cada movimiento de seña, asignando valores a los 18 servomotores, configurando la velocidad, tiempo de ejecución y la cantidad de repeticiones. Dentro de los espacios de memoria, se puede utilizar hasta 6 pasos para cada servomotor, como se observa en la Figura 9.

Nombre	Siguiente	Salir
1 SALUDO	0	0
2 SEÑA 1	0	0
3 SEÑA 2	0	0
4 SEÑA 3	0	0
5 SEÑA 4	0	0
6 SEÑA 5	0	0
7 SEÑA 6	0	0
8 SEÑA 7	0	0
9 SEÑA 8	0	0
10 SEÑA 9	0	0
11 SEÑA 10	0	0
12 SEÑA 11	0	0
13 SEÑA 12	0	0
14 SEÑA 13	0	0
15 SEÑA 14	0	0
16 SEÑA 15	0	0
17 SEÑA 16	0	0
18 SEÑA 17	0	0
19 SEÑA 18	0	0
20 SEÑA 19	0	0
21 SEÑA 20	0	0
22	0	0
23	0	0
24	0	0
25	0	0
26	0	0

Paso	Pausa	Tiempo
PASO 0	0	1,224
PASO 1	0	0,32
PASO 2	0	0,32
PASO 3	0	0,32
PASO 4	0	0,32
PASO 5	0,12	0,32
PASO 6	0	1,224

Parámetros de página	
Tiempo de	1
Velocidad:	1.0
Control de la fuerza	32
Tiempo de ejecución	(4,168seg / 1,0) x 1 = 0min 4,168seg

Dureza de las	
ID[1]	Nivel 5
ID[2]	Nivel 5
ID[3]	Nivel 5
ID[4]	Nivel 5
ID[5]	Nivel 5
ID[6]	Nivel 5
ID[7]	Nivel 5
ID[8]	Nivel 5
ID[9]	Nivel 5
ID[10]	Nivel 5
ID[11]	Nivel 5

Figura 9. Dirección de memoria de los movimientos programados y sus pasos.

En el menú Utilidad de postura, se seleccionó el robot Bioloid Premium tipo A para verificar por medio de una simulación el movimiento de las articulaciones del robot, verificando de esta manera si los valores colocados en la ventana de programación del paso son los correctos, como se observa en la Figura 10.

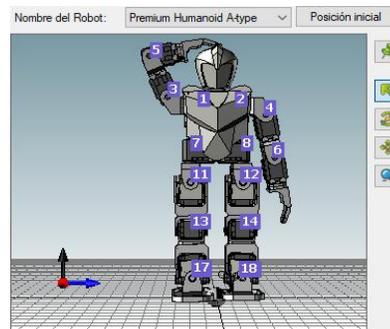


Figura 10. Simulación del movimiento [26].

Luego de haber comprobado la simulación se procedió a verificar el movimiento real en el robot, para lo cual, se enviaron los datos de la posición del paso a la posición del robot (Figura 11).



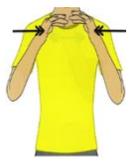
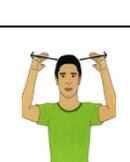
Figura 11. Comprobación del movimiento.

### Movimientos de seña establecidos para el aprendizaje

En la Tabla V se presentan los 20 movimientos de seña de comunicación general que el robot ejecutará. Estas señas han sido seleccionadas del diccionario web ecuatoriano “Gabriel Román”, el cual incluye un gráfico explicativo que detalla la forma correcta de articular cada una de ellas.

Tabla V. Seña, articulaciones que se mueven y su gráfico [23].

SEÑA	ARTICULACIONES	MOVIMIENTO SEÑA	MOVIMIENTO ROBOT
Saludo	Hombros, codos y manos		
Por favor	Hombro, codo y mano		
Avanzar	Hombros, codos y manos		

Guerra	Hombros, codos y manos		
Cabeza	Hombro, codo y mano		
Pierna	Hombro, codo y mano		
Cadera	Hombros, codos y manos		
Rodilla	Hombro, codo, mano, cadera, rodilla		
Espalda	Hombro, codo y mano		
Camiseta	Hombros, codos y manos		
Techo	Hombros, codos y manos		
Disfrutar	Hombros, codos y manos		

Correr	Hombros, codos y manos		
Policía	Hombro, codo y mano		
Crecer	Hombro, codo y mano		
Himno	Hombro, codo y mano		
Felicitación	Hombro, codo y mano		
Saber	Hombro, codo y mano		
Alta/o	Hombro, codo y mano		
Adiós	Hombro, codo y mano		

### Implementación de las señas a una función

Se utilizó el subprograma RoboPlus Task, para comunicarse con los datos de las articulaciones del movimiento que se encuentran localizados en el espacio de memoria se utiliza la instrucción "Motion Index Number" que se encuentra en la ventana "Establecer Dispositivo o Número" en la opción "Motion Control".

El comando STAND WHILE permite verificar si algún otro ejercicio se está ejecutando, si es verdadero entra en un bucle infinito hasta que el robot acaba de realizar el ejercicio, caso contrario obtiene los datos del controlador y realiza el movimiento, como se observa en la Figura 12.

```

Start Program
{
  ENDLESS LOOP
  {
    STAND WHILE ( Motion Status == TRUE )
    Motion Index Number = 1
    Timer = 1,152seg
    STAND WHILE ( Timer > 0 )
  }
}

```

Figura 12. Programación de la función.

#### IV. RESULTADOS

Para comprobar el sistema que se observa en la Figura 13, se realizaron validaciones con niños y niñas cuyas edades oscilan entre 6 y 16 años. La docente especializada en lengua de señas explica que el aprendizaje y la percepción de conocimientos difieren notablemente entre los niños más pequeños y los mayores, debido a las distintas etapas de desarrollo cognitivo, emocional y social que atraviesan.

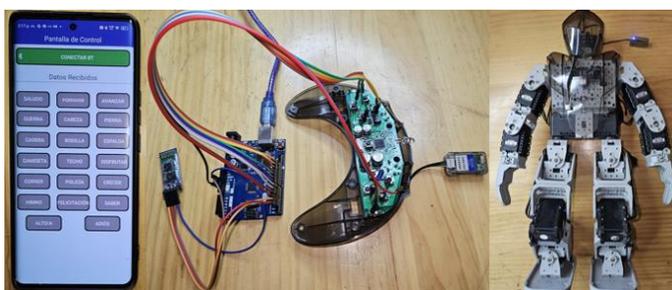


Figura 13. Sistema de aprendizaje.

Por ello, se dividió a los participantes en dos grupos según su edad: un primer grupo de 4 niños y niñas de 6 a 10 años y un segundo grupo de cuatro niños y niñas de 11 a 16 años. Esta división permitió analizar y evaluar con mayor precisión en qué grupo el robot tiene un impacto más significativo en el aprendizaje, identificando si el sistema es más efectivo con los niños más pequeños o más grandes y adaptar la metodología según los resultados obtenidos.

En la Tabla VI se detalla la edad y sexo de los niños participantes. Los padres de familia firmaron un consentimiento autorizando la participación de sus representados en el presente estudio.

Tabla VI. Edad y sexo de los participantes.

6 – 10 AÑOS			11 – 16 AÑOS		
Número	Edad (años)	Sexo	Número	Edad (años)	Sexo
1	6	F	5	11	M
2	7	M	6	13	F
3	8	M	7	14	M
4	10	F	8	16	F

#### A. Análisis de la metodología de aprendizaje y validación

Los niños y niñas que participan en las validaciones del sistema no poseen conocimientos previos sobre la comunicación mediante lengua de señas, ni sobre cómo interpretar señas dirigidas a personas con discapacidad auditiva.

La metodología empleada para la enseñanza, el aprendizaje y validación del sistema se dividió en las siguientes etapas:

**Observación:** En esta etapa, los niños observan al robot ejecutando los movimientos correspondientes a una seña específica. Este paso les permitió familiarizarse con la forma, dirección y ritmo de cada movimiento, sentando las bases para su aprendizaje.

**Repetición:** Una vez que los niños han observado al robot, proceden a imitar y repetir los movimientos de la seña por sí mismos. Esta práctica les ayudó a internalizar los gestos y a desarrollar la coordinación necesaria para realizarlos correctamente.

**Retroalimentación:** El sistema proporcionó retroalimentación para reforzar el aprendizaje. Si los movimientos no se ejecutaron de manera precisa por parte de los niños, el robot repite la seña cuantas veces sea necesario. Para ello, solo es necesario presionar el botón correspondiente a la seña en la aplicación móvil. Este ciclo de retroalimentación aseguró un progreso continuo y guiado para el aprendizaje.

**Validación:** En la etapa final, los niños interactuaron con personas que presentan discapacidad auditiva con el fin de validar su aprendizaje.

Durante esta interacción, se grabaron los movimientos de señas realizados por los niños, los cuales posteriormente fueron enviados a una docente especializada en lengua de señas para su validación.

#### B. Análisis de la interacción niño-robot

Se realizó la interacción niño-robot, el cual observan y replican los movimientos realizados por el robot, como se observa en la Figura 14.



Figura 14. Interacción niño-robot.

En la Tabla VII se presenta el proceso de interacción niño-robot durante el aprendizaje. Se observó cómo los niños logran articular cada uno de los 20 movimientos de señas al observar y replicar los movimientos realizados por el robot.

Tabla VII. Aprendizaje niño-robot.

SEÑA	MOVIMIENTO O SEÑA	SEÑA	MOVIMIENTO O SEÑA
Saludo		Por Favor	
Avanzar		Guerra	
Cabeza		Pierna	
Cadera		Rodilla	

Espalda		Camiseta	
Techo		Disfrutar	
Correr		Policía	
Crecer		Himno	
Felicitación		Saber	
Alto/a		Adiós	

La Tabla VIII presenta los reportes de los niños validada por la docente especialista en lengua de señas. Estos reportes reflejan el desempeño individual de cada niño después de practicar cinco veces cada una de las 20 señas programadas en el robot y de interactuar de manera individual con una persona con discapacidad auditiva. La evaluación se centra en dos

aspectos clave: la precisión en la articulación de las señas y su claridad durante la comunicación. Para ello, se utilizó un sistema de check list en el que se asigna 1 si la seña es correcta y comprensible, y 0 si es incorrecta o no se entiende.

Tabla VIII. Reporte validación niños y niñas.

Seña	Niña 1	Niño 2	Niño 3	Niña 4	Niño 5	Niña 6	Niño 7	Niña 8
Saludo	1	1	1	1	1	1	1	1
Por favor	1	1	0	1	1	1	1	1
Avanzar	1	1	1	1	1	1	1	1
Guerra	1	1	0	0	1	1	1	1
Cabeza	1	1	1	1	1	1	1	1
Pierna	1	1	1	1	1	1	1	1
Cadera	1	1	1	1	1	1	1	1
Rodilla	1	1	1	1	1	1	1	1
Espalda	1	1	1	1	1	1	1	1
Camiseta	1	1	0	0	1	1	1	1
Techo	0	0	1	1	1	0	1	1
Disfrutar	0	0	1	0	1	0	1	1
Correr	1	0	1	1	1	1	1	1
Policía	1	1	0	1	1	1	1	0
Crecer	0	1	0	1	1	1	1	0
Himno	1	1	1	1	1	1	1	1
Felicitación	0	1	1	1	1	1	1	1
Saber	1	1	1	0	1	1	1	1
Alto/a	0	1	1	1	1	1	1	1
Adiós	0	1	1	1	1	1	1	1

### C. Análisis de reporte final

#### Reporte de niños y niñas de 6 a 10 años

En la Tabla VIII se presenta el resultado del reporte de la Niña 1 por parte de la docente especializada en lengua de señas. Del total de 20 señas realizadas, la participante ejecutó 14 correctamente y 6 de manera incorrecta, alcanzando un 70% de efectividad. Las señas en las que presentó dificultades en la articulación son: Techo, Disfrutar, Crecer, Himno, Alto/a y Adiós, alcanzando un 30% de error.

El Niño 2 demostró mayor dominio en la ejecución de las señas con 17 aciertos y 3 errores, teniendo un 85% de precisión. Por su parte el Niño 3, alcanzó 15 aciertos y 5 errores, teniendo una efectividad del 75%. Finalmente, la Niña 4 logró 16 aciertos y 4 errores, teniendo un 80% de efectividad. Las señas con mayor porcentaje de aciertos entre los niños fueron: Saludo, Avanzar, Cabeza, Pierna, Cadera, Rodilla, Espalda e Himno. Estas alcanzaron un 100% de ejecución correcta por parte de todos los participantes. Por lo contrario, la seña de mayor dificultad resultó ser: Disfrutar, un solo niño logró articular adecuadamente.

#### Reporte de niños y niñas de 11 a 16 años

En la Tabla VIII se muestran un destacado nivel de competencia en la ejecución de señas entre los participantes. El Niño 5 y el Niño 7 mostraron un dominio del 100% de precisión al momento de articular las señas, lo que indica una comprensión completa. Por su parte, la Niña 6 y Niña 8 mostraron un rendimiento de 18 aciertos y 2 errores, teniendo una efectividad del 90%. Las señas con mayor porcentaje de aciertos entre los niños fueron: Saludo, Por favor, Avanzar, Guerra, Cabeza, Pierna, Cadera, Rodilla, Espalda, Camiseta, Correr, Himno, Felicitación, Saber, Alto/a y Adiós. Estas señas alcanzaron un 100% de ejecución correcta por parte de todos los participantes. Por lo contrario, las señas que mayor dificultad presentaron en la articulación son: Techo, Disfrutar, Policía y Crecer.

#### Reporte general

El análisis comparativo de la Figura 15 muestra la relación de aprendizaje por seña entre el grupo de 11 a 16 años y el grupo de 6 a 10 años. Los niños del grupo menor presentan mayor dificultad en la interpretación y articulación de la seña.

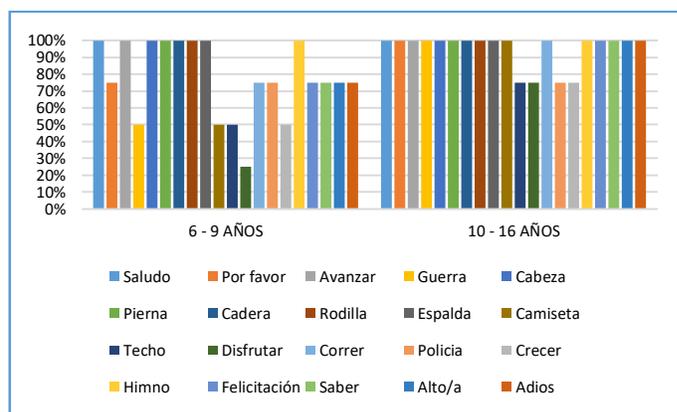


Figura 15. Comparación de la evaluación final.

En la Figura 16 se observa la relación entre la edad de los participantes y su desempeño. El Niño 1 (6 años) presenta el rendimiento más bajo respecto al Niño 5 (11 años) y el Niño 7 (14 años) que tienen los rendimientos más altos.

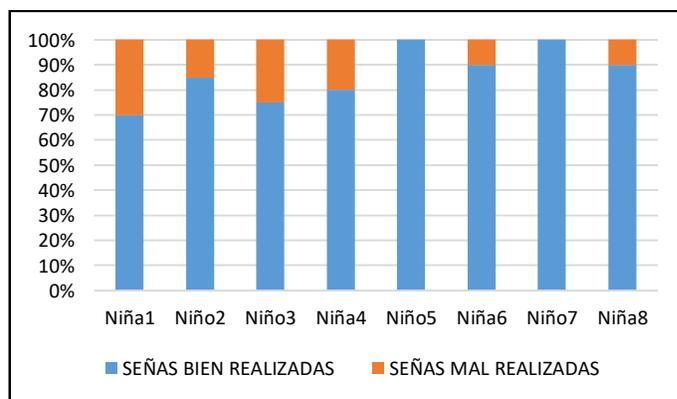


Figura 16. Reporte evaluación general.

Como se observa en la Figura 17, los niños de 11 a 16 años muestran un notable 95% de dominio en el aprendizaje, superando considerablemente al grupo de 6 a 10 años que

alcanzan un 78%. Esta brecha del 17% entre ambos grupos sugiere importantes consideraciones para el diseño de estrategias educativas diferenciadas por nivel de desarrollo cognitivo.

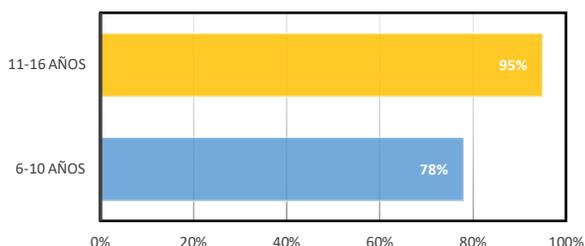


Figura 17. Aprendizaje por edades.

#### D. Análisis de los tiempos de ejecución

En la Tabla IX se detalla el tiempo que le tomó realizar cada seña al robot, a los niños y la variación entre ellos. Si la variación es negativa, indica que el robot requiere más tiempo para completar la seña en comparación con los niños. Una variación igual a cero señala que ambos, robot y niños, ejecutan el movimiento en exactamente el mismo intervalo de tiempo. Finalmente, una variación positiva demuestra que son los niños quienes emplean más tiempo que el robot para realizar la seña.

Tabla IX. Tiempos de ejecución niño-robot.

Seña	Robot (seg)	6-10 AÑOS		11-16 AÑOS	
		Niño (seg)	Variación (seg)	Niño (seg)	Variación (seg)
Saludo	3,686	3,58	-0,106	3,31	-0,376
Por favor	3,059	3,32	0,261	2,71	-0,349
Avanzar	3,75	3,86	0,11	3,51	-0,24
Guerra	3,322	2,61	-0,712	2,88	-0,442
Cabeza	4,168	2,97	-1,198	3,73	-0,438
Pierna	3,36	2,7	-0,66	3,09	-0,27
Cadera	4,169	2,98	-1,189	3,21	-0,959
Rodilla	3,907	2,88	-1,027	3,38	-0,527
Espalda	4,568	3,75	-0,818	3,86	-0,708
Camiseta	3,84	4,34	0,5	3,42	-0,42
Techo	5,464	4,63	-0,834	5,18	-0,284
Disfrutar	3,208	3,12	-0,088	3,18	-0,028
Correr	3,128	3,44	0,312	2,96	-0,168
Policía	2,76	2,21	-0,55	2,31	-0,45
Creecer	3,824	3,4	-0,424	3,78	-0,044
Himno	3,112	3,08	-0,032	3,04	-0,072
Felicitación	3,664	2,9	-0,764	2,88	-0,784
Saber	3,464	3,12	-0,344	2,8	-0,664
Alto/a	5,776	5,25	-0,526	4,68	-1,096
Adiós	2,984	2,03	-0,954	2,61	-0,374

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a la implementación del asistente robótico y a la validación con estudiantes de la unidad educativa especial Claudio Neira Garzón, institución especializada en educación para niños con discapacidad auditiva, se llegó a la conclusión que los niños de 11 a 16 años dominan la mayoría de las señas con un 100% de efectividad en 16 de las 20 señas evaluadas y que el sistema funciona óptimamente bajo un modelo híbrido, donde el robot actúa como herramienta motivacional de aprendizaje inclusivo y de refuerzo, mientras que la profesional especialista en lengua de señas garantiza la precisión del aprendizaje.

Los niños de 6 a 10 años presentan un rendimiento más variable, especialmente en señas abstractas. Se observa una marcada diferencia en señas como “Disfrutar” (25% vs 75%), “Guerra” (50% vs 100%) y “Camiseta” (50% vs 100%), donde la desigualdad de aprendizaje supera el 50%. Sin embargo, ambos grupos muestran dominio completo en señas concretas relacionadas con partes del cuerpo humano y acciones básicas (100% en todos los casos). Las señas como “Techo” (50% vs 75%), “Disfrutar” (50% vs 75%), “Policía” (75% vs 75%) y “Creecer” (50% vs 75%) representan desafíos que necesitan atención y refuerzo.

El robot Bioloid presentó dos limitaciones principales en la selección y ejecución de señas. En primer lugar, su capacidad mecánica resultó insuficiente para reproducir señas que requerían un mayor número de articulaciones que las disponibles en su configuración física. En segundo lugar, el software de programación mostró una limitación técnica al permitir únicamente 6 pasos de memoria por cada dirección, lo que afectó la precisión en la ejecución de aquellas señas que necesitaban una secuencia más detallada de movimientos para su correcta representación. Estas restricciones tanto en hardware como en software condicionan el alcance y fidelidad de las señas que el sistema podía reproducir.

La validación demostró que el asistente robótico es una herramienta efectiva para el aprendizaje de lengua de señas para niños mayores a 10 años, logrando un dominio casi completo de las señas evaluadas y requiere adaptaciones metodológicas para niños más pequeños. Se recomienda desarrollar estrategias de enseñanza diferenciadas que prioricen el refuerzo visual y la repetición guiada mediante actividades lúdicas para las señas de mayor complejidad en el grupo de 6 a 10 años, ya que su menor capacidad de atención sostenida los hace más susceptibles a distraerse. Para los niños de 11 a 16 años puede mantenerse el enfoque actual de enseñanza, dado su alto nivel de competencia y mayor capacidad de concentración.

## REFERENCIAS

- [1] J. Carrascosa García, «LA DISCAPACIDAD AUDITIVA. PRINCIPALES MODELOS Y AYUDAS TÉCNICAS PARA LA INTERVENCIÓN,» *Revista Internacional de Apoyo a la Inclusión, Logopedia, Sociedad y Multiculturalidad*, vol. 1, n° 1, pp. 24-36, 2015.

- [2] P. Y. Ochoa Martínez, J. A. Hall López, A. A. Carmona López, M. M. Morales Ramírez, E. I. Alarcón Mesa y P. Sáenz López, «Efecto de un programa adaptado de educación física en niños con discapacidad auditiva sobre la coordinación motora,» *MHSalud*, vol. XVI, n° 2, pp. 1-11, 2019.
- [3] V. M. Peñeñory, A. F. Bacca y S. P. Cano, «Propuesta metodológica para el diseño de juegos serios para la rehabilitación psicomotriz de niños con discapacidad auditiva,» *CAMPUS VIRTUALES*, vol. VII, n° 2, pp. 48-53, 2018.
- [4] V. C. Velásquez Angamarca, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ASISTENTE ROBÓTICO HUMANOIDE PARA EL SOPORTE DE TERAPIA DE LENGUAJE EN NIÑOS DE 3 A 6 AÑOS CON DISLALIA, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2019.
- [5] C. Juárez Landín, J. L. Sánchez Ramírez, M. A. Mendoza Pérez, J. M. Sánchez Soto y M. Martínez Reyes, «ROBOTS BIOLOID Y NAO COMO ESTRATEGIA PEDAGÓGICA PARA FORMAR COMPETENCIAS EN LOS ESTUDIANTES DE LICENCIATURA,» *Pistas Educativas*, vol. XXXVIII, n° 122, pp. 260-268, 2016.
- [6] V. Núñez, A. Sapiens, D. Rodríguez y V. Rodríguez, «Modelo VRML interactivo de un robot humanoide Bioloid,» de *Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos*, Guanajuato, 2013.
- [7] H. M. Torres Salamea y P. A. Sari Cedillo, Programación y Evaluación de la Aceptación de un Robot Humanoide como Asistente para Terapias Físicas a Adultos Mayores, Cuenca: Universidad del Azuay, 2019.
- [8] A. Flores, E. González, N. Valenzuela, J. Zhang Pan, V. Villarreal y L. Muñoz, «Sistema de aprendizaje de Lengua de Señas Panameña (LSP) a través de un brazo robótico articulado con reconocimiento de gestos,» de *III Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil*, Pereira, 2019.
- [9] J. A. Meriño Guzmán y D. G. Garizabalo Pedrozo, DISEÑO DE UN GUANTE ELECTRÓNICO PARA LA INTERPRETACIÓN Y TRADUCCIÓN DEL LENGUAJE DE SEÑAS EN PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA MEDIANTE TECNOLOGÍA ARDUINO E INTERFAZ DE VISUALIZACIÓN POR MEDIO DE UNA APLICACIÓN EN ANDROID, Colombia: Repositorio Institucional RI-UTS, 2020.
- [10] V. C. Velásquez Angamarca, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ASISTENTE ROBÓTICO HUMANOIDE PARA EL SOPORTE DE TERAPIA DE LENGUAJE EN NIÑOS DE 3 A 6 AÑOS CON DISLALIA, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2019.
- [11] M. P. España Cajiao, Diseño y construcción de un traductor de lenguaje de señas, para facilitar la comunicación entre personas mediante una computadora y una mano robótica, Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2020.
- [12] F. A. Alulema Aimara y K. A. Loza Martínez, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO MEDIANTE SISTEMAS EMBEBIDOS PARA LA TRADUCCIÓN DEL LENGUAJE DE SEÑAS A PALABRAS, Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017.
- [13] M. A. Ojeda-Misses, «Desarrollo de un robot móvil interactivo para el aprendizaje lúdico y la enseñanza de una lengua,» *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. XVIII, n° 1, pp. 1-8, 2023.
- [14] I. Moreno, L. Muñoz, J. R. Serracín, J. Quintero, K. Pittí y J. Quiel, LA ROBÓTICA EDUCATIVA, UNA HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS Y LAS TECNOLOGÍAS, España: Ediciones Universidad de Salamanca, 2012.
- [15] R. A. Nihal, N. M. Broti, S. A. Deowan y S. Rahman, «Design and Development of a Humanoid Robot for Sign Language Interpretation,» University of Dhaka, Bangladesh, 2021.
- [16] I. A. Adeyanju, S. O. Alabi, A. O. Esan, B. A. Omodunbi, O. O. Bello y S. Fanijo, «Design and prototyping of a robotic hand for sign language using locally-sourced materials,» Elsevier B.V. on behalf of African Institute of Mathematical Sciences, Oye-Ekiti; Ado-Ekiti; Iowa, 2022.
- [17] D. C. Homburg, M. S. Thieme, J. Völker y R. M. Stock, «Prototyping a Humanoid Robot as a Speech-to-Sign Language Translator,» Technische Universität Darmstadt; Edith-Stein School, Germany, 2019.
- [18] S. P. Serrato, «LA DISCAPACIDAD AUDITIVA. ¿CÓMO ES EL NIÑO SORDO?,» *INNOVACIÓN Y EXPERIENCIAS EDUCATIVAS*, vol. I, n° 16, pp. 1-10, 2009.
- [19] E. M. Martín Macías, «EL ALUMNADO CON DISCAPACIDAD AUDITIVA: CONCEPTOS CLAVE, CLASIFICACIÓN Y NECESIDADES,» *PEDAGOGÍA MAGNA*, 2010.
- [20] D. E. Guamán Guevara, Y. A. Jerez Chango y B. V. Ortiz Morales, «Impacto de la discapacidad auditiva en el desarrollo infantil,» *Ciencia y Turismo*, vol. III, n° 4, pp. 70-85, 2024.
- [21] A. E. Naranjo Villacis, Aplicación de DSP's para la Transcripción de Lenguaje de Señas a Texto, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2014.
- [22] P. J. Castro-Carrasco, «Aprendizaje del lenguaje en niños sordos: fundamentos para la adquisición temprana de lenguaje de señas,» *Temas de Educación*, n° 9, pp. 15-25, 2002.
- [23] F. U. Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, «Diccionario de Lengua de Señas Ecuatoriano Gabriel Román,» 10 Octubre 2023. [En línea]. Available: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/diccionario-de-lengua-de-senas-ecuatoriano-gabriel-roman/#>. [Último acceso: 24 Noviembre 2024].
- [24] M. Flores Flores, «Robots Humanoides,» *Revistas Bolivarianas*, pp. 147-149, 2008.
- [25] J. Seo, J. Paik y M. Yim, «Modular Reconfigurable Robotics,» *Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems*, vol. II, pp. 63-68, 2019.
- [26] ROBOTIS, «e-Manual ROBOTIS,» BIOLOID Premium, 15 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://emanual.robotis.com/docs/en/edu/bioloid/premium/>. [Último acceso: 10 Octubre 2024].
- [27] E. A. Guailasaca Salto y D. S. Jumbo Soto, Implementación de un Sistema para el Seguimiento de Actividades Físicas en Niños con Sobrepeso Mediante el Sensor Kinect y un Robot Humanoide, Cuenca: Universidad del Azuay, 2021.
- [28] J. Garrido Cobo, TFC Desarrollo de Aplicaciones Móviles, Palma de Mallorca: Universitat Oberta de Catalunya, 2013.
- [29] P. Aguayo S, «INTRODUCCIÓN AL MICROCONTROLADOR,» Usuarios Lycos Es Sfriswolker, Chile, 2004.
- [30] M. Banzi y M. Shiloh, «Introducción a Arduino-La plataforma para prototipos electrónicos de código abierto,» *Anaya Multimedia*, vol. IV, pp. 24-38, 2020.

- [31] F. B. Lletí, Comunicación Bluetooth entre Arduino Uno y Android aplicado a un detector de mentiras. España: Universidad Politécnica de Valencia; Escuela Politécnica Superior de Gandía, 2015.
- [32] ROBOTIS, «ROBOTIS US.» BT-410 Set, 2023. [En línea]. Available: [https://www.robotis.us/bt-410-set/?srsltid=AfmBOoq6mIXdSyVknNmY0g9b5r0\\_VNN-jUffOWN0jv4DHnJN5gP1xs5](https://www.robotis.us/bt-410-set/?srsltid=AfmBOoq6mIXdSyVknNmY0g9b5r0_VNN-jUffOWN0jv4DHnJN5gP1xs5). [Último acceso: 20 Marzo 2025].