

Desarrollo de un robot asistente para la terapia de rehabilitación en niños.

J. A. Sarao Sánchez
Escuela de Ingeniería
Universidad Modelo
Mérida, México
jesus.sarao.2705@gmail.com

A. C. Castro Canchola
Escuela de Ingeniería
Universidad Modelo
Mérida, México
15234419@modelo.edu.mx

H. A. Vázquez Guillen
Escuela de Ingeniería
Universidad Modelo
Mérida, México
haydeevaquez@gmail.com

G. Jerez Gómez
Escuela de Ingeniería
Universidad Modelo
Mérida, México
15231919@modelo.edu.mx

S. Escalante Espinoza
Escuela de Ingeniería
Universidad Modelo
Mérida, México
samanthaakatsura@gmail.com

Abstract—*La motricidad es esencial para el desarrollo integral del ser humano, especialmente en la infancia, donde se les permite interactuar con su entorno y fomentar el aprendizaje. Sin embargo, existen diferentes patologías que afectan la capacidad motora, disminuyendo la calidad de vida de los niños. Este proyecto propone cómo solución el desarrollo de “GinoTherapist”, un robot asistente de rehabilitación infantil controlado mediante movimientos corporales, lográndolo gracias a la visión computacional y redes neuronales, buscando modernizar las terapias y aumentar la motivación.*

Keywords— *terapia infantil, robot, rehabilitación, visión computacional.*

INTRODUCCIÓN

La motricidad es fundamental para el desarrollo integral del ser humano, ya que implica no solo la capacidad de ejecutar movimientos, sino también la coordinación, creatividad e intuición que permiten el control consciente del cuerpo. En palabras de Pacheco [1], “El aprendizaje es experiencia, a través de los sentidos y de las sensaciones que se perciben durante los movimientos que se ejecutan, ya que a través de ello conocemos y se experimenta el mundo que nos rodea, de lo cual surge el desarrollo del pensamiento, creatividad, ideas motoras y aprendizaje mental”. Esto subraya la importancia de la motricidad desde la infancia, donde su desarrollo se convierte en un aspecto crucial para la interacción con el entorno y el aprendizaje.

Sin embargo, diversas patologías comprometen esta capacidad en gran parte de la población infantil a nivel mundial. Según González [2], “La debilidad o pérdida de la motricidad de algunas partes del cuerpo es la consecuencia de daño neurológico o del sistema nervioso, los individuos afectados requieren de rehabilitación para recuperar su motricidad”.

Enfermedades como la parálisis cerebral infantil (PCI), los trastornos del espectro autista (TEA), la distrofia muscular de Duchenne y la parálisis obstétrica del plexo braquial (PBO) afectan la capacidad de movimiento, limitando la independencia y calidad de vida de los niños que las padecen. Aunque estas condiciones no tienen cura, investigaciones han demostrado que las terapias de rehabilitación pueden mejorar

considerablemente la calidad de vida de estos pacientes, ayudándoles a recuperar en parte su capacidad motora [3].

Según González-León y González-Olguín [4], las intervenciones motoras más efectivas incluyen el uso de tecnologías innovadoras como la actividad física personalizada, los videojuegos y la realidad virtual. Estas herramientas permiten que las terapias sean más atractivas y efectivas, promoviendo una mayor participación del niño en su proceso de recuperación.

Existentes distintos robots de asistencias tales como Robots tipo muñeco de apariencia infantil como NAO J González, Pulido, Fernández, [5]. con brazos y piernas se usa como terapia frente al autismo, o como estímulo psicomotor en la realización de ejercicios por imitación, ya sea porque mediante sus cámaras es capaz de imitar el movimiento del usuario, para que éste se vea reflejado en el robot, como al revés, realizando ejercicios programados para que los repita el usuario.

Teniendo en cuenta esta información, surge la idea de desarrollar una solución tecnológica que complemente las terapias de niños con discapacidades motoras. El presente proyecto propone el desarrollo de un robot asistente para la terapia de rehabilitación infantil, controlado mediante los gestos corporales del paciente. Este enfoque busca no solo mejorar la efectividad de las terapias, sino también incrementar la motivación y promover el compromiso.

METODOLOGÍA

Para entender la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto, se ha dividido el trabajo en tres fases, consúltese fig. 1.

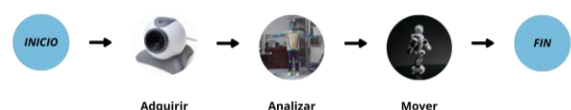


Fig. 1. Diagrama de bloques de la metodología

A. Adquisición de señales

En la primera fase, se utiliza la visión computacional para recopilar imágenes en tiempo real del paciente. A través del lenguaje de programación Python, se implementó una ventana gráfica de visualización de datos, utilizando OpenCV, esta ventana nos permite capturar y visualizar las imágenes proporcionadas por la cámara en tiempo real.

B. Análisis de la posición

En esta etapa se utilizó Inteligencia Artificial, específicamente CNN Redes Neuronales Convolucionales para identificar puntos clave en la silueta del paciente, mediante la biblioteca Mediapipe, se asignar coordenadas específicas a cada uno de los puntos. Los puntos de referencia asignados en este proyecto son:

Punto de Referencia	Parte del cuerpo
1	Nariz
2	Hombro Izquierdo
3	Hombro Derecho
4	Codo Izquierdo
5	Codo Derecho
6	Muñeca Izquierda
7	Muñeca Derecha
8	Cadera Izquierda
9	Cadera Derecha
10	Rodilla Izquierda
11	Rodilla Derecha
12	Tobillo Izquierdo
13	Tobillo Derecho

Tabla 1. Puntos de referencia

A partir de las coordenadas de cada uno de los puntos, se codificó un algoritmo de análisis de posición, que permite identificar gestos y movimientos específicos ejecutados por el paciente, tales como:

Número de Gesto	Gesto
1	Levantar brazo derecho por encima de la cabeza
2	Levantar brazo izquierdo por encima de la cabeza
3	Brazo derecho formando un ángulo de 90 grados con el antebrazo
4	Brazo izquierdo formando un ángulo de 90 grados con el antebrazo
5	Ambos brazos extendidos lateralmente (postura en T):
6	Ambos brazos cruzados frente al pecho
7	Levantar la pierna derecha hacia adelante (flexión de rodilla)

8	Levantar la pierna izquierda hacia adelante (flexión de rodilla)
9	Pierna derecha formando un ángulo de 90 grados (flexión hacia atrás)
10	Pierna izquierda formando un ángulo de 90 grados (flexión hacia atrás)
11	Piernas separadas (postura en V)
12	Piernas juntas (posición erguida)

Tabla 2. Gestos Corporales

C. Movimiento del robot

Después de haber determinado los puntos clave y analizar los gestos realizados por el usuario, los datos adquiridos son transmitidos desde la computadora al sistema de control del robot mediante comunicación Bluetooth. La computadora, después de procesar las imágenes y generar comandos, se encarga de enviar mensajes a una Raspberry Pi, para su posterior interpretación.

En la Raspberry Pi, los mensajes recibidos son transformados en señales para controlar los servomotores del robot. Los servomotores se ocupan de permitir movimientos articulados que imitan la biomecánica del cuerpo humano, tal como levantar los brazos o desplazarse.

RESULTADOS

Para declarar los avances obtenidos hasta el momento en el desarrollo de GinoTherapist, se realizó la siguiente división por puntos clave:

D. Sistema de Control de Servomotores:

Se desarrolló una interfaz de usuario programada en Python, para controlar los 16 servomotores que serán utilizados en las articulaciones del robot. El sistema está diseñado para ser ejecutado en una tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 5, que facilitará el manejo de los componentes del robot asistente, para eficientar la terapia de rehabilitación.

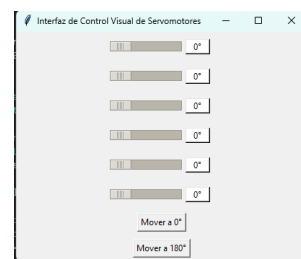


Fig. 2. Interfaz de usuario de control de servomotores.

E. Detección de postura

Para poder detectar los puntos de referencia en la postura del paciente se codificó un programa en Python que aplica librerías como MediaPipe y OpenCV, que aplican algoritmos de inteligencia artificial para analizar imágenes. El sistema logra identificar 13 puntos específicos de referencia en el cuerpo, desplegando las coordenadas en el eje “x” y “y”, que sirven como base para generar comandos que el robot asistente ejecutará, promoviendo la interacción dinámica y personalizada.

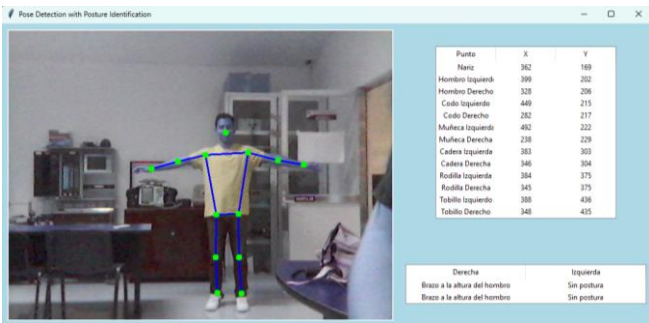


Fig. 3. Ventana de visualización de análisis de postura.

F. Diseño 3D del robot.

Se diseñó el cuerpo del robot.

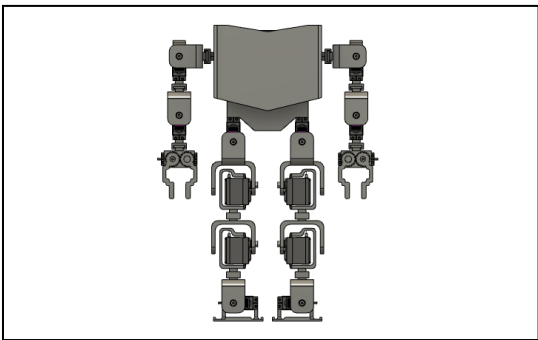


Fig. 4. Modelado tridimensional del cuerpo del robot.

REFERENCIAS

[1] R. Pacheco, *Teoría sobre el movimiento*, 2.a ed. México: Trillas, 2016.

[2] J. González, "A three-layer planning architecture for the autonomous control of rehabilitation therapies based on social robots," *Cognitive Systems Research*, 2017. Doi: 10.1016/j.cogsys.2016.09.003

[3] M. Stavsky, O. Mor, S. Mastrolia, S. Greenbaum, N. Than, y O. Erez, "Cerebral Palsy-Trends in Epidemiology and Recent Development in Prenatal Mechanisms of Disease, Treatment, and Prevention," *Frontiers in Pediatrics*, vol. 5, 2017. Doi: 10.3389/fped.2017.00021

[4] N. González-León y A. González-Olguín, "Estrategias de intervención motora sobre el control postural en niños y jóvenes con trastorno del espectro autista: una revisión sistemática," 2024. Doi: 10.1016/j.rh.2023.100820

[5] J. C. González, J. C. Pulido, y F. Fernández, "A three-layer planning architecture for the autonomous control of rehabilitation therapies based on social robots," *Cognitive Systems Research*, 2017. Doi: 10.1016/j.cogsys.2016.09.003