

PROTOTIPO A ESCALA DE SILLA DE RUEDAS MOTORIZADA CONTROLABLE POR UN *JOYSTICK*.

SCALE PROTOTYPE OF MOTORIZED WHEELCHAIR CONTROLLABLE BY A *JOYSTICK*.

Jesús Emmanuel Méndez Valenzuela¹, Sebastián Ricardo Preciado Sánchez²,
Miguel Ángel Romero Ochoa³ y Francisco Alan Espinoza Zallas⁴

¹Universidad estatal de Sonora

²Universidad estatal de Sonora

³<https://orcid.org/0000-0002-9600-7818> Universidad estatal de Sonora

⁴<https://orcid.org/0000-0002-1177-2028> Universidad estatal de Sonora

DOI: <https://doi.org/10.46589/rdiasf.vi40.608>

Recibido 8 de mayo de 2023.

Aceptado 29 de octubre de 2023

Publicado 13 de diciembre de 2023

Resumen

El proyecto consiste en el desarrollo de un prototipo a escala de una silla de ruedas motorizada controlable remotamente por un *joystick* virtual. Este diseño busca mejorar la movilidad y la calidad de vida de personas con discapacidades motoras. El prototipo ofrece un control preciso a través de un *joystick* virtual, permitiendo al vehículo desplazarse en un rango completo de direcciones.

La iniciativa no solo aborda las necesidades prácticas de movilidad, sino que también promueve la inclusión social al proporcionar a las personas con discapacidad una herramienta eficiente y accesible.

Palabras clave: accesibilidad, inclusión, discapacidad motora, movilidad, prototipo a

escala, innovación, salud, bienestar, sostenibilidad, autonomía, tecnología y diversidad.

Abstract

The project consists of the development of a scale prototype of a motorized wheelchair that can be controlled remotely by a virtual joystick. This design seeks to improve the mobility and quality of life of people with motor disabilities. The prototype offers precise control through a virtual joystick, allowing the vehicle to move in a full range of directions.

The initiative not only addresses practical mobility needs, but also promotes social inclusion by providing people with disabilities with an efficient and accessible tool.

Keywords: Accessibility, inclusion, motor disability, mobility, scale prototype, innovation, health, well-being, sustainability, autonomy, technology and diversity

Introducción

En el contexto de la movilidad asistida, el proyecto emerge como una respuesta a los desafíos que enfrentan las personas con movilidad reducida. La investigación se centra en abordar la limitación de las sillas de ruedas convencionales, proponiendo una solución que mejore la independencia y la calidad de vida de los usuarios.

Planteamiento del problema

Las sillas de ruedas convencionales presentan limitaciones en términos de maniobrabilidad y accesibilidad, especialmente en entornos urbanos y espacios reducidos. La falta de opciones de control intuitivas y personalizadas limita la autonomía de quienes dependen de estas sillas para su movilidad diaria.



Figura 1. Persona usuaria de silla de ruedas cruzando la calle (CONADIS, 2016).

Justificación del proyecto

La importancia de este proyecto radica en la mejora sustancial de la calidad de vida de las personas con movilidad reducida al proporcionarles una solución de movilidad más eficiente y fácil de usar. Además, el diseño sostenible y la incorporación de tecnologías verdes buscan contribuir a la preservación del medio ambiente.

Hipótesis o meta de ingeniería

La hipótesis detrás de este proyecto es que un diseño ergonómico, combinado con un sistema de control preciso mediante *joystick*, puede proporcionar a los usuarios una experiencia de movilidad más efectiva y cómoda. La meta de ingeniería es desarrollar un prototipo que demuestre la viabilidad de esta solución.

Objetivos

Los objetivos de este proyecto se centran en diseñar y desarrollar un prototipo funcional de silla de ruedas motorizada que sea controlable mediante un *joystick*, permitiendo un movimiento preciso y adaptado a las necesidades individuales de los usuarios. Además, se

busca integrar tecnologías innovadoras para mejorar la eficiencia energética y la durabilidad del dispositivo.

Ahora, refiriéndose a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) propuesto por la Organización de las Naciones Unidas, este proyecto contribuye a tres de estos:

- ODS 3 (salud y bienestar): las discapacidades motoras suponen una gran dificultad al realizar actividades cotidianas a las personas que las padecen, por lo que el uso de la silla de ruedas sería una considerable mejora a la calidad de vida, salud y bienestar de estas personas.
- ODS 9 (industria, innovación e infraestructura): tal como pretendemos en futuras fases del proyecto, este dejaría de ser un prototipo a escala y se convertiría en un modelo funcional de una silla de ruedas motorizada, o inclusive un kit de conversión para transformar a cualquier silla de ruedas común y corriente a una motorizada.
- ODS 10 (reducción de las desigualdades): las personas con discapacidades motoras tienen mayores dificultades para realizar acciones en las que una persona ordinaria no las tendría en absoluto, por lo que la implementación del uso de la silla de ruedas sería un paso más en el ámbito de reducir estas desigualdades.

Marco teórico

Placa de desarrollo Arduino Uno

Arduino es una pequeña placa microcontroladora con USB para conectar a la computadora y una serie de tomas de conexión que se pueden conectar a componentes electrónicos externos, como motores, relés, sensores de luz, diodos láser, altavoces, micrófonos, etc. (Monk, 2013) (véase Figura 2).



Figura 2. Arduino UNO y Arduino Leonardo (Monk, 2013).

“Es un dispositivo que soporta conexiones inalámbricas a través del protocolo bluetooth. Los módulos bluetooth se pueden comportar como esclavo o maestro, los cuales sirven para escuchar peticiones de conexión y otros para generar peticiones de conexión. Si algún dispositivo se conecta, el módulo transmite a este todos los datos que recibe desde nuestro microcontrolador y viceversa”. (UNIT Electronics, s.f.) (véase Figura 3).



Figura 3. Módulo bluetooth HC-06 (UNIT Electronics, s.f.).

Módulo controlador de motores H L298N

“El módulo L298N es utilizado para controlar y mover motores DC. Es un controlador de motor bidireccional, lo que significa que puede hacer que un motor gire en sentido horario o antihorario”. (UNIT Electronics, s.f.) (véase Figura 4).

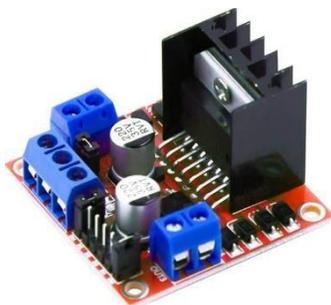


Figura 4. Módulo L298N (UNIT Electronics, s.f.).

Motorreductor

“Es un dispositivo electromecánico que te permite reducir la velocidad a un alto par”. (UNIT Electronics, s.f.) (véase Figura 5).



Figura 5. Motorreductor de reducción 48:1 (UNIT Electronics, s.f.).

Disco codificador (*encoder*)

Es una rueda de plástico que tiene veinte ranuras. Está diseñado para colocarse en los ejes

de motores o motorreductores y mide la velocidad de estos. (UNIT Electronics, s.f.) (véase Figura 6).



Figura 6. Disco encoder para sensor de velocidad (UNIT Electronics, s.f.).

Llantas para motorreductor de corriente directa

Los rines están fabricados con plástico resistente y la llanta con hule flexible, lo cual permite tener la función de antiderrapante. Se puede montar a un motorreductor y tiene funciones como guiar, soportar la carga, amortiguar, rodar y transmitir esfuerzo. (UNIT Electronics, s.f.) (véase Figura 7).



Figura 7. Llantas para motorreductor DC (UNIT Electronics, s.f.).

Placa de pruebas (*protoboard*)

“Es una tablilla de plástico con orificios, en la cual se pueden armar de manera fácil circuitos electrónicos mediante la utilización de componentes electrónicos y cables” (UNIT Electronics, s.f.) (véase Figura 8).

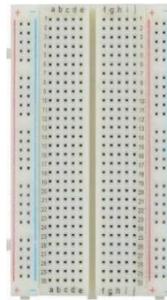


Figura 8. Protoboard de cuatrocientos puntos (UNIT Electronics, s.f.).

Cables de puente

Un cable de puente (también conocido cable DuPont) es un cable eléctrico, o un grupo de ellos en un cable, con un conector o clavija en cada extremo, que es normalmente utilizado para interconectar los componentes de una placa de pruebas u otro prototipo o circuito de prueba, internamente o con otros equipos o componentes, sin soldar. (Wikipedia, 2023) (véase Figura 9).

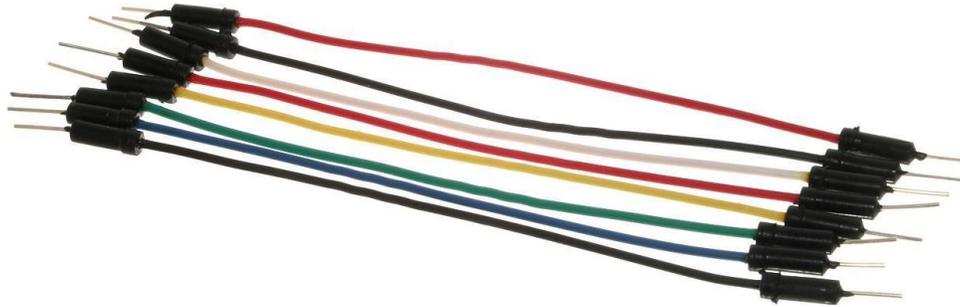


Figura 9. Cables de puente, calibre 22 AWG (Wikipedia, 2023).

Zumbador piezoeléctrico (*buzzer*)

“Es un piezoeléctrico que se encuentra adherido a un disco cerámico sobre una placa vibrante. La tensión aplicada causa una contracción o expansión del disco cerámico generando sonidos”. (UNIT Electronics, s.f.) (véase Figura 10).



Figura 10. Buzzer pasivo de 5 volts (UNIT Electronics, s.f.).

Led ultrabrillante

Es un componente semiconductor de propósito general y capaz de emitir luz al ser atravesado por una corriente pequeña. Las siglas “LED” provienen del inglés *Light Emitting Diode*, que traducido al español es diodo emisor de luz. (UNIT Electronics, s.f.) (véase

Figura 11).



Figura 11. Led ultrabrillante de 5 milímetros (UNIT Electronics, s.f.).

Portabaterías de pilas AA

Un portabaterías es una cavidad integrada o separada para contener celdas. Se utiliza para sujetar las celdas de forma segura y alimentar el dispositivo al que está conectado. La función principal de un portabaterías es facilitar el suministro de energía al dispositivo al que está conectado. (Bulgin, s.f.) (véase Figura 12).

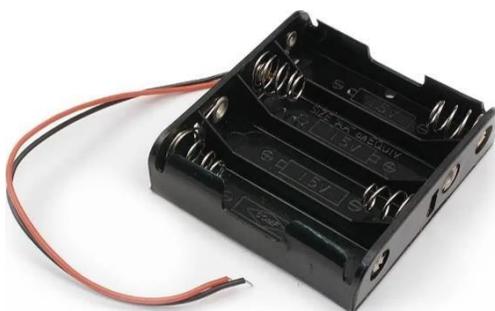


Figura 12. Portabaterías para cuatro baterías AA (Solarbotics Ltd., s.f.).

Baterías AA

La batería AA (o batería doble A) es una batería seca cilíndrica de una sola celda de tamaño estándar. Está compuesta por una única celda electroquímica que puede ser una batería

primaria (desechable) o una batería recargable (Wikipedia, 2023) (véase Figura 13).



Figura 13. Baterías alcalinas AA (SpaceMachine, 2018).

Metodología

A continuación, se describe mediante un diagrama el proceso general llevado a cabo para el funcionamiento del prototipo:



Figura 14. Diagrama descriptivo del funcionamiento del prototipo (elaboración propia).

Ahora bien, se detalla el proceso de elaboración del prototipo:

Montaje del prototipo

Primero que todo, se soldaron los cables a los motorreductores (véase Figura 15).

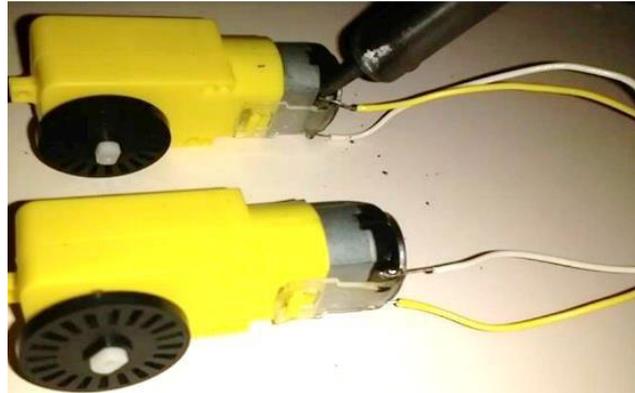


Figura 15. Motorreductores con cables soldados (elaboración propia).
Después, se colocaron los motorreductores junto con los discos en el chasis del prototipo (véase Figura 16).

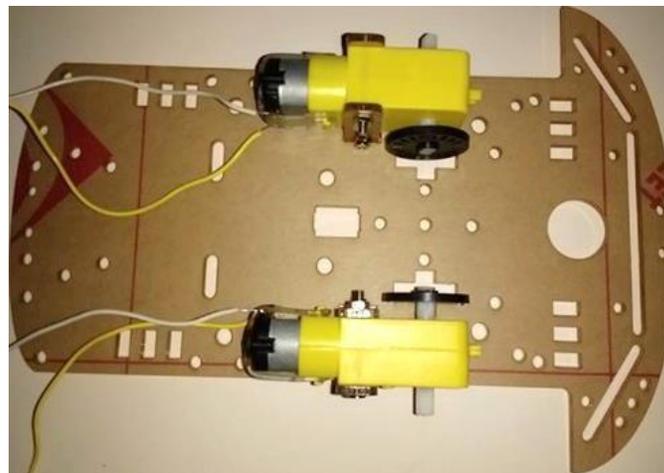


Figura 16. Motorreductores montados en el chasis del prototipo (elaboración propia).

Se montaron las llantas en los motorreductores, así como una rueda loca frontal que funcionará como soporte para las anteriores. Además, se pasaron los cables de los motorreductores por unos agujeros del chasis (véase Figura 17).

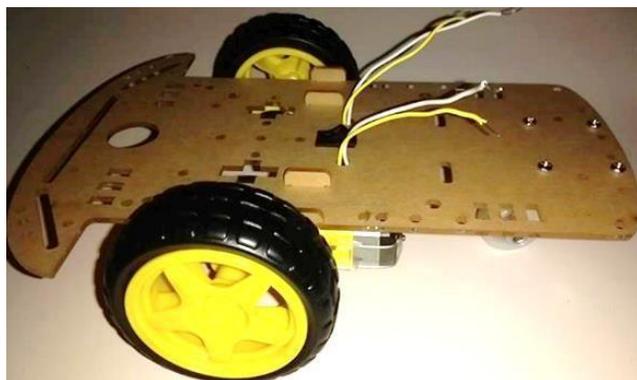


Figura 17. Chasis con llantas montadas (elaboración propia).

Conexiones del circuito

Enseguida se muestra un diagrama que muestra las conexiones del circuito del prototipo:

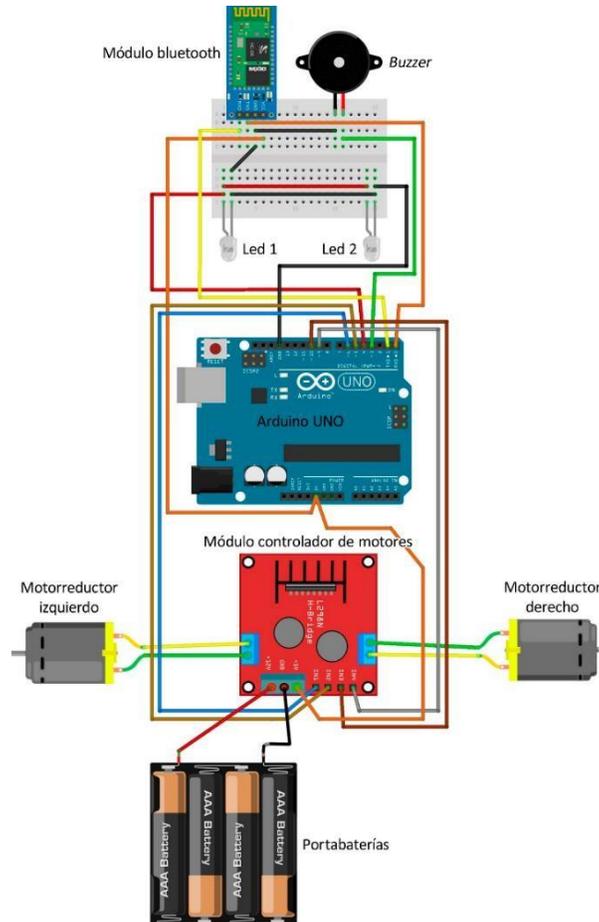


Figura 18. Diagrama de conexiones del circuito del prototipo (elaboración propia).

Ya realizadas las debidas conexiones, se coloca el portabaterías en el chasis (véase Figura

19).

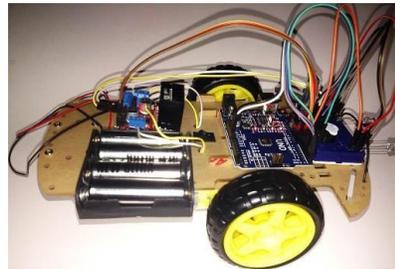


Figura 19. Prototipo a escala con conexiones realizadas (elaboración propia).

Programación del microcontrolador

El código empleado para el funcionamiento del circuito es el siguiente:

```
1 int VELOCIDAD_MAX = 250;  
2 int VELOCIDAD_MIN = 200;  
3  
4 int izqA = 5;  
5 int izqB = 6;  
6 int derA = 9;  
7 int derB = 10;  
8 int vel = VELOCIDAD_MIN;  
9 int buzzer = 3;  
10 int leds = 4;  
11 int estado='c';
```

Estas son constantes que representan las velocidades máxima y mínima del carrito.

```
12  
13  
14
```

```
15 void setup() {  
16   Serial.begin(9600);  
17   pinMode(derA, OUTPUT);  
18   pinMode(derB, OUTPUT);  
19   pinMode(izqA, OUTPUT);  
20   pinMode(izqB, OUTPUT);  
21   pinMode(buzzer, OUTPUT);  
22   pinMode(leds, OUTPUT);  
23  
24   pararder();  
25   pararizq();  
26 }  
27
```

Estas variables representan los pines de control del motor izquierdo (izqA, izqB) y del motor derecho (derA, derB), así como los pines para un buzzer y leds. Además, se tiene una variable "estado" que almacena el estado actual del carrito ('c' por defecto).

En la función "setup()", se inicia la comunicación serial, se configuran los pines como salidas y se detiene el carrito.

Figura 20. Primera parte del código empleado para el funcionamiento del circuito del prototipo (elaboración propia).

```
28 void loop() {
29
30     if(Serial.available()>0){
31         estado = recibedatos();
32     }
33     Serial.println(estado);
34     switch(estado){
35         case 'r':
36             vel = VELOCIDAD_MAX;
37             break;
38         case 'l':
39             vel = VELOCIDAD_MIN;
40             break;
41         case 'p':
42             digitalWrite(buzzer,HIGH);
43             break;
44         case 'z':
45             digitalWrite(buzzer,LOW);
46             break;
47         case 'q':
48             digitalWrite(leds,HIGH);
49             break;
50         case 'w':
51             digitalWrite(leds,LOW);
52             break;
53         case 'a':
54             avanzarder();
55             avanzarizq();
56             break;
57         case 'b':
58             avanzarder();
59             pararizq();
60             break;
61         case 'c':
62             pararder();
63             pararizq();
64             break;
65         case 'd':
66             pararder();
67             avanzarizq();
68             break;
69         case 'e':
70             retrocederder();
71             retrocederizq();
72             break;
73         default:
74             pararder();
75             pararizq();
76             break;
77     }
78 }
79
```

Dependiendo del estado recibido, se realiza una acción específica. Los casos incluyen cambios de velocidad, activación/desactivación de *buzzer* y *leds*, y control de movimiento del carrito.

El bucle principal "loop()" verifica si hay datos disponibles en el puerto serial. Si es así, lee el estado actual del carrito. Luego, imprime el estado y realiza acciones basadas en el valor del estado.

Figura 21. Segunda parte del código empleado para el funcionamiento del circuito del prototipo (elaboración propia).

```
80 int recibedatos() {
81     return Serial.read();
82 }
83
84 void avanzarder() {
85     analogWrite(derA, vel);
86     analogWrite(derB, 0);
87 }
88
89 void avanzarizq() {
90     analogWrite(izqA, vel);
91     analogWrite(izqB, 0);
92 }
93
94 void retrocederder() {
95     analogWrite(derA, 0);
96     analogWrite(derB, vel);
97 }
98
99 void retrocederizq() {
100     analogWrite(izqA, 0);
101     analogWrite(izqB, vel);
102 }
103
104 void pararder() {
105     analogWrite(derA, 0);
106     analogWrite(derB, 0);
107 }
108
109 void pararizq() {
110     analogWrite(izqA, 0);
111     analogWrite(izqB, 0);
112 }
```

Esta función lee un byte del puerto serial y lo devuelve como un entero.

Estas funciones controlan el movimiento del carrito. Por ejemplo, "avanzarder()" hace que el motor derecho avance con la velocidad actual ("vel").

Estas funciones detienen el movimiento de los motores.

Figura 22. Tercera parte del código empleado para el funcionamiento del circuito del prototipo (elaboración propia).

Instalación de la aplicación para controlar el prototipo

Como última parte del proceso de elaboración, se instaló la aplicación “TECNEU Robot BT” en un dispositivo móvil de sistema operativo Android. Esta aplicación funge como el *joystick* o control virtual para controlar el prototipo mediante una conexión bluetooth.

Resultados

El sistema permite ajustar la velocidad de los motores, activar o desactivar un *buzzer* y encender o apagar leds en respuesta a comandos recibidos a través de la comunicación serial. Este prototipo sirve como base para el desarrollo futuro de una silla de ruedas motorizada controlada por un *joystick*, donde se espera adaptar la lógica de control para responder a la entrada del *joystick* en lugar de comandos seriales.

Análisis de los resultados.

El proyecto integrador proporciona una implementación funcional para el control de un prototipo a escala a control remoto, que se proyecta como la base para el desarrollo futuro de una silla de ruedas motorizada controlada por un *joystick*. Sin embargo, es importante destacar que este prototipo en escala es aún muy prematuro y no cumple completamente con las expectativas planteadas para una silla de ruedas motorizada final.

Aunque el sistema actual permite ajustar la velocidad de los motores, activar/desactivar un *buzzer* y controlar leds a través de comandos seriales, la ausencia de un *joystick* real, que sería más representativa de un dispositivo de movilidad personal, es una limitación evidente. Esta falta de integración del *joystick* representa una brecha en las funcionalidades esperadas para el producto final.

A pesar de estas limitaciones, el prototipo proporciona una base sólida para la futura iteración del diseño. El código existente demuestra la capacidad para controlar motores y dispositivos periféricos, lo cual es esencial en el desarrollo de una silla de ruedas motorizada. Los

conocimientos adquiridos durante la creación de este prototipo en escala podrán ser aplicados y ampliados al diseñar y construir un modelo funcional de silla de ruedas motorizada que cumpla con las expectativas y necesidades de los usuarios.

Futuras líneas de investigación.

Las futuras líneas de investigación para este proyecto tienen como objetivo alcanzar un modelo funcional de una silla de ruedas motorizada altamente accesible y versátil, controlada de manera intuitiva mediante un *joystick*. Para lograr esta meta, se proponen varias áreas de enfoque:

- La implementación completa y eficiente de un sistema de control basado en un *joystick* será una prioridad. Se buscará optimizar la precisión del control y la respuesta del sistema para adaptarse a las necesidades individuales de los usuarios.
- Se explorará la integración de tecnologías como ultrasonido, infrarrojos o cámaras para detectar obstáculos en el entorno y proporcionar funciones de seguridad, como la detención automática o la alerta al usuario.
- Se investigará la posibilidad de diseñar la silla de ruedas motorizada de manera modular y adaptable. Esto permitiría a los usuarios personalizar la configuración según sus preferencias y necesidades específicas.
- La optimización de la eficiencia energética y el aumento de la autonomía serán objetivos importantes. Se explorarán tecnologías de baterías de última generación y estrategias de gestión de energía para prolongar el tiempo de uso entre recargas.

En resumen, las futuras investigaciones se orientarán hacia el desarrollo de una silla de ruedas motorizada que no solo sea altamente funcional y controlable mediante un *joystick*, sino que también incorpore características avanzadas de seguridad, adaptabilidad y eficiencia, para proporcionar una solución completa y personalizada a las necesidades de movilidad de las personas.

Conclusión

En conclusión, el presente proyecto ha marcado el inicio de un camino prometedor hacia el desarrollo de una silla de ruedas motorizada. A pesar de tratarse de un prototipo a escala y de no haber alcanzado completamente los objetivos iniciales, los resultados obtenidos ofrecen una base sólida para futuras investigaciones y mejoras.

El proceso implementado ha demostrado su eficacia al permitir el control de motores y funciones adicionales. No obstante, la falta de integración del *joystick* señala una brecha clave en la funcionalidad esperada para un dispositivo de movilidad personal.

La visión a futuro de este proyecto se centra en la integración completa del *joystick*, la implementación de funciones avanzadas de seguridad, la adaptabilidad a las necesidades individuales de los usuarios, y la exploración de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y autonomía. A pesar de los desafíos encontrados en esta fase inicial, se ha aprendido que este prototipo sirve como una plataforma valiosa para la adquisición de conocimientos y la identificación de áreas clave que requieren atención en el próximo ciclo de desarrollo.

Aunque el prototipo actual no cumple plenamente con las expectativas, ha brindado valiosas lecciones y puntos de partida para el diseño de una silla de ruedas motorizada más avanzada y funcional en futuras etapas de investigación y desarrollo.

Referencias

- CONADIS. (2016). *La silla de ruedas permite tener mayor autonomía. Gob.mx*. [Figura]. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conadis/articulos/la-silla-de-ruedas-permite-tener-mayor-autonomia>
- Monk, S. (2013). *30 Arduino projects for the evil genius*. McGraw-Hill Education. Recuperado de: https://docs.google.com/document/d/1gc-rKbW-30yWbc2PJ9W22Ail_2NYjQzzxPtWohs2h0/edit
- UNIT Electronics. (s.f.). *Módulo Bluetooth HC-06*. Recuperado de: <https://uelectronics.com/producto/modulo->

[bluetooth-hc-06/](#)

- UNIT Electronics. (s.f.). *L298N Módulo Driver Motor A pasos*. Recuperado de:
<https://uelectronics.com/producto/l298n-modulo-driver-motor-a-pasos/>
- UNIT Electronics. (s.f.). *Motorreductor Amarillo Para Carrito 48:1 y 120:1*. Recuperado de:<https://uelectronics.com/producto/motorreductor-amarillo-para-carrito/>
- UNIT Electronics. (s.f.). *Disco Encoder para Sensor de Velocidad*. Recuperado de:
<https://uelectronics.com/producto/disco-encoder-para-sensor-de-velocidad/>
- UNIT Electronics. (s.f.). *Llanta para Motorreductor DC*. Recuperado de:
<https://uelectronics.com/producto/llanta-para-motorreductor-dc/>
- UNIT Electronics. (s.f.). *Protoboard 400 Puntos*. Recuperado de:
<https://uelectronics.com/producto/protoboard-400-pts/>
- Contribuidores de Wikipedia. (2023). *Jump wire*. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Recuperado de:https://en.wikipedia.org/wiki/Jump_wire
- UNIT Electronics. (s.f.). *Buzzer Zumbador 5V Pasivo*. Recuperado de:
<https://uelectronics.com/producto/buzzer-zumbador-5v-pasivo/>
- UNIT Electronics. (s.f.). *Led Ultrabrillante 5mm*. Recuperado de:
<https://uelectronics.com/producto/led->

[ultrabrillante-5mm/](#)

- Bulgin. (s.f.). *A Bulgin Guide to Battery Holders*. Recuperado de:

<https://blog.bulgin.com/blog/battery-holders-guide#:~:text=A%20battery%20holder%20or%20a,device%20it%20is%20attached%20to>.

- Solarbotics Ltd. (s.f.). *4 x AA Battery Holder*.

[Figura]. Recuperado de:

https://www.solarbotics.com/product/bholdaa_4_cell/

- Contribuidores de Wikipedia. (2023). *AA Battery*. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Recuperado de: https://en.wikipedia.org/wiki/AA_battery

- SpaceMachine. (2018). *Batería AA Energizer modelo 3d. Turbosquid*. [Figura].

Recuperado de: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/3d-aa-battery-energizer-1282099>

CÓMO CITAR

Méndez Valenzuela, J. ., Preciado Sánchez, S. ., Romero Ochoa, M., & ESPINOZA ZALLAS, F. (2023). PROTOTIPO A ESCALA DE SILLA DE RUEDAS MOTORIZADA CONTROLABLE POR UN JOYSTICK. *Revista de Investigación Académica Sin Frontera: Facultad Interdisciplinaria de Ciencias Económicas Administrativas - Departamento de Ciencias Económico Administrativas-Campus Navojoa*, (40). <https://doi.org/10.46589/rdiasf.vi40.608>



[Neliti - Indonesia's Research Repository](#)

