



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA MÓVIL PARA EL CONTROL  
DE MOTORES HOVERBOARD MEDIANTE CONEXIÓN BLUETOOTH PARA LA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ SEDE QUITO CAMPUS SUR**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Automotriz

**AUTORES: KEIVIN JHOEL VALENCIA RAMIREZ  
LEANDRO XAVIER PARCO ZAMORA**

**TUTOR: CARLOS ALBERTO CARRANCO QUIÑÓNEZ**

Quito - Ecuador  
2024

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Keivin Jhoel Valencia Ramirez con documento de identificación N° 1727280008 y Leandro Xavier Parco Zamora con documento de identificación N° 1753517653 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 2 de agosto del año 2024

Atentamente,



---

Keivin Jhoel Valencia Ramirez  
1727280008



---

Leandro Xavier Parco Zamora  
1753517653

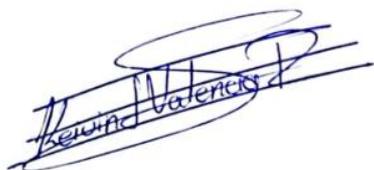
## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Keivin Jhoel Valencia Ramirez con documento de identificación N° 1727280008 y Leandro Xavier Parco Zamora con documento de identificación N° 1753517653, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Diseño y construcción de una plataforma móvil para el control de motores HoverBoard mediante conexión bluetooth para la carrera de Ingeniería Automotriz Sede Quito Campus Sur”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 2 de agosto del año 2024

Atentamente,



---

Keivin Jhoel Valencia Ramirez  
1727280008



---

Leandro Xavier Parco Zamora  
1753517653

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Alberto Carranco Quiñónez con documento de identificación N° 1713629564, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA MÓVIL PARA EL CONTROL DE MOTORES HOVERBOARD MEDIANTE CONEXIÓN BLUETOOTH PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ SEDE QUITO CAMPUS SUR, realizado por Keivin Jhoel Valencia Ramirez con documento de identificación N° 1727280008 y por Leandro Xavier Parco Zamora con documento de identificación N° 1753517653, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 2 de agosto del año 2024

Atentamente,



---

Ing. Carlos Alberto Carranco Quiñónez, Ms.C.

1713629564

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente proyecto a mis padres quienes me permitieron mejorar día tras día con sus enseñanzas y con su ejemplo, convirtiéndose en el pilar fundamental en mi vida para alcanzar cada una de mis metas y gracias a su esfuerzo y sacrificio, estoy cumpliendo uno de mis grandes sueños.

A mi hermana dedico esta tesis, ya que es un reflejo de mis esfuerzos y dedicación, inspirado en gran medida por el deseo de ser un buen ejemplo para ti. Te dedico este trabajo con la esperanza de que siempre encuentres en mí un apoyo y una guía, tal como tú has sido mi motivación y mi alegría.

Keivin Valencia

Dedico el presente proyecto con todo mi corazón a mis padres, a mi padre José Vicente Parco y mi madre Sylvia Jeannette Zamora. Sus sacrificios, su amor inagotable y su constante apoyo han sido la luz que ha guiado mi camino. Gracias por enseñarme el verdadero significado de la perseverancia y de la dedicación. Cada logro mío es un reflejo de su esfuerzo y su amor.

A mis hermanos les dedico esta tesis con todo mi cariño. Su apoyo incondicional, su comprensión y su constante ánimo han sido fundamentales en mi vida, gracias por estar siempre ahí en las buenas y en las malas, compartiendo mis sueños y alentándome a seguir adelante.

Leandro Parco

## **AGRADECIMIENTO**

Mis sinceros agradecimientos a la Universidad Politécnica Salesiana y a la carrera de Ingeniería Automotriz por permitirme ingresar en su institución y formarme como profesional y como ser humano con valores y principios.

Al Ing. Carlos Carranco quien me ayudo y oriento en la elaboración del presente proyecto y todos mis profesores que de una u otra forma contribuyeron en mi formación personal y profesional.

Keivin Valencia

Agradezco a mi tutor de tesis el Ing. Carlos Carranco por su paciencia infinita, su sabiduría y su dedicación que han sido el faro que ha guiado mi camino a lo largo de este arduo pero gratificante proceso, su constante apoyo y orientación, este trabajo no hubiera sido posible.

A los miembros del comité de tesis, les agradezco de todo corazón por sus valiosas contribuciones y su compromiso con mi investigación. Sus comentarios perspicaces y su aliento me han ayudado a mejorar y perfeccionar este trabajo.

Leandro Parco

# ÍNDICE GENERAL

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN .....   | 1  |
| PROBLEMA .....   | 2  |
| Objetivo General.....  | 4  |
| Objetivos Específicos.....   | 4  |
| Marco Teórico .....  | 5  |
| CAPÍTULO 1 .....   | 7  |
| ESTADO DEL ARTE .....  | 7  |
| CAPÍTULO 2 .....   | 10 |
| FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....  | 10 |
| 2.1    Motor.....  | 10 |
| 2.1.1    Motor Brushless.....  | 10 |
| 2.1.2    Servomotor SG90.....  | 10 |
| 2.2    Tarjetas de control.....                                      | 12 |
| 2.2.1    Arduino Mega 2560 .....                                     | 12 |
| 2.2.2    Placa base CSD .....  | 14 |
| 2.2.3    Módulo Bluetooth .....                                      | 15 |
| 2.3    Batería.....  | 17 |
| 2.3.1    Batería de Litio.....                                       | 17 |
| 2.3.2    Batería de Litio 18650.....                                 | 17 |
| 2.4    Disipadores de Calor .....                                    | 18 |
| 2.4.1    Disipador de Aluminio .....                                 | 18 |
| 2.5    Sensor .....  | 19 |
| 2.5.1    Sensor de efecto Hall.....                                  | 19 |
| 2.6    Regulador.....  | 20 |
| 2.6.1    Regulador de tensión 7805.....                              | 20 |
| CAPÍTULO 3 .....   | 22 |
| DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO .....                      | 22 |
| 3.1    Sistemas de control electrónicos.....                         | 22 |
| 3.1.1    Arduino Mega/ Módulo Bluetooth HC-06 .....                  | 22 |
| 3.1.2    Micro Servo SG90/Arduino Mega 2560.....                     | 23 |
| 3.1.3    Optoacoplador Motherboard Hoverboard/Micro Servo SG90 ..... | 25 |
| 3.1.4    Placa de Alimentación/Micro Servo SG90.....                 | 26 |
| 3.1.5    Alimentación Arduino Mega 2560.....                         | 28 |

|   |  |    |
|---|--|----|
| 3.1.6                                   | Diseño del Software.....                         | 29 |
| CAPÍTULO 4                              | .....  | 33 |
| DESARROLLO DE LA PLATAFORMA             | .....  | 33 |
| 3.2                                     | Diseño de plataforma .....                       | 33 |
| 3.2.1                                   | Diseño en Inventor .....                         | 33 |
| 3.2.2                                   | Dimensiones de la plataforma.....                | 34 |
| 3.2.3                                   | Diseño del acople Motor-Chasis.....              | 34 |
| 3.2.4                                   | Diseño de la base.....                           | 35 |
| 3.2.5                                   | Estructura Terminada .....                       | 36 |
| 3.2.6                                   | Colocación de los componentes electrónicos ..... | 37 |
| CAPÍTULO 5                              | .....  | 38 |
| PRUEBAS Y RESULTADOS                    | .....  | 38 |
| 5.1                                     | Pruebas .....                                    | 38 |
| 5.1.1                                   | Pruebas de la conectividad Bluetooth.....        | 38 |
| 5.1.2                                   | Pruebas del rendimiento de Batería.....          | 39 |
| 5.1.2.1                                 | Plataforma sobre una superficie .....            | 39 |
| 5.1.2.2                                 | Plataforma en el suelo.....                      | 40 |
| 5.1.2.3                                 | Plataforma con peso.....                         | 41 |
| 5.2                                     | Resultados .....                                 | 42 |
| ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS | .....  | 43 |
| 5.3                                     | Análisis e interpretación de resultados .....    | 43 |
| CONCLUSIONES                            | .....  | 46 |
| RECOMENDACIONES                         | .....  | 47 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.             | .....  | 48 |
| ANEXOS.                                 | .....  | 1  |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Motor Brushless .....  | 10 |
| Figura 2: Servomotor SG90.....   | 12 |
| Figura 3: Arduino Mega 2560 .....  | 14 |
| Figura 4: Placa base CSD 1.0 .....   | 15 |
| Figura 5: Módulo Bluetooth .....   | 16 |
| Figura 6: Batería de Litio.....  | 17 |
| Figura 7: Batería de Litio18650.....   | 18 |
| Figura 8: Disipador de Calor .....   | 19 |
| Figura 9: Sensor Hall.....   | 20 |
| Figura 10: Regulador 7805 .....  | 21 |
| Figura 11: Conexión Arduino Mega y Módulo Bluetooth HC-06 .....                  | 22 |
| Figura 12: Conexión Micro Servo SG90 y el Arduino Mega 2560.....                 | 24 |
| Figura 13: Conexión Micro Servo SG90 y Optoacoplador Motherboard HoverBoard .    | 25 |
| Figura 14: Conexión Micro Servo SG90 y Placa de Alimentación.....                | 26 |
| Figura 15: Conexión de Alimentación Arduino Mega 2560 .....                      | 29 |
| Figura 16: Programa Arduino IDE .....  | 29 |
| Figura 17: Aplicación Bluetooth Car.....   | 31 |
| Figura 18: Activación de Servomotores SG90 .....                                 | 32 |
| Figura 19: Diseño en Inventor .....  | 33 |
| Figura 20: Medidas de la plataforma.....   | 34 |
| Figura 21: Diseño del acople del motor al chasis .....                           | 35 |
| Figura 22: Acople del motor al chasis .....                                      | 35 |
| Figura 23: Diseño de la base.....  | 36 |
| Figura 24: Estructura terminada .....  | 37 |
| Figura 25: Colocación de los componentes electrónicos.....                       | 37 |
| Figura 26: Plataforma en una Superficie .....                                    | 39 |
| Figura 27: Gráfica comparativa de la batería deslizándose.....                   | 44 |
| Figura 28: Gráfica comparativa de la batería con la plataforma en el suelo ..... | 44 |
| Figura 29: Gráfica comparativa de la batería con la plataforma con peso .....    | 45 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Especificaciones del Servomotor .....                                   | 11 |
| Tabla 2: Especificaciones Arduino Mega 2560 Italy .....                          | 13 |
| Tabla 3: Especificaciones del módulo Bluetooth HC-06 .....                       | 16 |
| Tabla 4: Especificaciones de la Batería de Litio 18650 .....                     | 18 |
| Tabla 5: Especificaciones del Regulador 7805.....                                | 20 |
| Tabla 6: Pines del Arduino Mega y Módulo Bluetooth HC-06.....                    | 23 |
| Tabla 7: Descripción de conexión entre Arduino Mega y Módulo Bluetooth HC-06 ... | 23 |
| Tabla 8: Descripción de conexión entre Arduino Mega y Micro Servo SG90.....      | 25 |
| Tabla 9: Descripción de conexión placa de alimentación y servomotores SG90.....  | 27 |
| Tabla 10: Tabla comportamiento del Módulo Bluetooth .....                        | 38 |
| Tabla 11: Tabla de mediciones de batería deslizándose.....                       | 40 |
| Tabla 12: Tabla de mediciones de batería con plataforma en el suelo .....        | 40 |
| Tabla 13: Tabla de mediciones de batería de la plataforma con peso .....         | 41 |

## RESUMEN

El Proyecto titulado “Diseño y construcción de una plataforma móvil para el control de motores HoverBoard mediante conexión bluetooth para la carrera de Ingeniería Automotriz Sede Quito Campus Sur” presenta el desarrollo de una plataforma móvil, utilizando tecnologías emergentes en el ámbito de la movilidad eléctrica. Este proyecto tiene como objetivo principal diseñar y construir una plataforma compacta, robusta y controlada de forma remota, adecuada para diversas aplicaciones como la logística interna y la movilidad en entornos urbanos.

La estructura de la plataforma está basada en una base metálica resistente, equipada con cuatro motores BLDC proveniente de las HoverBoards, conocidos por su eficiente y potencia. Estos motores están gestionados por placas controladores (Motherboards), que operan mediante la interrupción de la señal infrarroja de los optoacopladores ranurados que poseen. La interrupción de la señal infrarroja es realizada por servomotores SG90, controlados por un microcontrolador Arduino Mega 2560.

La conectividad inalámbrica se logra mediante un módulo Bluetooth HC-06, que permite controlar la plataforma desde un smartphone. El código de programación del Arduino Mega 2560 gestiona el movimiento de los servomotores, los cuales realizan un giro de 90 grados para interrumpir la señal infrarroja de los optoacopladores, activando así los motores y permitiendo el movimiento de la plataforma.

Este proyecto aborda diversos desafíos técnicos y de diseño, incluyendo la integración eficiente de los componentes y la optimización del control remoto de la plataforma. Los resultados demuestran que la plataforma móvil es capaz de moverse de manera eficiente y controlada, ofreciendo una solución práctica e innovadora para la movilidad en diferentes entornos.

**Palabras Claves:** Motor de Brushless, módulo bluetooth, plataforma móvil, electromovilidad, componentes electrónicos.

## ABSTRACT

The project entitled "Design and construction of a mobile platform for the control of HoverBoard motors through Bluetooth connection for the Automotive Engineering course at the Quito South Campus" presents the development of a mobile platform, using emerging technologies in the field of electric mobility. The main objective of this project is to design and build a compact, robust and remotely controlled platform, suitable for various applications such as internal logistics and mobility in urban environments.

The structure of the platform is based on a sturdy metal base, equipped with four BLDC motors from HoverBoards, known for their efficiency and power. These motors are managed by motherboards, which operate by interrupting the infrared signal from the slotted optocouplers they have. The infrared signal interruption is performed by SG90 servo motors, controlled by an Arduino Mega 2560 microcontroller.

Wireless connectivity is achieved through a Bluetooth HC-06 module, which allows the platform to be controlled from a smartphone. The Arduino Mega 2560 programming code manages the movement of the servo motors, which perform a 90-degree turn to interrupt the infrared signal from the optocouplers, thus activating the motors and allowing the platform to move.

This project addresses several technical and design challenges, including efficient integration of the components and optimization of the remote control of the platform. The results demonstrate that the mobile platform is able to move in an efficient and controlled manner, offering a practical and innovative solution for mobility in different environments.

**Keywords:** Brushless motor, bluetooth module, mobile platform, electromobility, electronic components.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se enfocó en el diseño y construcción de una plataforma móvil para el control de motores HoverBoard mediante conexión Bluetooth, con el propósito de que sea utilizada en la carrera de Ingeniería Automotriz de la Sede Quito Campus Sur, por lo cual esta plataforma busca integrar tecnología moderna para ofrecer un sistema de control innovador y eficiente.

En el Capítulo 1, se realizará una revisión exhaustiva de proyectos similares relacionados con el control de plataformas móviles, especialmente enfocado en el uso de tecnología Bluetooth para el control de motores HoverBoard, por lo cual se analizará las metodologías, tecnologías y resultados obtenidos en proyectos previos para establecer una base de conocimientos sobre el tema.

El Capítulo 2, se abordarán los fundamentos teóricos de los componentes utilizados en el proyecto, se proporcionará una explicación detallada de los principios de funcionamiento de los motores, la comunicación Bluetooth, así como otros componentes electrónicos y mecánicos relevantes para el diseño y construcción de la plataforma móvil.

En el Capítulo 3 se describirá en detalle el diseño del sistema el cual controla la tarjeta al motor, se presentará los diagramas de circuitos, esquemas de conexión y algoritmos de control utilizados para garantizar una comunicación efectiva entre la tarjeta de control y los motores HoverBoard, permitiendo un control preciso y seguro de la plataforma móvil.

El Capítulo 4 se explica el proceso de construcción de la plataforma móvil, se detallarán los materiales utilizados, las técnicas de ensamblaje y los procedimientos de instalación de los componentes eléctricos en la estructura de la plataforma.

En el Capítulo 5 se presentarán los resultados obtenidos a través de pruebas realizadas en la plataforma móvil, se analizarán los datos recopilados durante las pruebas de funcionamiento, evaluando el rendimiento, la precisión del control y la estabilidad del sistema, se discutirá los posibles desafíos encontrados durante las pruebas y se proporcionará recomendaciones para futuras mejoras.

## **PROBLEMA**

En la última década, la movilidad ha experimentado una transformación significativa con la proliferación de vehículos eléctricos y tecnologías emergentes como los motores de las HoverBoard y la conectividad inalámbrica. Estas innovaciones ofrecen nuevas oportunidades para el desarrollo de plataformas móviles compactas, ágiles y controladas de forma remota, con aplicaciones potenciales en áreas como logística interna, la exploración autónoma y la movilidad en entornos urbanos (Arias, 2020).

A pesar de los avances en la movilidad eléctrica, persisten desafíos significativos en la integración y optimización de estas tecnologías para aplicación específicas. Los motores de las HoverBoard, diseñados originalmente para vehículos personales de auto equilibrio, presentan un considerable potencial para aplicaciones en otros tipos de vehículos eléctricos. Sin embargo, su implementación eficiente y controlada en una plataforma móvil requiere un enfoque tecnológico innovador.

La popularización de dispositivos como scooters eléctricos, patinetas y HoverBoards en entornos urbanos refleja la creciente demanda de soluciones de movilidad eficiente y sostenibles (Arias, 2020). No obstante, el desarrollo de vehículos eléctricos compactos y de fácil control remoto enfrenta obstáculos técnicos y de diseño que deben ser superados. La investigación en este campo puede contribuir significativamente a la mejora continua de la movilidad sostenible, proporcionando soluciones innovadoras y prácticas (Saavedra, 2019). Este proyecto pone énfasis en los motores de las HoverBoards como una tecnología reciente en la propulsión eléctrica. Estos motores compactos y potentes ofrecen una oportunidad única para su aplicación en vehículos eléctricos, como nuestra plataforma móvil. El desafío radica en diseñar y construir una estructura que optimice el uso de estos motores, integrando un sistema de control eficiente y remoto que permita su operación en diversos entornos.

### **Delimitación del problema. –**

Este proyecto se centra en el diseño y construcción de una plataforma móvil controlada vía Bluetooth, utilizando motores de las HoverBoards (motores BLDC) y juntamente con sus motherboards originales placas controladoras para gestionar su movimiento. La plataforma se estructura sobre una base metálica robusta y utiliza cuatro motores HoverBoard conectados a placas controladoras. Estas placas controladoras activan los motores mediante la interrupción de la señal infrarroja de los optoacopladores ranurados que poseen. Para

lograr esta interrupción, se emplean servomotores SG90, controlados por un Arduino Mega 2560 y un módulo Bluetooth HC-06.

Unas delimitaciones del problema incluyen el alcance tecnológico el cual es la interacción de los motores HoverBoard y servomotores SG90 en una estructura metálica, gestionada por un Arduino Mega 2560 y un módulo Bluetooth HC-06. También sobre la aplicación específica el cual se enfoca en aplicaciones potenciales como la logística interna, exploración autónoma y movilidad urbana.

Otros limitantes es abordar los desafíos en la implementación de control de los motores HoverBoard para lograr un movimiento y controlado de la plataforma. Y por último analizar y evaluar el rendimiento de la plataforma en términos de agilidad, control remoto y sostenibilidad.

### **Objetivo General.**

Diseñar y construir una plataforma móvil con el propósito de permitir el control electrónico de los motores HoverBoard a través de una aplicación móvil con conexión Bluetooth.

### **Objetivos Específicos.**

- Investigar y comprender las especificaciones técnicas de los motores HoverBoard adecuadas para la propulsión de una plataforma móvil.
- Diseñar una plataforma móvil el cual permita controlar los motores HoverBoard mediante conexión bluetooth, con el fin de proporcionar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz una herramienta práctica.
- Integrar los motores HoverBoard, considerando la disposición óptima para maximizar la eficiencia energética y garantizar un rendimiento óptimo de los motores.
- Implementar un sistema de control de manejo garantizando un funcionamiento seguro y fiable de la plataforma móvil.

## **Marco Teórico**

El diseño y construcción de la plataforma móvil utilizando motores HoverBoard lo cual representa una innovación en la movilidad sostenible, por lo que al usar motores eléctricos se minimizan las emisiones de gases contaminantes lo que contribuye a la reducción de carbono. Este proyecto tiende a fomentar el desarrollo de habilidades técnicas y conocimientos en ingeniería, electrónica y diseño, contribuyendo al avance de profesionales en esta área (Arias, 2020).

La base conceptual del proyecto se fundamenta en la idea de diseño y sostenibilidad. Al utilizar una tecnología de motores existentes, como lo son HoverBoard y del diseño de la estructura para implementarlos, buscamos la integración de estos motores. Un HoverBoard también llamado scooter eléctricos, es un vehículo de movilidad urbana portátil con un peso de 10 a 12 kg. Este se desplaza por dos motores eléctricos y puede llegar alcanzar una velocidad máxima de entre 15 y 18 km/h (GC Distribuciones, 2020).

Los motores eléctricos de corriente continua sin escobillas, también llamados motores Brushless, se destaca por su conmutación electrónica en lugar de mecánica. Esta característica permite un rendimiento óptimo y una potencia elevada, la ausencia de escobillas en estos motores reduce el desgaste y la necesidad de mantenimiento, lo que contribuye a su alta eficiencia y durabilidad. Los motores Brushless operan a una corriente de alrededor de 10A y un voltaje de 11V. Sin embargo, debido a su elevado consumo de energía, es esencial utilizar baterías recargables para asegurar un suministro de energía contante y fiable (Flores & Romero, 2019)

El control de dirección de una HoverBoard se basa en el movimiento corporal, por lo que no contiene una manilla. Para el cambio de dirección es necesario inclinarse cuidadosamente en la dirección deseada. Además, dispone de un sistema de frenado, por lo cual al momento de que el usuario desee detenerse, debe mantenerse quieto sin realizar ningún movimiento con los pies.

Las baterías de iones de litio son ampliamente utilizadas en HoverBoard debido a su ligereza y alta densidad de energía. Estas baterías permiten suministrar la potencia necesaria para impulsar los motores eléctricos de manera eficiente. Además, las baterías de iones de litio son responsables de proporcionar la energía a todos los circuitos, asegurando el

funcionamiento correcto de la plataforma móvil. Su capacidad para almacenar grandes cantidades de energía en un espacio reducido las convierte en una opción ideal para dispositivos de movilidad personal (dekazeta, 2023).

# **CAPÍTULO 1**

## **ESTADO DEL ARTE**

El control de plataformas móviles se ha convertido en un campo de investigación activo y significativo en el ámbito de la ingeniería y la tecnología, la plataforma móvil, que abarcan desde robots autónomos hasta vehículos terrestres no tripulados, tiene aplicaciones diversas en sectores como la robótica de servicio, la logística industrial, la exploración espacial y la atención médica, entre otros. La capacidad de controlar estos sistemas de manera efectiva y eficiente es fundamental para su desempeño y utilidad en diversas aplicaciones.

En el ámbito del control de plataformas móviles, diversos estudios han explorado diferentes enfoques y tecnologías para mejorar la forma en que estos sistemas son pilotados y gestionados. Uno de los enfoques más innovadores es el uso de interfaces cerebro-computadora (BCI), que permite a los usuarios controlar los robots o vehículos móviles mediante señales cerebrales. Estos sistemas ofrecen un nivel de control intuitivo y directo, resultando especialmente beneficiosos en aplicaciones que requieren una interacción rápida y precisa (Zhang et al., 2012).

Otro enfoque importante es el uso de tecnologías inalámbricas, como Bluetooth, para el control remoto de plataformas móviles. Esta metodología permite a los usuarios controlar los sistemas desde dispositivos móviles como teléfonos inteligentes o tabletas, proporcionando una interfaz conveniente y portátil para la operación de estos (Singh et al., 2017). Además, la integración de dispositivos Android en el control de robots ha demostrado ser una solución eficaz, aprovechando la potencia de cómputo, conectividad y variedad de sensores de estos dispositivos para mejorar el control y funcionalidad de los sistemas (Göbel et al., 2011).

Un aspecto clave en el desarrollo del control de plataformas móviles es el diseño de software de aplicación específico para la interacción con estos sistemas. Este software permite a los usuarios controlar y monitorear diversos aspectos de los robots o vehículos móviles, proporcionando una interfaz intuitiva y fácil de usar. Además, la autenticidad y el acceso seguro al sistema son consideraciones importantes en el diseño de este software, asegurando que solo usuarios autorizados puedan interactuar con los sistemas de manera segura y efectiva (Xia et al., 2016).

La evolución de los sistemas de control de plataformas móviles ha experimentado avances significativos con la implementación de algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático. Estos algoritmos permiten que las plataformas móviles no solo respondan a comandos predefinidos, sino que también aprendan y adapten su comportamiento en función de datos recopilados en tiempo real. En particular, los algoritmos de aprendizaje por refuerzo se emplean para optimizar la navegación y la evitación de obstáculos en entornos dinámicos, lo que mejora la autonomía y la eficiencia de los robots móviles (Kober et al., 2013).

La incorporación de sensores avanzados ha ampliado significativamente las capacidades de percepción de las plataformas móviles, sensores como LIDAR, cámara RGB-D y sensores ultrasónicos permiten a las plataformas mapear su entorno en 3D, detectar y clasificar objetivos y tomar decisiones informadas para la navegación y manipulación. La fusión de datos de múltiples sensores proporciona una visión integral del entorno, aumentando la precisión y confiabilidad del sistema (Thrun et al., 2006). Estos avances son cruciales para aplicaciones donde la precisión y la seguridad son esenciales, como en la robótica médica y la exploración espacial.

Además, la mejora en la eficiencia energética es un área crítica en el desarrollo de plataformas móviles. Dado que muchas aplicaciones requieren operaciones prolongadas en entornos sin acceso fácil a fuentes de energía, los investigadores se han centrado en diseñar sistemas de control y hardware que minimicen el consumo de energía (Shahab & Masoud, 2009). El uso de motores eficientes, baterías de alta densidad energética y algoritmos de gestión de energía permite a las plataformas móviles operar durante más tiempo sin necesidad de recargas frecuentes. Estos avances son particularmente relevantes en aplicaciones como la vigilancia remota y la exploración de áreas de difícil acceso.

La compatibilidad y la estandarización también juegan un papel clave en la integración de plataformas móviles en sistemas más amplios y complejos. La capacidad de estas plataformas para comunicarse y trabajar en conjunto con otros sistemas, como drones, sensores estacionarios y redes de comunicación, es vital para aplicaciones como la logística inteligente y la gestión de infraestructuras. Los estándares de comunicación y los protocolos abiertos facilitan esta integración, permitiendo que las plataformas móviles se incorporen fácilmente en redes existentes y cooperen de manera efectiva con otros dispositivos y sistemas (Mur-Artal et al., 2015).

En si el control de plataformas móviles es un área de investigación en constante evolución, con una amplia gama de enfoques y tecnologías que se aplica para mejorar la forma en que estos sistemas son operados y gestionados. Desde el uso de interfaces cerebro-computadora hasta la interacción de dispositivos móviles y el diseño de software de aplicación específico, hay un amplio espectro de oportunidades para innovar y avanzar en este campo emocionante y prometedor.

Además, los avances en inteligencia artificial, sensores avanzados, eficiencia energética, comunicación en tiempo real y control colaborativo están impulsando el desarrollo y las capacidades de las plataformas móviles. Estos avances también están mejorando la seguridad y la personalización, abriendo nuevas fronteras y aplicaciones en diversos sectores.

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Motor

##### 2.1.1 Motor Brushless

Son motores eléctricos de corriente continua (DC) sin escobillas es también llamada motor Brushless. Este tipo de motores consta de un rotor situado en la parte externa y un estator en la parte interna tal como se muestra en la Figura 1. Por lo cual el rotor es una parte móvil donde se encuentra los imanes permanentes y el estator es una parte fija donde se encuentran las bobinas (Solchaga, 2015).

La principal característica del motor Brushless es que la corriente eléctrica pasa directamente por los bobinados del estator, eliminando la necesidad de escobillas y colector. Esta corriente genera un campo electromagnético que interactúa con los imanes permanentes del rotor, provocando su rotación (Solchaga, 2015).

**Figura 1:** Motor Brushless



Vista interna de un motor Brushless, Fuente: (Chicsmart, 2023)

##### 2.1.2 Servomotor SG90

El servomotor SG90 es un pequeño actuador rotativo como se muestra en la Figura 2, es ampliamente utilizado en proyectos de electrónica y robótica debido a su capacidad para ofrecer un control preciso de la posición angular. Estos motores son esenciales para aplicaciones que requieren movimientos específicos y controlados, como brazos robóticos, vehículos teledirigidos y sistemas de posicionamiento (VanHuy et al., 2017).

El SG90 es capaz de rotar en un ángulo de 0° a 180°, lo que lo hace ideal para aplicaciones que requieren movimiento angulares limitados y precisos. Este tipo de servomotor opera con un voltaje que varía entre 4.8 y 6 V, lo que lo hace compatible con la mayoría de las plataformas de desarrollo y microcontroladores disponibles en el mercado (Cedeño, 2018).

El funcionamiento de un servomotor SG90 se basa en el uso de una señal de control de pulsos ancho modulado. La duración del pulso de la señal PWM determina la posición angular del eje del servo. Un pulso de 1 ms posiciona el eje en 0°, un pulso de 105 ms lo posiciona en 90° y un pulso de 2 ms lo posiciona en 180°. Esta capacidad de variar la posición del eje con precisión se logra mediante un circuito de control interno (Cedeño, 2018). En la Tabla 1 se indica las especificaciones del servomotor SG90.

**Tabla 1:** Especificaciones del Servomotor

| <b>Especificación</b>           | <b>Detalle</b>                                    |
|---------------------------------|---|
| <b>Modelo</b>                   | SG90  |
| <b>Tipo de Motor</b>            | Servo motor de rotación angular                   |
| <b>Ángulo de Giro</b>           | 0° a 180° (90° en cada dirección desde el centro) |
| <b>Voltaje de Operación</b>     | 4.8V a 6.0V                                       |
| <b>Torque Máximo</b>            | 1.8 kg·cm (a 4.8V)                                |
| <b>Velocidad de Operación</b>   | 0.1 s/60° (a 4.8V)                                |
| <b>Dimensiones</b>              | 22.2 mm x 11.8 mm x 31 mm                         |
| <b>Peso</b>                     | 9 gramos  |
| <b>Conector</b>                 | 3 pines (señal, VCC, GND)                         |
| <b>Frecuencia de Señal PWM</b>  | 50 Hz (20 ms de período)                          |
| <b>Pulso Mínimo (0°)</b>        | Aproximadamente 0.5 ms                            |
| <b>Pulso Medio (90°)</b>        | Aproximadamente 1.5 ms                            |
| <b>Pulso Máximo (180°)</b>      | Aproximadamente 2.5 ms                            |
| <b>Corriente de Operación</b>   | 10 mA a 100 mA (sin carga)                        |
| <b>Corriente de Arranque</b>    | Aproximadamente 650 mA                            |
| <b>Temperatura de Operación</b> | -30°C a 60°C                                      |
| <b>Material del Engranaje</b>   | Plástico  |

En la tabla se especifica las características del micro servo motor SG90, Fuente: Arduino

**Figura 2:** Servomotor SG90



Servomotor SG90, Fuente: (ElectroStore, 2023)

## **2.2 Tarjetas de control**

### **2.2.1 Arduino Mega 2560**

Arduino es un controlador el cual se basa en software y hardware fáciles de usar de código abierto, por lo cual se puede programar y desarrollar elementos autónomos o simplemente usuario como captador de información (Castellá, 2018).

Arduino es una placa electrónica equipada con software abierta, utilizando una familia de microcontroladores ATmega y funcionando como un microcontrolador de placa única, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en diversos campos. Lanzando por Atmel, el hardware tiene el procesador Atmel AVR y el software tiene un lenguaje de programación propia (Iskandar et al., 2017).

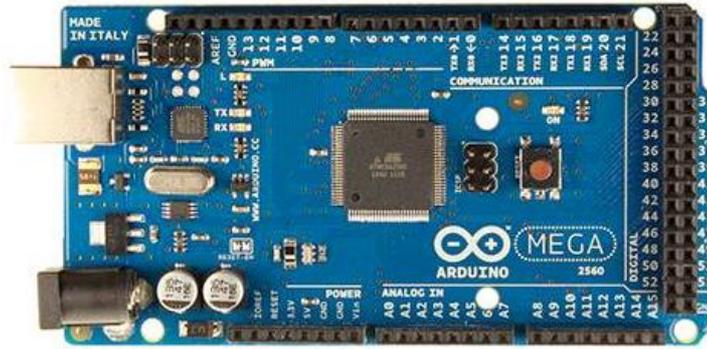
El Arduino Mega 2560 como se muestra en la Figura 3, es un modelo más potente de Arduino, el cual cuenta con más RAM, con respecto a las propiedades eléctricas es muy similar a la placa Arduino Uno, por lo cual el Arduino Mega posee 54 pines digitales entrada/salida, de los cuales 15 de ellos son PWM y 16 pines analógicos (Castellá, 2018). En la Tabla 2 se indica las características del Arduino Mega.

**Tabla 2:** Especificaciones Arduino Mega 2560 Italy

| <b>Característica</b>                             | <b>Especificación</b>  |
|---|--|
| <b>Microcontrolador</b>                           | ATmega2560   |
| <b>Voltaje de Operación</b>                       | 5V   |
| <b>Voltaje de Entrada (recomendado)</b>           | 7-12V  |
| <b>Voltaje de Entrada (límites)</b>               | 6-20V  |
| <b>Pines Digitales I/O</b>                        | 54 (15 de los cuales pueden ser usados como salidas PWM)                 |
| <b>Pines PWM</b>                                  | 15   |
| <b>Entradas Analógicas</b>                        | 16   |
| <b>Corriente DC por Pin I/O</b>                   | 20 ma  |
| <b>Corriente para Pin 3.3V</b>                    | 50 ma  |
| <b>Memoria Flash</b>                              | 256 KB (8 KB utilizados por el gestor de arranque)                       |
| <b>SRAM</b>                                       | 8 KB   |
| <b>EEPROM</b>                                     | 4 KB   |
| <b>Velocidad de Reloj</b>                         | 16 MHz   |
| <b>Puertos Seriales UART</b>                      | 4 (Serial0, Serial1, Serial2, Serial3)                                   |
| <b>Interfaz SPI</b>                               | Sí   |
| <b>Interfaz I2C</b>                               | Sí   |
| <b>Interrupciones Externas</b>                    | Sí (pines 2, 3, 18, 19, 20, 21)  |
| <b>Dimensiones</b>                                | 101.52 mm x 53.3 mm  |
| <b>Peso</b>                                       | 37 gramos  |
| <b>Conector de Alimentación Externa</b>           | Barrel jack (diámetro interno 2.1 mm, positivo en el centro)             |
| <b>Conector USB</b>                               | Tipo B   |
| <b>LED Integrado</b>                              | Pin 13   |
| <b>Reset Automático</b>                           | Sí   |
| <b>Conversor A/D</b>                              | 10 bits  |
| <b>Voltaje de Referencia de Entrada Analógica</b> | 0V a 5V (configurable a través del pin AREF y el código de programación) |

Especificaciones del Arduino Mega, Fuente: Arduino

**Figura 3:** Arduino Mega 2560



Arduino Mega 2560, Fuente: (APM Electrónica, 2018)

### 2.2.2 Placa base CSD

El panel de control de la placa base CSD 1.0 como se muestra en la Figura 4, es el componente central de una HoverBoard, encargada de gestionar y controlar todas sus funciones principales. Actúa como el cerebro del dispositivo, integrado y coordinado los diversos sistemas para asegurar un funcionamiento óptimo.

El panel de control de la placa base CSD 1.0 tiene múltiples funciones esenciales para el correcto funcionamiento de la HoverBoard, como la distribución de energía desde la batería a los motores y otros componentes electrónicos. Incluye conectores de energía que aseguran una distribución eficiente y seguridad de la energía necesaria para operar la HoverBoard. Además, controla el movimiento regulando la velocidad y la dirección de los motores que impulsan las ruedas.

Utilizando indicadores led y una interfaz de usuario para proporcionar información sobre el estado del dispositivo, como el nivel de batería, errores detectados y el estado del balanceo. La utilidad principal del panel de control de la placa base CSD 1.0 es garantizar que la HoverBoard funcione de manera eficiente y segura.

**Figura 4:** Placa base CSD 1.0



Placa base CSD 1.0 HoverBoard, Fuente: (Hoverpro, 2023)

### 2.2.3 Módulo Bluetooth

El módulo HC-06 es un dispositivo de comunicación inalámbrica configurado como esclavo desde fábrica, lo que lo hace ideal para su uso en diversos proyectos con microcontroladores, este módulo está diseñado para recibir peticiones de conexión permitiendo establecer conexiones inalámbricas a través del puerto serial del dispositivo al que se conecte, facilitando la comunicación mediante Bluetooth (Rivera, 2021).

El módulo HC-06 dispone de 4 pines para su conexión, como se muestra en la Figura 5, y cuenta con un led que parpadea cuando no está emparejado y se mantiene fijo una vez que lo está. Además, su uso es independiente del sistema operativo, lo que garantiza su compatibilidad con cualquier plataforma en la que deseemos desarrollar nuestro proyecto(Rivera, 2021). En la Tabla 3 se indica las especificaciones del módulo Bluetooth HC-06.

**Tabla 3:** Especificaciones del módulo Bluetooth HC-06

| <b>Característica</b>            | <b>Especificación</b>                                  |
|----------------------------------|--|
| <b>Versión Bluetooth</b>         | Bluetooth V2.0 + EDR (Enhanced Data Rate)              |
| <b>Voltaje de Operación</b>      | 3.6V a 6V  |
| <b>Interfaz de Comunicación</b>  | UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)     |
| <b>Pines Principales</b>         | VCC, GND, TXD, RXD                                     |
| <b>Velocidad de Comunicación</b> | Configurable (por defecto: 9600 bps)                   |
| <b>Modo de Operación</b>         | Esclavo  |
| <b>Rango de Operación</b>        | Hasta 10 metros en espacio abierto                     |
| <b>Consumo de Corriente</b>      | Aproximadamente 30 mA en modo de conexión              |
| <b>Tamaño</b>                    | 28 mm x 15 mm x 2.35 mm                                |
| <b>Frecuencia de Operación</b>   | 2.4 GHz ISM (Industrial, Scientific, and Medical band) |
| <b>Temperatura de Operación</b>  | -25°C a 75°C   |
| <b>Emparejamiento</b>            | Código PIN por defecto (1234 o 0000)                   |
| <b>Velocidad de Transmisión</b>  | Hasta 1 Mbps   |
| <b>Compatibilidad</b>            | Compatible con dispositivos que soportan Bluetooth SPP |

La tabla indica las especificaciones principales del módulo Bluetooth HC-06, Fuente: UNITELECTRONICS

**Figura 5:** Módulo Bluetooth



Módulo Bluetooth HC-06, Fuente: (Megatronica, 2019)

## 2.3 Batería

### 2.3.1 Batería de Litio

El incremento en la utilización de las baterías de litio se debe en gran parte a su elevada densidad de energía, su alta eficiencia energética y a su prolongado tiempo de vida, por lo cual las baterías de iones de litio pueden alcanzar un máximo de 1000 ciclo de operación (Quintero, 2021).

Como se mencionó anteriormente, las baterías de iones de litio presentan características superiores a las otras, por lo cual la batería de litio debido a su reducido tamaño, peso, alta densidad de energía y prolongado tiempo de vida como se muestra una Figura 6, las baterías de litio han sido utilizadas para los dispositivos y así cuidar la salud (Quintero, 2021).

**Figura 6:** Batería de Litio



Batería de Iones de Litio 36V DC, Fuente: (Indalchess, 2020)

### 2.3.2 Batería de Litio 18650

Las baterías de litio 18650 como se muestra en la Figura 7, son celdas recargables de ion de litio que se caracterizan por su forma cilíndrica estándar, estas baterías son ampliamente valoradas por su alta densidad energética, lo que significa que puede almacenar una gran cantidad de energía en un volumen relativamente pequeña, por lo que se destaca su durabilidad y capacidad de recarga, permitiendo así numerosos ciclos de carga y descarga. (Ojeda & Ortiz, 2017)

Las baterías 18650 son extremadamente versátiles y se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, en la Tabla 4 se indica las especificaciones de las baterías de litio 18650.

**Tabla 4:** Especificaciones de la Batería de Litio 18650

| <b>Especificación</b>                     | <b>Descripción</b>  |
|---|---|
| <b>Dimensiones</b>                        | Diámetro: 18 mm,<br>Longitud: 65 mm                             |
| <b>Capacidad</b>                          | 1200 mAh - 3600 mAh<br>(dependiendo del<br>modelo y fabricante) |
| <b>Voltaje Nominal</b>                    | 3.6V - 3.7V   |
| <b>Voltaje de Carga<br/>Completa</b>      | 4.2V  |
| <b>Voltaje de Corte de<br/>Descarga</b>   | 2.5V - 3.0V   |
| <b>Corriente de<br/>Descarga Continua</b> | 2A - 35A (varía según<br>el diseño y fabricante)                |
| <b>Ciclo de Vida</b>                      | 300 - 500 ciclos de<br>carga/descarga<br>completos              |

Tabla de especificaciones de la batería de litio 18650, Fuente: (UnitElectronics, 2021)

**Figura 7:** Batería de Litio 18650



Batería de Iones de Litio 18650, Fuente: (UnitElectronics, 2021)

## 2.4 Disipadores de Calor

### 2.4.1 Disipador de Aluminio

Un disipador o intercambiador de calor tiene como función de evacuar el calor desde un elemento con alta temperatura hacia un medio con menor temperatura, su propósito es

augmentar el área superficial expuesto al agente de enfriamiento, el cual general es aire a temperatura ambiente, la transferencia de calor ocurre en la superficie del disipador de calor (Garro et al., 2012). El disipador de calor está compuesto por aletas o láminas tal como se muestra en la Figura 8.

Los disipadores de calor comúnmente están elaborados con materiales de aluminio esto se debe a su alta conductividad térmica, por lo que permite una rápida transferencia de calor desde los componentes eléctricos hacia el disipador y luego hacia el aire circundante. Lo que ayuda a mantener los componentes eléctricos a una temperatura segura de funcionamiento (Garro et al., 2012).

**Figura 8:** Disipador de Calor



Disipador de calor de aluminio, Fuente: (BioAcuarios, 2023)

## **2.5 Sensor**

### **2.5.1 Sensor de efecto Hall**

Los sensores Hall se encuentran integrados en la parte fija del motor como se muestra en la Figura 9. Sin embargo, la incorporación de estos sensores en el estator representa un proceso complejo, dado que cualquier desajuste a los sensores de efecto Hall, con respecto a los imanes del rotor puede afectar su funcionamiento (García, 2011).

Para el correcto funcionamiento, los sensores Hall necesitan una fuente de alimentación que puede variar entre 4V a 24V, con una corriente necesaria puede variar desde 5mA hasta 15mA. Es importante destacar que la salida del sensor Hall generalmente es un tipo colector abierta, por esta razón puede ser necesario incorporar una resistencia de pull-up en el lado del controlador para asegurar una operación adecuada (García, 2011).

**Figura 9:** Sensor Hall



Sensor Hall motor Brushless, Fuente: (HORO.ES, 2021)

## 2.6 Regulador

### 2.6.1 Regulador de tensión 7805

El regulador 7805 como se muestra en la Figura 10, es un regulador de voltaje lineal de 5 V que forma parte de la serie 78xx de reguladores de voltaje positivos, es ampliamente utilizado en aplicaciones electrónicas debido a su capacidad para proporcionar una salida estable y regulada de 5 V a partir de una entrada de voltaje más alta (Vega, 2020). Un regulador de voltaje es un componente electrónico que se encarga de mantener un nivel de voltaje estable y constante. En la Tabla 5 se indica las especificaciones del regulador 7805.

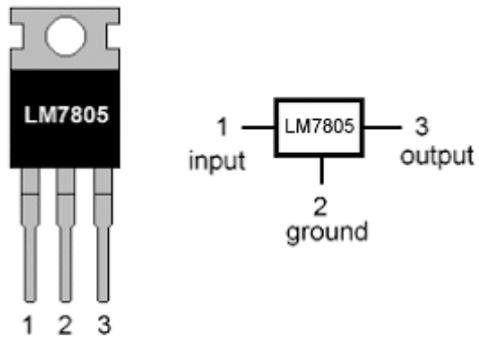
**Tabla 5:** Especificaciones del Regulador 7805

| Características  | Descripción  |
|--|--|
| <b>Voltaje de salida (<math>V_{out}</math>)</b>          | 5V   |
| <b>Rango de voltaje de entrada (<math>V_{in}</math>)</b> | 7V - 35V (recomendado no exceder 25V para evitar sobrecalentamiento)     |
| <b>Corriente de salida (<math>I_{out}</math>)</b>        | Hasta 1.5A (con disipador de calor adecuado)                             |
| <b>Protección térmica</b>                                | Sí (apaga el regulador si la temperatura interna excede un valor seguro) |
| <b>Protección contra cortocircuitos</b>                  | Sí (protege contra daños en caso de cortocircuito en la salida)          |

Tabla de especificaciones del regulador 7805, Fuente: (Texas Instruments, 2016)

**Figura 10:** Regulador 7805

**LM7805 PINOUT DIAGRAM**



Regulador de tensión 7805, Fuente: (MK, 2016)

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO

#### 3.1 Sistemas de control electrónicos

En esta sección describe los componentes y conexiones esenciales para el control electrónico de la plataforma móvil. En el cual se incluye diagramas y tablas explicativas para facilitar la comprensión, los cuales son aspectos fundamentales para el correcto funcionamiento de la plataforma móvil.

##### 3.1.1 Arduino Mega/ Módulo Bluetooth HC-06

A continuación, se describe detalladamente la interconexión entre el Arduino Mega y el Módulo Bluetooth HC-06, fundamental para la comunicación inalámbrica en el sistema de control eléctrico, en la Figura 11 se muestra la conexión y se complementa con una explicación exhaustiva de cada componente y su interacción.

**Figura 11:** Conexión Arduino Mega y Módulo Bluetooth HC-06

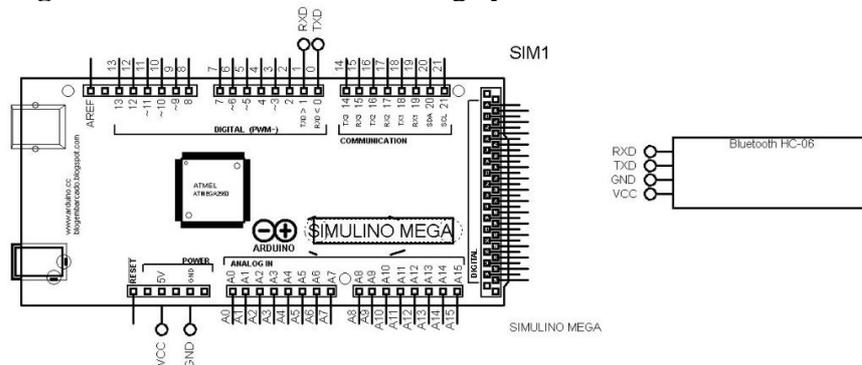


Diagrama de conexión Arduino Mega y Módulo Bluetooth HC-06, Fuente: Autores

El Arduino Mega 2560 es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega2560, diseñada para proyectos más complejos que requieren una mayor cantidad de pines de E/S y memoria, lo principal del Arduino Mega 2560 es proporcionar una plataforma potente y flexible para el desarrollo de proyectos electrónicos y programación.

El módulo Bluetooth HC-06 es un dispositivo de comunicación inalámbrica el cual permite la transferencia de datos entre dos dispositivos usando tecnología bluetooth. Lo cual las principales características es la comunicación inalámbrica, transmisión y recepción de datos, emparejamiento y conexión, configuración y control remoto.

La conexión entre el Arduino Mega y el Módulo Bluetooth HC-06 se realiza mediante cuatro cables que conectan los pines de alimentación y comunicación entre ambos dispositivos. En la Tabla 6 se indica los pines utilizados para las conexiones entre el Arduino Mega y Módulo Bluetooth HC-06.

**Tabla 6:** Pines del Arduino Mega y Módulo Bluetooth HC-06

| <b>Módulo Bluetooth HC-06</b> | <b>Arduino Mega 2560</b> |
|-------------------------------|--------------------------|
| VCC                           | 5V                       |
| GND                           | GND                      |
| TXD                           | RX0 (Pin 0)              |
| RXD                           | TX0 (Pin 1)              |

Conexiones entre el Arduino Mega y el módulo Bluetooth HC-06, Fuente: Autores

En la Tabla 7 se indica una breve explicación descriptiva de los pines de conexión entre el Arduino Mega y Módulo Bluetooth HC-06.

**Tabla 7:** Descripción de conexión entre Arduino Mega y Módulo Bluetooth HC-06

| <b>Pin del Módulo Bluetooth HC-06</b> | <b>Pin del Arduino Mega 2560</b> | <b>Descripción</b>  |
|---------------------------------------|----------------------------------|---|
| VCC                                   | 5V                               | Alimenta el módulo HC-06 con 5V del Arduino Mega.   |
| GND                                   | GND                              | Conecta la tierra del módulo HC-06 a la tierra del Arduino Mega, proporcionando una referencia común de tierra para el circuito.                              |
| TXD                                   | RX0 (Pin 0)                      | El pin TXD del HC-06 se conecta al pin RX1 del Arduino Mega, permitiendo que los datos transmitidos desde el módulo Bluetooth sean recibidos por el Arduino.  |
| RXD                                   | TX0 (Pin 1)                      | El pin RXD del HC-06 se conecta al pin TX1 del Arduino Mega, permitiendo que los datos transmitidos desde el Arduino Mega sean recibidos por el módulo HC-06. |

Conexiones entre el Arduino Mega y el Módulo Bluetooth HC-06, Fuente: Autores

### 3.1.2 Micro Servo SG90/Arduino Mega 2560

En la Figura 12, se muestra la conexión entre el micro servo SG90 y el Arduino Mega 2560, a continuación, se describe detalladamente la interconexión entre el micro servo SG90 y el

Arduino Mega 2560 y se complementa con una explicación exhaustiva de cada componente y su interacción.

**Figura 12:** Conexión Micro Servo SG90 y el Arduino Mega 2560

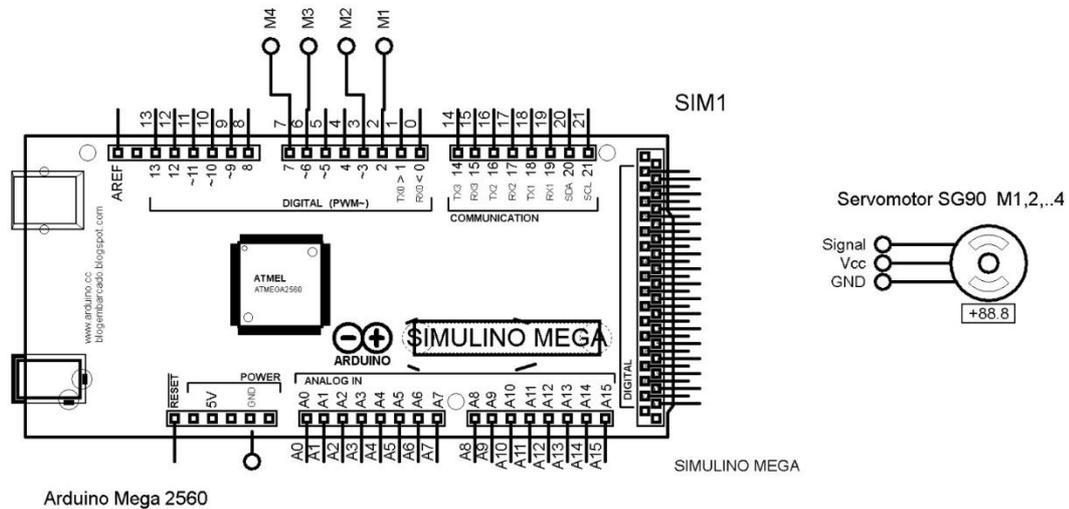


Diagrama de conexión micro servo SG90 y el Arduino Mega 256, Fuente: Autores

El SG90 es un servo motor de tipo posicional, lo que significa que puede moverse a un ángulo específico dentro de su rango de operación  $0^\circ$  a  $180^\circ$  basado en señales de control PWM (Modulación por ancho de pulso), lo cual está señal determina su posición, por lo tanto, un pulso mínimo de  $0^\circ$  tiene una señal 0.5 ms, un pulso medio  $90^\circ$  tiene una señal 1.5 ms, un pulso máximo de  $180^\circ$  tiene una señal 2.5 ms y una frecuencia de 50 Hz (20 ms de periodo). Por lo cual es muy fácil de integrar con microcontroladores como Arduino.

El Micro Servo SG90 consta de un conector de tres pines con los siguientes colores típicos.

- Naranja: señal PWM
- Rojo: VCC (4.8V a 6.0V)
- Marrón: GND

A continuación, en la Tabla 8, se indica las descripciones de los pines de la conexión entre el Arduino Mega 2560 y el Micro Servo SG90. Lo cual cada fila describe la conexión de un servo, especificando el color de cable, su función y el pin correspondiente en el Arduino Mega, esto proporciona una referencia clara y concisa para conectar múltiples servomotores al Arduino Mega de manera organizada y sin confusiones.

**Tabla 8:** Descripción de conexión entre Arduino Mega y el Micro Servo SG90

| Servo | Color del Cable | Función | Conexión al Arduino Mega 2560 |
|-------|-----------------|---------|-------------------------------|
| 1     | Naranja         | Señal   | Pin PWM (pin 2)               |
|       | Rojo            | VCC     | 5V                            |
|       | Marrón          | GND     | GND                           |
| 2     | Naranja         | Señal   | Pin PWM (pin 3)               |
|       | Rojo            | VCC     | 5V                            |
|       | Marrón          | GND     | GND                           |
| 3     | Naranja         | Señal   | Pin PWM (pin 6)               |
|       | Rojo            | VCC     | 5V                            |
|       | Marrón          | GND     | GND                           |
| 4     | Naranja         | Señal   | Pin PWM (pin 7)               |
|       | Rojo            | VCC     | 5V                            |
|       | Marrón          | GND     | GND                           |

Conexiones entre 4 servomotores SG90 y el Arduino Mega 2560, Fuente: Autores

### 3.1.3 Optoacoplador Motherboard Hoverboard/Micro Servo SG90

En la Figura 13, se muestra la conexión entre el micro servo SG90 y el optoacoplador motherboard HoverBoard, a continuación, se describe detalladamente la interconexión entre el micro servo SG90 y el optoacoplador motherboard HoverBoard, se complementa con una explicación exhaustiva de cada componente y su interacción.

**Figura 13:** Conexión Micro Servo SG90 y Optoacoplador Motherboard HoverBoard



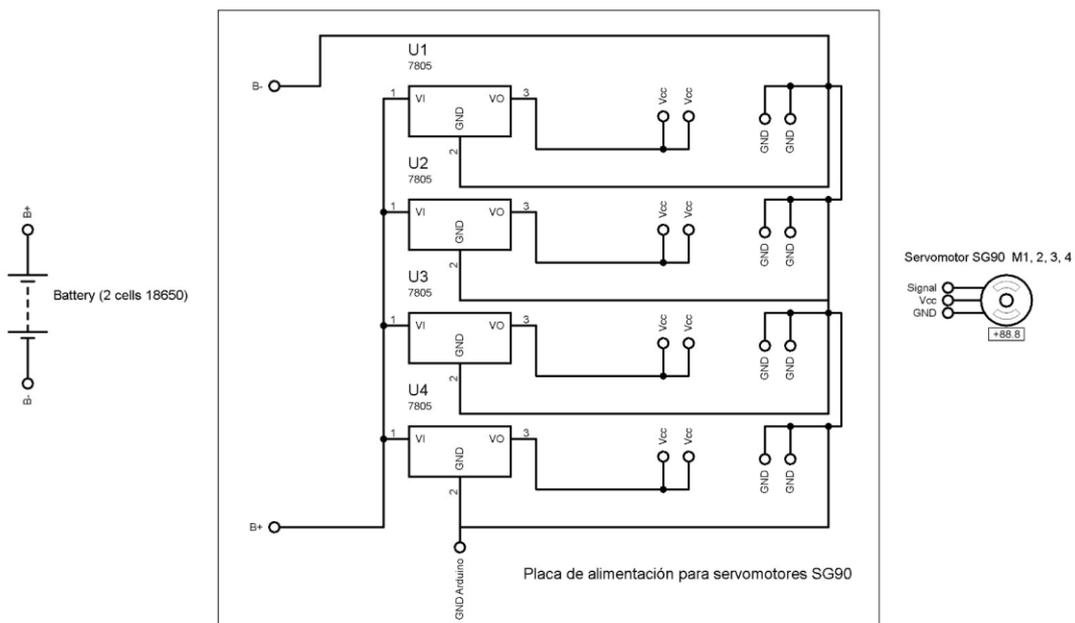
Conexión Micro Servo SG90 y Optoacoplador Motherboard HoverBoard, Fuente: Autores

Un optoacoplador de ranura es un dispositivo que consta de un emisor de luz y un receptor de luz dispuestos de manera que un obstáculo interrumpa la luz, este tipo de optoacoplador se utiliza comúnmente para determinar la presencia o ausencia de un objeto en la ranura. Cuando no hay ningún objeto entre el emisor y el receptor, la luz del emisor llegara al receptor, activando así el circuito, lo que se puede utilizar para activar o desactivar otros componentes del circuito.

### 3.1.4 Placa de Alimentación/Micro Servo SG90

En la Figura 14, se muestra la conexión entre el micro servo SG90 y la placa de alimentación, a continuación, se describe detalladamente la interconexión entre el micro servo SG90 y la placa de alimentación se complementa con una explicación exhaustiva de cada componente y su interacción.

**Figura 14:** Conexión Micro Servo SG90 y Placa de Alimentación



Conexión Micro Servo SG90 en la placa de alimentación, Fuente: Autores

La placa de alimentación para los servomotores SG90 es un componente importante para sistemas integrados que requieren una fuente de energía estable y fiable para múltiples servomotores SG90, esta placa está diseñada para proporcionar un suministro de 5V regulados a los servomotores, utilizando reguladores de voltaje 7805 y están alimentados por dos baterías 18650.

- 4 reguladores 7850
- 2 baterías 18650 de 3.7 V cada una, conectadas en serie 7.4 V en total
- 8 salidas de 5 V, distribuidos en pares para cada regulador 7805
- Pines de entrada para las baterías, pines de salida de 5 V para los servomotores y pines GND para conexión a tierra

A continuación, en la Tabla 9, se indica las descripciones de los pines de la conexión entre la placa de alimentación y servomotores SG90. La tabla detalla los elementos con sus respectivos pines y conexiones, tanto en la placa de alimentación con los servomotores SG90, por lo cual esta conexión entre la placa de alimentación es esencial para asegurar que los servomotores SG90 reciban la energía adecuada y estable, permitiendo un control eficiente y seguro de los mismos.

**Tabla 9:** Descripción de conexión placa de alimentación y servomotores SG90

| <b>Elemento</b>             | <b>Conexión</b>                          | <b>Descripción</b>                 |
|-----------------------------|--|------------------------------------|
| <b>Baterías 18650</b>       |  |                                    |
| - Positivo                  | Entrada IN [B+]                          | Voltaje de entrada (7.4V en total) |
| - Negativo                  | GND [B-] de la placa                     | Conexión a tierra común            |
| <b>Regulador 7805 (U1)</b>  |  |                                    |
| - Entrada (VI)              | Positivo de las baterías 18650 [B+]      | Recibe 7.4V                        |
| - Salida (VO)               | Positivo del Servomotor SG90 (M1) y (M2) | Proporciona 5V regulados           |
| - GND                       | Negativo del Servomotor SG90 (M1) y (M2) | Conexión a tierra                  |
| <b>Regulador 7805 (U2)</b>  |  |                                    |
| - Entrada (VI)              | Positivo de las baterías 18650 [B+]      | Recibe 7.4V                        |
| - Salida (VO)               | Positivo del Servomotor SG90 (M3) y (M4) | Proporciona 5V regulados           |
| - GND                       | Negativo del Servomotor SG90 (M3) y (M4) | Conexión a tierra                  |
| <b>Servomotor SG90 (M1)</b> |  |                                    |
| - Positivo (Vcc)            | Salida (VO) del Regulador 7805 (U1)      | Recibe 5V regulados                |

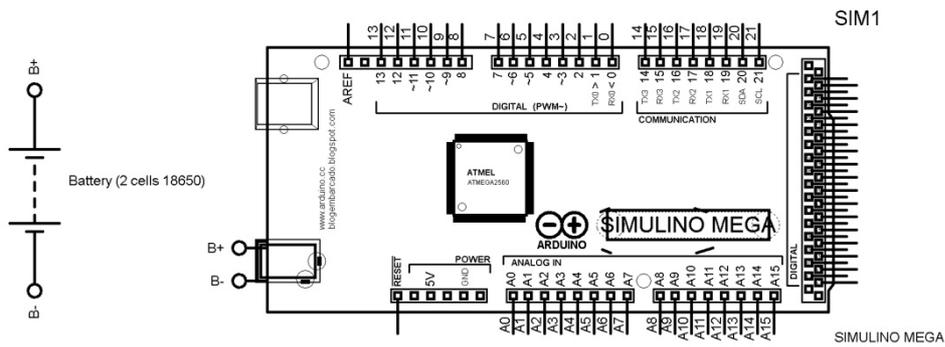
| <b>Elemento</b>   | <b>Conexión</b>                      | <b>Descripción</b>             |
|---|--------------------------------------|--------------------------------|
| - Negativo (GND)  | GND del Regulador 7805 (U1)          | Conexión a tierra              |
| - Señal (PWM) / Signal  | Pin 2 de señal del Arduino Mega 2560 | Recibe la señal de control PWM |
| <b>Servomotor SG90 (M2)</b>   |                                      |                                |
| - Positivo (Vcc)  | Salida (VO) del Regulador 7805 (U1)  | Recibe 5V regulados            |
| - Negativo (GND)  | GND del Regulador 7805 (U1)          | Conexión a tierra              |
| - Señal (PWM) / Signal  | Pin 3 de señal del Arduino Mega 2560 | Recibe la señal de control PWM |
| <b>Servomotor SG90 (M3)</b>   |                                      |                                |
| - Positivo (Vcc)  | Salida (VO) del Regulador 7805 (U2)  | Recibe 5V regulados            |
| - Negativo (GND)  | GND del Regulador 7805 (U2)          | Conexión a tierra              |
| - Señal (PWM) / Signal  | Pin 6 de señal del Arduino Mega 2560 | Recibe la señal de control PWM |
| <b>Servomotor SG90 (M4)</b>   |                                      |                                |
| - Positivo (Vcc)  | Salida (VO) del Regulador 7805 (U2)  | Recibe 5V regulados            |
| - Negativo (GND)  | GND del Regulador 7805 (U2)          | Conexión a tierra              |
| - Señal (PWM) / Signal  | Pin 7 de señal del Arduino Mega 2560 | Recibe la señal de control PWM |
| <b>GND ARDUINO</b>  |                                      |                                |
| Este pin de conexión de la placa; sirve para conmutar las tierras (GND) de los servomotores SG90 con la tierra del Arduino Mega 2560. |                                      |                                |

Conexiones de la placa de alimentación y los 4 servomotores SG90, Fuente: Autores

### 3.1.5 Alimentación Arduino Mega 2560

En la Figura 15, se muestra la conexión entre de la alimentación del Arduino Mega 2560 conectado a la batería 18650, la razón de esta configuración es que el Arduino Mega 2560 requiere una alimentación adecuada para su correcto funcionamiento. Al conectar la batería 18650 en serie, se incrementa el voltaje total disponible, asegurando así que el Arduino reciba la energía necesaria para operar de manera eficiente, esta configuración es fundamental para proporcionar una fuente de energía estable y suficiente para el microcontrolador y sus componentes asociados.

**Figura 15:** Conexión de Alimentación Arduino Mega 2560



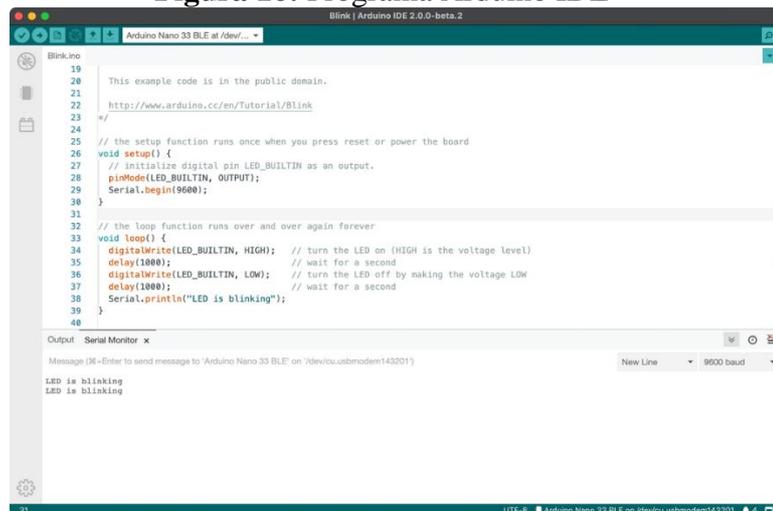
Conexión de la alimentación del Arduino Mega 2560 con baterías 18650, Fuente: Autores

### 3.1.6 Diseño del Software

El desarrollo del código para el control de los servomotores SG90 a través de un Arduino Mega 2560 se realiza en un entorno de programación específico que incluye hardware y software.

El IDE de Arduino como se muestra en la Figura 16, se utiliza para escribir, compilar y cargar el código en el Arduino Mega 2560, este entorno proporciona una interfaz amigable y herramientas necesarias para la programación del microcontrolador. La librería Servo de Arduino facilita el control de los servomotores SG90, por lo que esta librería incluye funciones predefinidas para manejar la señal PWM, simplificando el desarrollo del código.

**Figura 16:** Programa Arduino IDE



Visualización del programa Arduino IDE el cual se utiliza para la programación. Fuente:

(Arduino, 2019)

Los servomotores SG90 tiene el objetivo de interrumpir las señales infrarrojas de los optoacopladores ranurados en las placas controladores de los motores HoverBoards (BLDC), dependiendo del comando recibido por el Arduino Mega 2560 a través del módulo Bluetooth Hc-06, se envían señales PWM a los servomotores para realizar movimientos específicos.

El movimiento hacia adelante (Forward) comando Bluetooth 'F', el Arduino envía señales PWM a los servomotores SG90 1 y 2 interrumpiendo las señales infrarrojas de los optoacopladores de los motores delanteros, lo que permite a la plataforma moverse hacia adelante. El movimiento hacia atrás (Back) comando Bluetooth 'B', el Arduino envía señales PWM a los servomotores SG90 3 y 4 interrumpiendo las señales infrarrojas de los optoacopladores de los motores posteriores, lo que permite a la plataforma moverse hacia atrás.

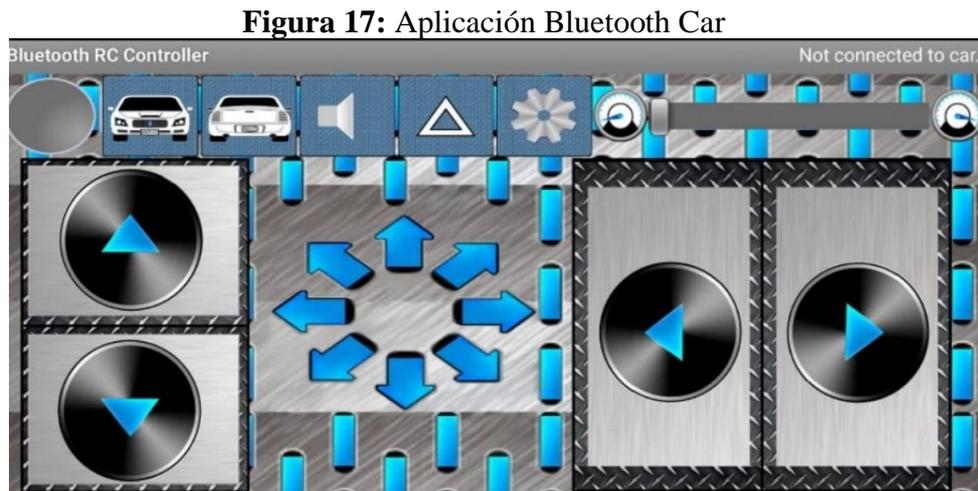
El movimiento hacia la derecha (Right) con comando Bluetooth 'R' el Arduino envía señales PWM al servomotor SG90 1 interrumpiendo la señal infrarroja del optoacoplador del motor izquierdo delanteros, lo que permite a la plataforma moverse hacia la derecha. El movimiento hacia la izquierda (Left) comando Bluetooth 'L', el Arduino envía señales PWM al servomotor SG90 2 interrumpiendo la señal infrarroja de los optoacopladores del motor derecho delantero, lo que permite a la plataforma moverse hacia la izquierda.

En el Anexo 1, se presenta el código empleado en el desarrollo del proyecto, implementando mediante el entorno de desarrollo Arduino IDE. Este código se encarga de la programación y control de los componentes electrónicos utilizados como son los servomotores SG90.

En la Figura 13, se muestra la conexión entre el micro servo SG90 y el optoacoplador motherboard HoverBoard, a continuación, se describe detalladamente la interconexión entre el micro servo SG90 y el optoacoplador motherboard HoverBoard, se complementa con una explicación exhaustiva de cada componente y su interacción.

El funcionamiento del sistema inicia que los motores Brushless BLDC de la HoverBoard se encuentran apagados y los micro servomotores en posición neutra 0°, el Arduino Mega 2560 este encendido y conectado al módulo Bluetooth y Servo Motores SG90.

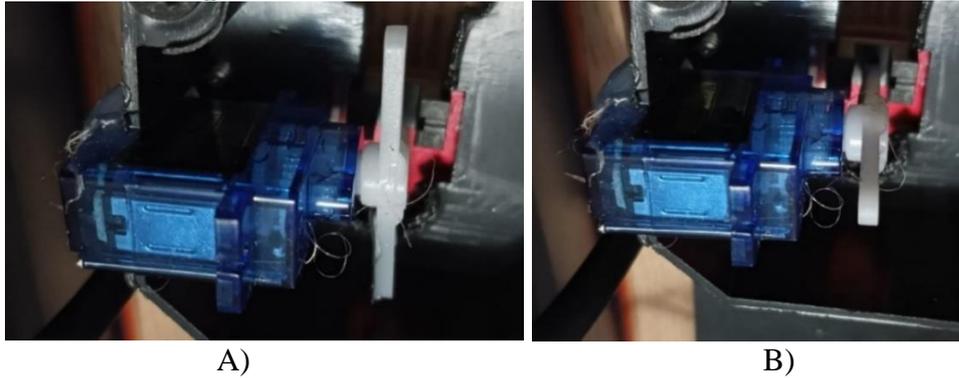
Para la comunicación del módulo Bluetooth, se estableció una conexión entre el Arduino Mega 2560 y un dispositivo móvil a través de Bluetooth. Utilizando la aplicación Bluetooth car como se muestra en la Figura 17, esta aplicación permite a los usuarios enviar comandos específicos que indican la dirección de giro deseada de la HoverBoard, estos comandos de control se envían desde el dispositivo móvil al Arduino Mega 2560, que los recibe a través del módulo Bluetooth y los interpreta para iniciar el proceso de cambio de dirección de la plataforma móvil.



Aplicación control remoto Bluetooth Car, Fuente: (APKCombo, 2021)

Para la activación de los Micro Servomotores como se muestra en la Figura 18, basado en los comandos recibidos por Bluetooth, el Arduino Mega 2560 activa los micro servomotores SG90, los micro servomotores se mueven para realizar un giro de 90°, lo que provoca que las hélices bloqueen la luz que llegan a los optoacopladores de ranura en las tarjetas madre de la HoverBoard. Al interrumpir la luz que llega a los optoacopladores, se bloquea la señal, lo que a su vez provoca el giro de los motores BLDC de los HoverBoard.

**Figura 18:** Activación de Servomotores SG90



A) Vista del servomotor desactivado 0°. B) Vista del servomotor activado a 90°, Fuente:  
Autores

En la activación de los motores BLDC, como respuesta a la interrupción de la señal de los optoacopladores, el Arduino Mega 2560 activa los motores BLDC y lo hace girar en la dirección deseada según la nueva configuración proporcionada por los micro servomotores. Los motores BLDC giran en la dirección determinada por el bloqueo de la luz en los optoacopladores de ranura, los micro servomotores mantienen las hélices bloqueando la luz infrarroja de los optoacopladores. Una vez que se complete el cambio de dirección deseada, el sistema de control envía una señal para desactivar los micro servomotores.

Para la desactivación de los micro servomotores el Arduino Mega 2560 recibe la señal de desactivación y envía la orden a los micro servomotores SG90 para que regresen a su posición 0° como se observa en la Figura 18, permitiendo que la luz alcance nuevamente los optoacopladores de ranura, al restablecerse la señal de control de los motores BLDC a su estado original stop.

Por lo tanto, este proceso se repetirá cada vez que se requiera un cambio de dirección en la HoverBoard, permitiendo así un control flexible y preciso sobre el movimiento del dispositivo mediante la comunicación por medio del Bluetooth con el Arduino Mega 2560.

## CAPÍTULO 4

### DESARROLLO DE LA PLATAFORMA

#### 3.2 Diseño de plataforma

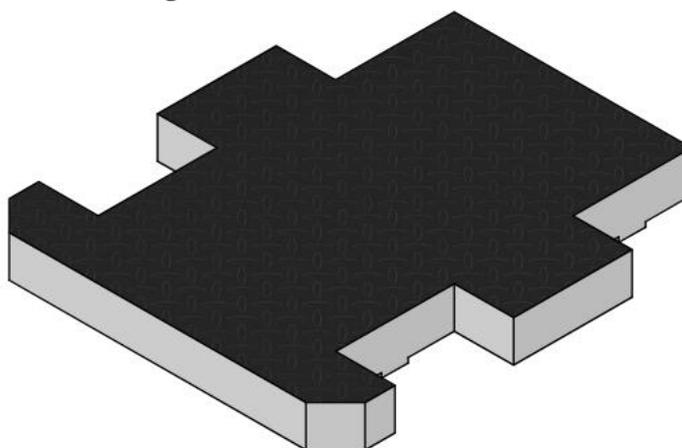
##### 3.2.1 Diseño en Inventor

El uso del software Autodesk Inventor para el diseño detallado de la plataforma fue una elección exhaustiva para garantizar precisión y eficiencia en la construcción. Este software nos permitió modelar cada componente con gran precisión y visualizar como se integrarían para formar la plataforma final.

Este proceso de diseño en Inventor fue crucial en el desarrollo del proyecto, ya que nos brindó la capacidad de visualizar y perfeccionar cada aspecto antes de pasar a la fabricación. Al emplear esta herramienta de modelado 3D, pudimos crear representaciones digitales detalladas de cada parte de la plataforma, desde la estructura principal hasta los pequeños detalles.

Además de asegurar la precisión en las medidas y la integración de los componentes, el diseño en Inventor nos permitió realizar simulaciones y análisis para garantizar la robustez y la funcionalidad de la plataforma en diversas condiciones de uso. Esta capacidad de análisis contribuyó significativamente a la mejora del diseño como se muestra en la Figura 19, en el cual se puede ver el diseño final de la plataforma.

**Figura 19:** Diseño en Inventor

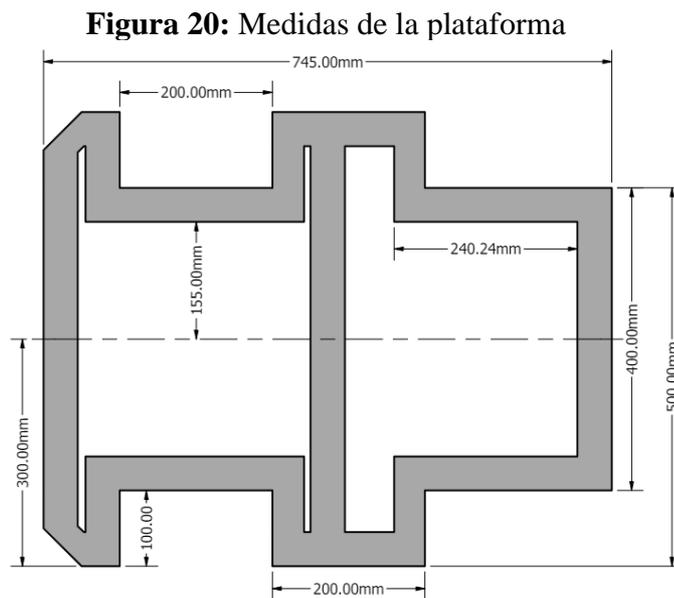


Diseño de la Plataforma móvil en Inventor, Fuente: Autores

### 3.2.2 Dimensiones de la plataforma

Las dimensiones de la plataforma fueron determinadas mediante un análisis exhaustivo de los requisitos del proyecto, con un enfoque prioritario en lograr una estructura compacta y ligera. Durante este proceso, se consideró cuidadosamente el espacio disponible para la instalación de los componentes eléctricos, así como la necesidad de garantizar la estabilidad y seguridad de la plataforma. Además, se buscó activamente facilitar su integración con otros sistemas y equipos, con el objetivo de optimizar su funcionalidad y rendimiento.

En la Figura 20, se muestra las medidas finales de la plataforma, por lo que se estableció en 745mm de largo y 600mm de ancho. Dentro de la estructura de la plataforma, se reservaron espacios específicos para la colocación de los neumáticos, con un largo de 200mm, un ancho de 100mm y con un espacio entre los neumáticos de 200mm. Estas medidas se han diseñado con el objetivo de optimizar la funcionalidad y eficiencia de la plataforma, asegurando al mismo tiempo su robustez y adaptabilidad a las necesidades del proyecto.



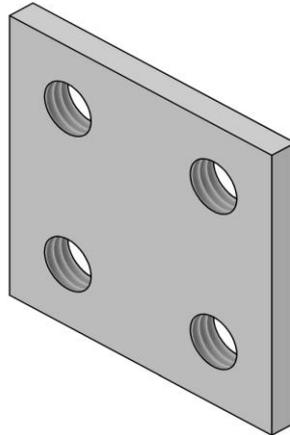
Dimensiones de la estructura de la Plataforma móvil, Fuente: Autores

### 3.2.3 Diseño del acople Motor-Chasis

El diseño del acople del motor al chasis se fundamentó en la incorporación de un acople adicional que se ubicará directamente en el chasis, cumpliendo la función de soportar los

acoples principales de los motores. El acople se muestra en la Figura 21, de igual manera el diseño esta pieza se llevó a cabo utilizando el software Autodesk Inventor.

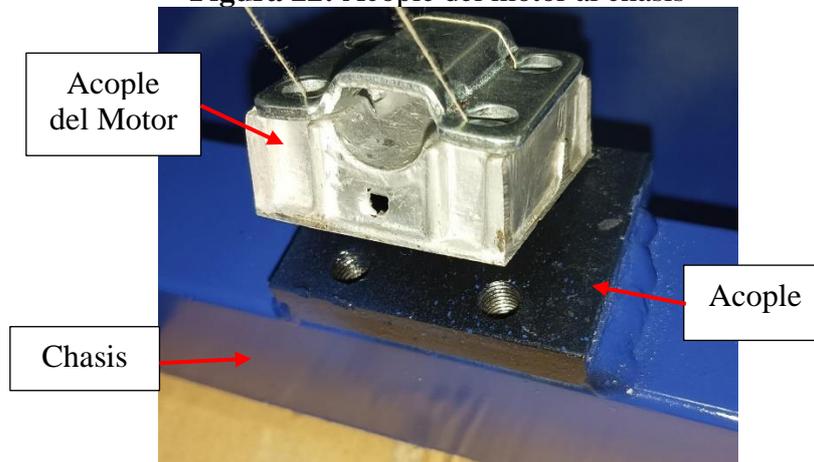
**Figura 21:** Diseño del acople del motor al chasis



Vista del acople del motor al chasis, Fuente: Autores

Para aprovechar los dos acoples que vienen en la HoverBoard, de donde se obtuvo los motores, se decidió elaborar un acople adicional los cuales se realizan los mismos agujeros para luego pasar un machuelo para que el nuevo acople tenga rosca, luego soldarlos al chasis como se muestra en la Figura 22.

**Figura 22:** Acople del motor al chasis



Acople del motor al chasis, Fuente: Autores

### 3.2.4 Diseño de la base

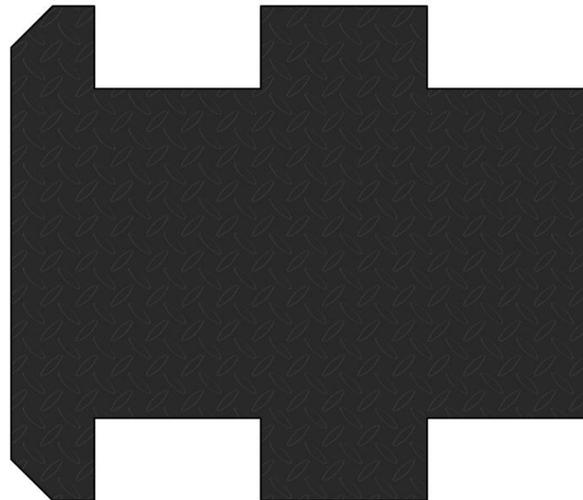
El diseño de la base de la plataforma se realizó con el mismo nivel de precisión que el resto de la estructura, la base está diseñada para proporcionar un soporte sólido y estable a todos

los componentes, asegurando así la integridad y seguridad del sistema en su conjunto como se muestra en la Figura 23.

Para garantizar una integración perfecta con la estructura de la plataforma, se decidió que la base tendría las mismas medidas que estos 745mm de largo y 600mm de ancho, esta elección se basó en la necesidad mantener la coherencia dimensional en todo el diseño, lo que facilita la instalación de los componentes y optimiza la distribución del espacio disponible.

Además, al igual que la plataforma, se reservaron espacios en la base para la colocación de los neumáticos, estos espacios mantendrán las mismas dimensiones que los espacios para la plataforma, con un largo de 200mm, un ancho de 100mm y un espacio entre neumáticos de 200mm.

**Figura 23:** Diseño de la base



Diseño de la base que va sobre la estructura, Fuente: Autores

### **3.2.5 Estructura Terminada**

Una vez culminado el diseño de la plataforma, se procedió a la fabricación utilizando las dimensiones establecidas. Esta plataforma debía ser compacta y ligera, pero con el espacio suficientes para la colocación de los componentes eléctricos necesarios. La plataforma fabricada cumple con todas las especificaciones y requisitos del diseño, asegurando una integración eficiente de los componentes. La estructura final de la plataforma se muestra en la Figura 24.

**Figura 24:** Estructura terminada

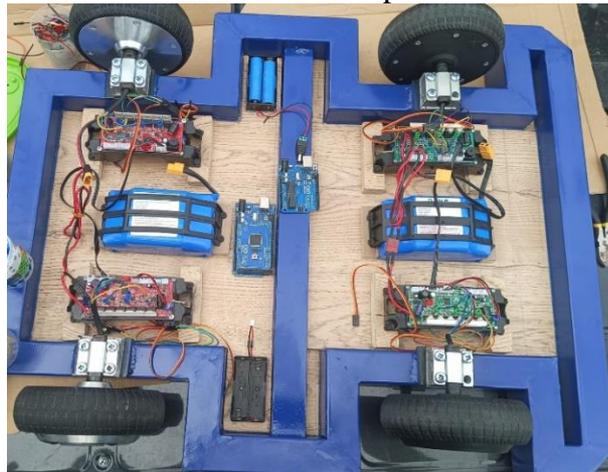


Vista de la estructura termina, Fuente: Autores

### 3.2.6 Colocación de los componentes electrónicos

Una vez que se tenga la estructura terminada se procede a analizar los espacios necesarios para cada uno de los componentes electrónicos como es la batería, el módulo Bluetooth, Arduino Mega, la placa base CSD 1.0 de la HoverBoard, como se muestra en la Figura 25, los cuales se colocaran sobre la plataforma verificando los espacios necesarios para que cada uno de los componentes tengan el suficiente espacio para asegurar el funcionamiento eficiente y seguro del sistema, además que facilite el montaje y mantenimiento del sistema.

**Figura 25:** Colocación de los componentes electrónicos



Visualización de la colocación de los componentes electrónicos en la plataforma, Fuente: Autores

## CAPÍTULO 5

### PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 5.1 Pruebas

##### 5.1.1 Pruebas de la conectividad Bluetooth

El módulo Bluetooth es un dispositivo que facilita la comunicación entre la plataforma y el dispositivo móvil, permitiendo controlar la plataforma y realizar sus desplazamientos a través del dispositivo móvil. Por lo tanto, se realizó estas pruebas para establecer la distancia mínima a la que se debe estar para que la plataforma y el dispositivo móvil estén comunicados y la plataforma siga funcionando correctamente.

En la Tabla 10, se indica los resultados obtenidos de las mediciones de la distancia que se encuentra conectado la plataforma y el dispositivo móviles.

**Tabla 10:** Tabla comportamiento del Módulo Bluetooth

| <b>Prueba</b> | <b>Detección del Bluetooth</b> | <b>Observaciones</b> |
|---------------|--------------------------------|----------------------|
| 2 m           | Si                             | Con conexión         |
| 4 m           | Si                             | Con conexión         |
| 6 m           | Si                             | Con conexión         |
| 8 m           | Si                             | Con conexión         |
| 10 m          | Si                             | Con conexión         |
| 12 m          | Si                             | Con conexión         |
| 14 m          | Si                             | Con conexión         |
| 16 m          | Si                             | Con conexión         |
| 18 m          | No                             | Sin conexión         |
| 20 m          | No                             | Sin conexión         |

Resultados obtenidos de distancia del módulo Bluetooth, Fuente: Autores

Durante la prueba se observó que existe una distancia de conectividad eficiente entre la plataforma y el dispositivo móvil por lo cual el rango de operación eficiente es desde 2m hasta 16m, el módulo Bluetooth mantuvo una conectividad estable con el dispositivo móvil. Esto indica que, dentro de este rango, la plataforma puede ser controlada sin interrupciones, permitiendo una operación fluida y confiable. Por lo cual la pérdida de conectividad parte

de los 18m, el módulo Bluetooth pierde la conectividad con el dispositivo móvil, este inconveniente de conectividad se repite a los 20m, confirmando que la distancia máxima eficiente para la operación del módulo Bluetooth es inferior a 18m.

### **5.1.2 Pruebas del rendimiento de Batería**

En este apartado se realizó tres pruebas diferentes para determinar cómo influye el rendimiento de la batería en distintas condiciones en las cuales se encuentre la plataforma móvil.

#### **5.1.2.1 Plataforma sobre una superficie**

Para esta primera prueba de obtener el rendimiento de la batería se colocó la plataforma sobre una superficie como se muestra en la Figura 26, por lo que se va a realizar pruebas de funcionamiento con el porcentaje de las baterías al 100% con el voltaje de la batería 1 de 40.2 V y la batería 2 de 40.3V.

**Figura 26:** Plataforma en una Superficie



Plataforma sobre una superficie realizando una prueba de vacío, Fuente: Autores

En la Tabla 11, se indica los resultados obtenidos de las mediciones de la batería con la plataforma en una superficie.

**Tabla 11:** Tabla de mediciones de batería deslizándose

| <b>Prueba</b> | <b>Medición de Batería 1</b> | <b>Medición de Batería 2</b> |
|---------------|------------------------------|------------------------------|
| 5 min         | 39.7 V                       | 40.1V                        |
| 10 min        | 39.4 V                       | 39.3 V                       |
| 15 min        | 38.7 V                       | 38.4 V                       |
| 20 min        | 38.1 V                       | 37.3 V                       |

Resultados obtenidos de la batería con la plataforma sobre una superficie, Fuente: Autores

Durante las pruebas realizadas se observó que ambas baterías muestran una disminución constante del voltaje a medida que transcurre el tiempo, lo que indica una descarga gradual durante la prueba en vacío. Después de 50 min, la batería 2 ha descendido a 37.3 V, mientras que la batería 1 ha bajado a 38.1 V, la diferencia en la disminución del voltaje de la batería 2 es que sufre un mayor desgaste bajo las mismas condiciones de pruebas, esto se debe a que no se da el mismo uso a cada batería por esta razón la diferencia de la disminución del voltaje entre ambas baterías,

#### 5.1.2.2 Plataforma en el suelo

En esta prueba se va a determinar cómo influye el nivel de porcentaje de las baterías solo con el peso de la plataforma con los componentes eléctricos teniendo un peso de 24.1 kg, el voltaje de la primera batería es de 40.3V y la segunda batería es de 40.4V, para lo cual en la Tabla 12, se indica los resultados obtenidos de las mediciones de la batería con la plataforma en el suelo sin ningún peso solo con el peso de la plataforma.

**Tabla 12:** Tabla de mediciones de batería con plataforma en el suelo

| <b>Prueba</b> | <b>Medición de Batería 1</b> | <b>Medición de la Batería 2</b> |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|
| 5 min         | 39.8 V                       | 39.3 V                          |
| 10 min        | 39.6 V                       | 38.0 V                          |
| 15 min        | 38.9 V                       | 37.5 V                          |
| 20 min        | 38.0 V                       | 34.6 V                          |

Mediciones en lapsos de tiempo de la batería con la plataforma en el suelo, Fuente:

Autores

Durante las pruebas se observó una disminución constante del voltaje en ambas baterías a medida que transcurría el tiempo, lo que indica una descarga gradual de las mismas. Por lo cual se puede observar que la batería 2 presenta una descarga más pronunciada que la batería 1 en todos los intervalos de tiempo medidos, por lo que se puede concluir que la batería 2 sufre un mayor desgaste por el uso de las pruebas esto considerando el peso de la plataforma. La batería 2 en el transcurso de los 50 min que dura en total las pruebas disminuyó 5.8 V (de 40.4 V a 34.6 V), mientras que la batería 1 disminuye 2.3 V (de 40.3 V a 38.0 V).

### 5.1.2.3 Plataforma con peso

Esta prueba se realizó con un peso de 72 kg, adicional con el peso de la plataforma la cual esta pesada con toda la estructura y los componentes eléctricos teniendo un peso de 24.1 kg por lo tanto se obtiene un peso total de 96.1 kg, antes de realizar la prueba se midió el porcentaje de cada una de las baterías teniendo un resultado de 40.4 V de cada una de las baterías por lo que la batería se encuentra al 100% de su capacidad, una vez obtenida el porcentaje de las baterías se procedió a realizar las pruebas.

En la Tabla 13, se indica los resultados obtenidos de las mediciones de la batería con el peso de una persona.

**Tabla 13:** Tabla de mediciones de batería de la plataforma con peso

| <b>Prueba</b> | <b>Medición de Batería 1</b> | <b>Medición de Batería 2</b> |
|---------------|------------------------------|------------------------------|
| 5 min         | 39.7 V                       | 39.4 V                       |
| 10 min        | 38.5 V                       | 38.2 V                       |
| 15 min        | 37.2 V                       | 36.8 V                       |
| 20 min        | 34.8 V                       | 34.2 V                       |

Mediciones en lapsos de tiempo de la batería de la plataforma con un peso de una persona,

Fuente: Autores

Durante la prueba se observó una disminución constante del voltaje en ambas baterías a medida que transcurre el tiempo, lo que indica una descarga gradual de las mismas. Ambas baterías muestran una disminución de voltaje similar en cada intervalo de tiempo, indicando que están descargándose de manera consistente. El impacto de carga adicional sobre la plataforma afecta la descarga de las baterías, esto es evidente en como el voltaje disminuye

más rápido conforme pasa el tiempo, lo cual podría ser crucial para calcular la duración de la plataforma en uso continuo.

## **5.2 Resultados**

En las pruebas de conectividad Bluetooth, se evaluó la distancia a la que la plataforma y el dispositivo móvil permanecen conectados de manera eficiente, como se indica en la Tabla 10, a distancias de 2m a 16m el módulo Bluetooth mantuvo una conexión estable, por lo cual a partir de los 18m la conectividad comienza a fallar, indicando que esta es la distancia máxima operativa para el módulo Bluetooth. Por lo tanto, la distancia operativa máxima de 16m es adecuada para la conectividad con la plataforma desde el dispositivo móvil.

Las pruebas del rendimiento de la batería se realizaron en tres escenarios distintos sobre una superficie, en el suelo y con un peso adicional, la plataforma sobre una superficie en esta prueba, las baterías se desgastaron gradualmente con el tiempo, como se indica en la Tabla 11, lo cual la batería 1 descendió de 40.2 V a 38.1 V en 50min, la batería 2 descendió de 40.3 V a 37.3 V en el mismo periodo de uso utilizado para las pruebas, por lo que ambas baterías muestran una disminución constante del voltaje indicando un desgaste uniforme en condiciones de pruebas en vacío.

Con la plataforma en el suelo y solo su peso se observó un mayor tasa de descarga especialmente en la batería 2 como se indica en la Tabla 12, la batería 1 descendió de 40.3 V a 38.0 V en el lapso de 50min que duro en total las pruebas, la batería 2 descendió de 40.4 V a 34.6 V en el mismo periodo de uso, por lo que la batería 2 muestra una descarga más rápida, esto se debe a una mayor carga de trabajo a diferencia de la batería 1, este prueba muestra como el peso de la plataforma afecta la descarga de la batería, con un impacto mayor en la batería 2 por su mayor uso.

En la última prueba se realizó con un peso adicional de 72 kg, totalizando 96.1 kg incluyendo la plataforma, por lo que se observó una disminución constante en el voltaje de ambas baterías, lo que indica una carga gradual y consistente, inicialmente ambas baterías estaban a su máxima capacidad de carga con un voltaje de 40.4 V, pero al finalizar todas las pruebas los voltajes cayeron a 34.8 V y 34.2 V respectivamente. Esta disminución refleja el impacto de la carga adicional sobre la plataforma, evidenciando una descarga más rápida con el tiempo.

Por lo tanto, las pruebas de conectividad Bluetooth la plataforma mantiene una conexión estable hasta una distancia de 18m, lo cual es adecuado para aplicaciones controladas a corta distancia, en otro parte las pruebas para ver el rendimiento de la batería por lo que las pruebas indican una descarga gradual en todas las condiciones, con una mayor descarga observada en la batería 2 por el diferente uso que se da.

## **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

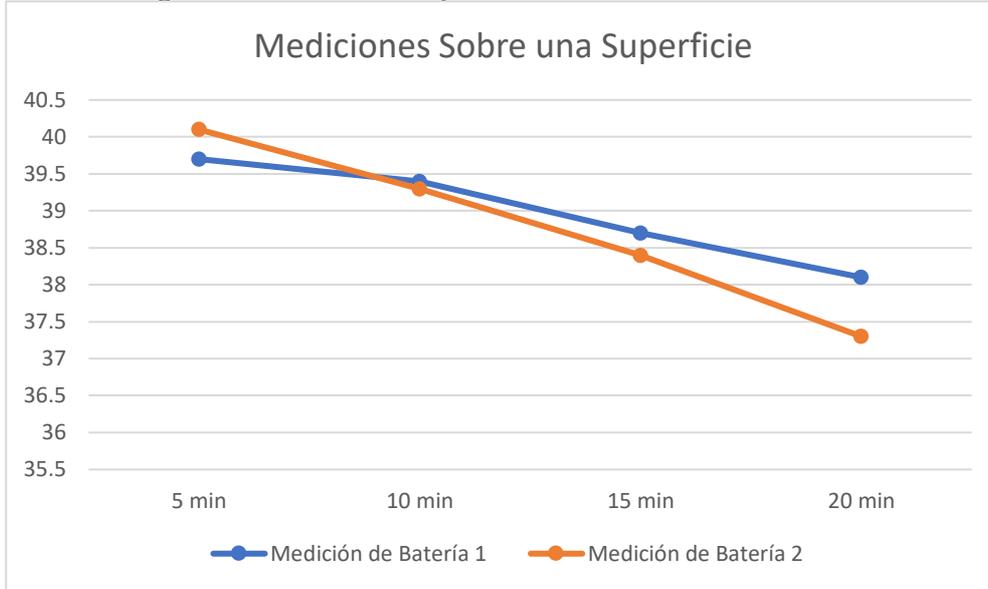
En este apartado se analizan y se interpretan los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas durante el desarrollo del proyecto. Se evalúan dos aspectos fundamentales: la conectividad Bluetooth y el rendimiento de las baterías en diferentes escenarios de uso. El análisis detallado de estos resultados proporciona una comprensión profunda de la eficiencia y las limitaciones de los componentes utilizados, así como del comportamiento de la plataforma bajo diversas condiciones de pruebas.

### **5.3 Análisis e interpretación de resultados**

Pruebas de conectividad Bluetooth en estas pruebas se evaluó la distancia a la que la plataforma y el dispositivo móvil permanecen conectados de manera eficiente, tal como se indica en la Tabla 10, el módulo Bluetooth mantuvo una conexión estable a distancias de 2m a 16m. Sin embargo, a partir de los 18m la conectividad comenzó a fallar, indicando que esta es la distancia máxima operativa para el módulo Bluetooth, por lo cual se concluyó que una distancia operativa máxima de 16m es adecuada para la conectividad de la plataforma desde el dispositivo móvil en aplicaciones controladas a corta distancia.

Para las pruebas de rendimiento de la batería se realizaron en tres escenarios distintos, en la prueba de la plataforma sobre una superficie las baterías se desgastaron gradualmente con el tiempo como se muestra en la Figura 27, por lo que ambas baterías mostraron una disminución constante del voltaje, indicando un desgaste uniforme en condiciones de pruebas en vacío.

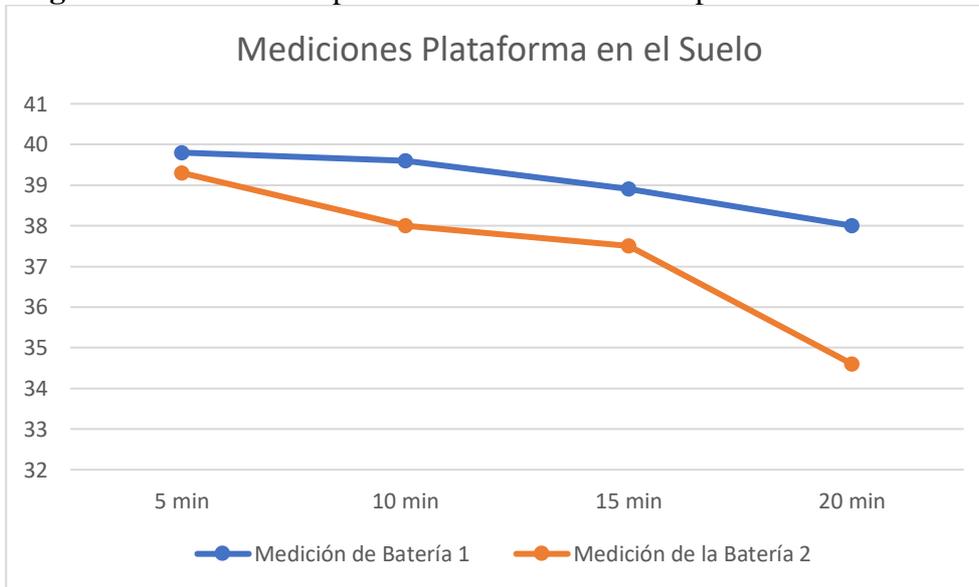
**Figura 27:** Grafica comparativa de la batería deslizándose



Comparativa de la descarga de la batería con la plataforma en una superficie, Fuente: Autores

Con la plataforma en el suelo y solo su peso, se observa una mayor tasa de descarga, especialmente en la batería 2 como se muestra en la Figura 28, por lo cual se analiza que la batería 2 mostro una descarga más rápida, debido a una mayor carga de trabajo en comparación con la batería 1.

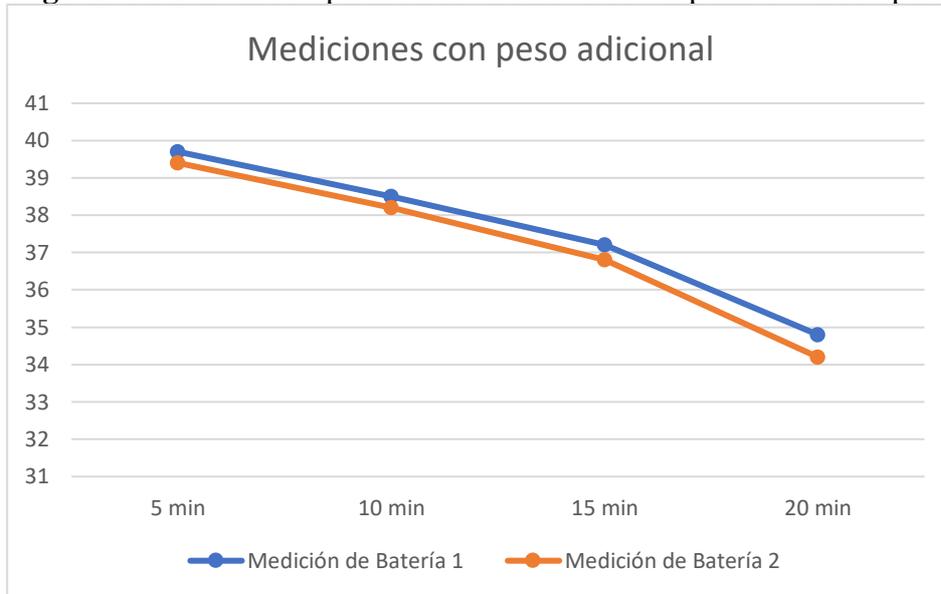
**Figura 28:** Gráfica comparativa de la batería con la plataforma en el suelo



Gráfica comparativa de la descarga de la batería con la plataforma en el suelo, Fuente: Autores

La última prueba, se añadió un peso adicional de 72 kg, con un total de peso de la plataforma y el peso adicional de 96.1 kg, por lo cual en esta prueba las baterías mostraron un desgaste más acelerado, reflejando el impacto significativo del peso adicional en el rendimiento de las baterías como se muestra en la Figura 29, en la cual es más representativa la caída de voltaje.

**Figura 29:** Gráfica comparativa de la batería con la plataforma con peso



Gráfica comparativa de la descarga de la batería con la plataforma con un peso adicional,  
Fuente: Autores

## CONCLUSIONES

- La implementación de una aplicación móvil para el control de la plataforma vía Bluetooth, en combinación con el Arduino Mega 2560, permite una comunicación estable y continua entre el dispositivo móvil y la plataforma. Durante las pruebas, se verificó que los comandos enviados desde la aplicación se ejecutaban satisfactoriamente y sin retrasos significativos ni fallos de comunicación.
- La utilización de Autodesk Inventor para el diseño y modelado de la plataforma fue esencial para asegurar la precisión en las medidas y la integración adecuada de todos los componentes. Este software permitió visualizar y perfeccionar cada aspecto del diseño antes de la fabricación, identificando posibles problemas y optimizando la disposición de los componentes.
- La integración de los servomotores SG90 con los optoacopladores de ranura de la Motherboard de las HoverBoards se mostró como una solución eficaz para el control del accionamiento de los motores de la plataforma. Esta configuración permitió un control preciso y fiable de los motores mediante la interrupción de la señal infrarroja de los optoacopladores. Por lo que la capacidad de los servomotores para girar 90° se utilizó para activar los motores de la plataforma de una manera efectiva.
- La interconexión entre el Arduino Mega 2560 y el módulo Bluetooth HC-06, junto con los servomotores SG90, ha mostrado ser efectiva para el control inalámbrico de la plataforma. Este sistema ha facilitado una comunicación fiable, permitiendo que los comandos de control se transmitan de manera rápida y precisa desde la aplicación móvil al hardware de la plataforma.
- Durante las pruebas realizadas, se determinó que el módulo Bluetooth HC-06 ofrece una conectividad estable hasta una distancia de aproximadamente 16 metros, más allá de esta distancia específicamente a partir de los 18 metros, se experimenta una pérdida de conexión, lo cual representa un limitante claro para la operación remota del sistema. Por lo tanto, se concluyó que el módulo Bluetooth HC-06 es adecuado para aplicaciones dentro de un rango de 18 metros.

## RECOMENDACIONES

- Revisar y optimizar el diseño de la estructura para eliminar cualquier exceso de material y reducir el peso total. Como la creación de estructuras tipo celosía o el uso de perforaciones estratégicas, las cuales pueden ayudar a mantener la resistencia mientras se minimiza el peso.
- Se recomienda la selección de baterías con una mayor capacidad de amperaje-ahora (mAh) para prolongar la duración operativa de la plataforma, ya que baterías con mayor capacidad proporcionar una mayor autonomía, permitiendo que la plataforma funcione por periodos más largos sin necesidad de recarga frecuente.
- Utilizar soportes y amortiguadores que absorban el impacto y las vibraciones para proteger los componentes internos, usar esponjas para que no se estén golpeando la electrónica interna con los movimientos de la plataforma.
- Implementar medidas de protección adicionales para los componentes electrónicos, como cubiertas, protectores plásticos sólidos en forma de cúbica y adaptada a los componentes electrónicos que posee la plataforma.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- APKCombo. (2021, July 16). *Bluetooth RC Car [Imagen]* . APKCombo.
- APM Electrónica. (2018, November 29). *Arduino Mega 2560 [Fotografía]*. APM Electrónica.
- Arduino. (2019, August 1). *Arduino IDE 2.3.2*. Arduino.
- Arias, D. (2020). *Diseño y construcción de un patinete eléctrico con control de velocidad y sistema de frenado para su uso como medio de transporte en ciudades*. Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- BioAcuarios. (2023, July 29). *Disipador de calor de aluminio. ¿Qué es y para qué sirve? [Fotografía]*. BioAcuarios.
- Castellá, V. (2018). *Diseño y desarrollo del prototipo de un brazo robótico articulado antropomórfico controlado mediante un microcontrolador Arduino Mega 2560 [Universidad Politécnica de Valencia]*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/109875>
- Cedeño, F. (2018). *Desarrollo de un sistema domótico y aplicación para dispositivos móviles Android para control de luces*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Chicsmart. (2023, June 13). *¿Cuál es el Motor que Hace Funcionar un Hoverboard? [Fotografía]*. Chicsmart.
- dekazeta. (2023, July 5). *¿Cómo funciona un hoverboard?*
- ElectroStore. (2023, September 20). *SERVOMOTOR TOWER PRO SG90 360° ROTACIÓN CONTINUA [Fotografía]*. ElectroStore.
- Flores, C., & Romero, J. (2019). *Desarrollo de un robot móvil autónomo, para el transporte y reparto de paquetería liviana en Laar Courier*. Universidad Politécnica Salesiana.
- García, J. (2011). *Desarrollo de un controlador para motores DC brushless basado en CompactRIO y LabVIEW de National Instruments para el estudio de nuevos algoritmos de control*. Universidad Carlos III de Madrid.
- Garro, S., Díaz, L., Liang, J., Martínez, F., Meneses, W., Ortega, H., Ramírez, G., & Stradi, B. (2012). *Modelación y simulación de disipadores de calor para procesadores de computadora en COMSOL Multiphysics*. 25.
- GC Distribuciones. (2020, November 9). *QUE ES UN HOVERBOARD*.
- Göbel, S., Jubeh, R., Raesch, S.-L., & Zündorf, A. (2011). *Using the Android platform to control robots*.

- HORO.ES. (2021, February 6). *Placa con sensores hall motor brushless para patinete eléctrico [Fotografía]*. HORO.ES.
- Hoverpro. (2023, January 27). *Hoverboards Motherboard*. Hoverpro.
- Indalchess. (2020, February 19). *BATERIA LITIO 36V Y 4400MAH COMPATIBLE CON HOVERBOARD Y CRAZY BIKE - INDALPZ00389-BATlitio*. Indalchess.
- Iskandar, A., Muhajirin, M., & Lisah, L. (2017). Sistem Keamanan Pintu Berbasis Arduino Mega. *Jurnal Informatika Upgris*, 3(2). <https://doi.org/10.26877/jiu.v3i2.1803>
- Kober, J., Bagnell, J. A., & Peters, J. (2013). Reinforcement learning in robotics: A survey. *The International Journal of Robotics Research*, 32(11), 1238–1274. <https://doi.org/10.1177/0278364913495721>
- Megatronica. (2019, May 22). *Módulo Bluetooth HC-06 esclavo [Fotografía]*. Megatronica.
- MK. (2016, May 29). *Regulador de voltaje LM7805*. MK.
- Mur-Artal, R., Montiel, J. M. M., & Tardos, J. D. (2015). ORB-SLAM: A Versatile and Accurate Monocular SLAM System. *IEEE Transactions on Robotics*, 31(5), 1147–1163. <https://doi.org/10.1109/TRO.2015.2463671>
- Ojeda, D., & Ortiz, L. (2017). *Diseño y construcción de un prototipo de batería recargable para una bicicleta eléctrica tipo trike mediante el uso de baterías recicladas de ion de litio 18650*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Quintero, V. (2021). Baterías de Ion Litio: características y aplicaciones. *I+D Tecnológico*, 17(1). <https://doi.org/10.33412/idt.v17.1.2907>
- Rivera, K. (2021). *Implementación de un prototipo domótico para el control automático de iluminación y sonido mediante un dispositivo móvil y comandos de voz con la tarjeta Arduino*. Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Saavedra, L. (2019). *Diseño e implementación de un sistema para mejorar la autonomía en un scooter eléctrico en base a energía electromagnética*. Universidad Tecnológica del Perú.
- Shahab, M., & Masoud, A. (2009). Energy-Efficient Motion Control of Mobile Robots . *King Fahd University of Petroleum & Minerals*, 656.
- Singh, A., Gupta, T., & Korde, M. (2017). Bluetooth controlled spy robot. *2017 International Conference on Information, Communication, Instrumentation and Control (ICICIC)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICOMICON.2017.8279135>
- Solchaga, G. (2015). *Control motor brushless sensorless*. Universidad Pública de Navarra.

- Texas Instruments. (2016). *LM340, LM340A and LM7805 Family Wide VIN 1.5-A Fixed Voltage Regulators*.
- Thrun, S., Burgard, W., & Fox, D. (2006). Probabilistic Robotics. *Kybernetes*, 35(7/8), 1299–1300. <https://doi.org/10.1108/03684920610675292>
- UnitElectronics. (2021, April 14). *Batería 18650 3.7V 2200mAh ±5% [Imagen]*. UnitElectronics.
- VanHuy, T., Minh, D. T., Kien, N. P., & Vu, T. A. (2017). *Simple robotic hand in motion using arduino controlled servos*. 6.
- Vega, G. (2020). *Circuito regulador de voltaje*.
- Xia, K., Wang, H., Wang, N., Yu, W., & Zhou, T. (2016). Design of automobile intelligence control platform based on Bluetooth low energy. *2016 IEEE Region 10 Conference (TENCON)*, 2801–2805. <https://doi.org/10.1109/TENCON.2016.7848552>
- Zhang, C., Kimura, Y., Higashi, H., & Tanaka, T. (2012). A simple platform of brain-controlled mobile robot and its implementation by SSVEP. *The 2012 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/IJCNN.2012.6252579>

## ANEXOS.

### Anexo 1. Código de programación del proyecto

```
#include <Servo.h>

// Crear objetos Servo para los dos servomotores
Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;
Servo servo4;

// Pines a los que están conectados los servos
const int servoPin1 = 2;
const int servoPin2 = 3;
const int servoPin3 = 6;
const int servoPin4 = 7;

void setup() {
  // Inicializar la comunicación serie para el módulo Bluetooth y el Monitor
  Serie
  Serial.begin(9600);    // Monitor Serie
  Serial1.begin(9600);  // Módulo Bluetooth

  // Conectar los servos a los pines designados
  servo1.attach(servoPin1);
  servo2.attach(servoPin2);
  servo3.attach(servoPin3);
  servo4.attach(servoPin4);

  // Mover los servos a la posición inicial (0 grados)
  servo1.write(0);
  servo2.write(0);
  servo3.write(0);
  servo4.write(0);

  // Mensajes iniciales para depuración
  Serial.println("Sistema iniciado");
  Serial.println("Esperando comandos Bluetooth...");
}

void loop() {
  // Verificar si hay datos disponibles desde el módulo Bluetooth
```

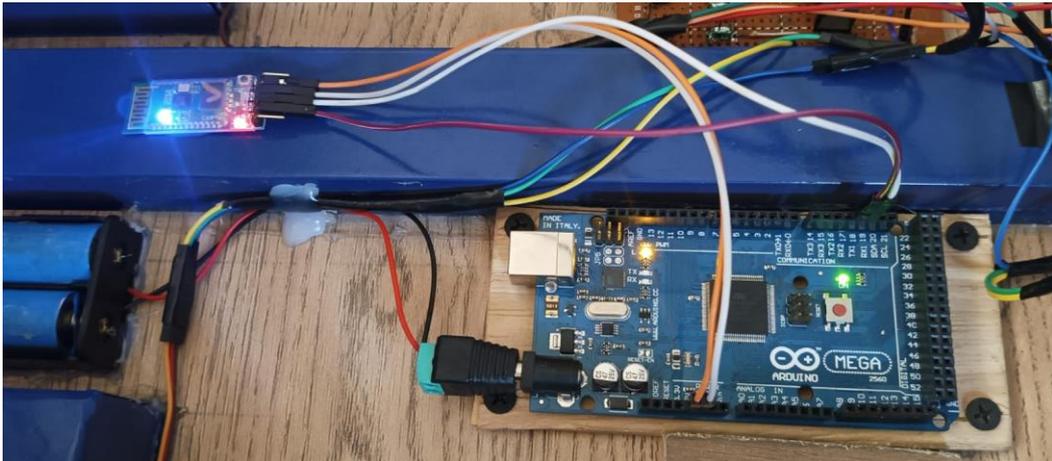
```

if (Serial1.available()) {
  // Leer el comando recibido
  char command = Serial1.read();

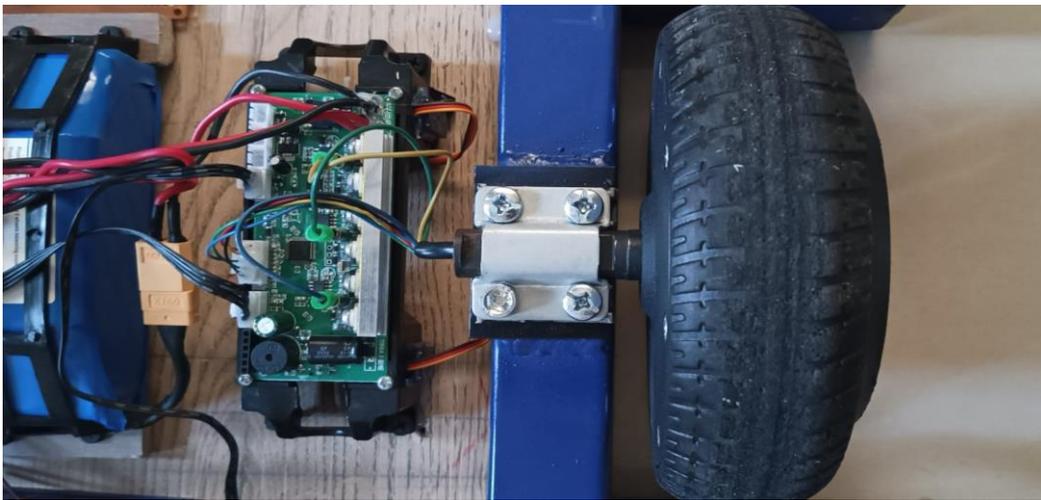
  // Procesar el comando recibido
  switch (command) {
    case 'F':
      // Mover ambos servos a 90 grados
      Serial.println("Comando recibido: F - Moviendo ambos servos a 90
grados");
      servo1.write(90);
      servo2.write(90);
      break;
    case 'L':
      // Mover el servo 1 a 90 grados
      Serial.println("Comando recibido: L - Moviendo el servo 1 a 90
grados");
      servo2.write(90);
      break;
    case 'R':
      // Mover el servo 2 a 90 grados
      Serial.println("Comando recibido: R - Moviendo el servo 2 a 90
grados");
      servo1.write(90);
      break;
    case 'B':
      // Mover ambos servos a 90 grados%%
      Serial.println("Comando recibido: B - Moviendo ambos servos a 90
grados");
      servo3.write(90);
      servo4.write(90);
      break;
  }
} else {
  // Si no hay comandos, volver a 0 grados%%
  servo1.write(0);
  servo2.write(0);
  servo3.write(0);
  servo4.write(0);
}
}
}

```

**Anexo 2.** Conexión Módulo Bluetooth y Arduino Mega 2560



**Anexo 3.** Conexión del motor BLDC y la placa base CSD 1.0



**Anexo 4.** Conexión de los servos motores SG90 al Arduino Mega 2560

