

**TELEMETRÍA Y ANALÍTICA DE DATOS PARA EL BANCO DE BATERÍAS
DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO**

DAVID TOBÓN ECHEVERRI

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2023

**TELEMETRÍA Y ANALÍTICA DE DATOS PARA EL BANCO DE BATERÍAS
DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO**

DAVID TOBÓN ECHEVERRI

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista

Asesor

ARLEY FERNANDO VILLA SALAZAR

MAGISTER EN INGENIERÍA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2023

Contenido

Introducción	11
1. Planteamiento del problema	12
1.1 Descripción	12
1.2 Formulación	13
2. Justificación	14
3. Objetivos	15
3.1 Objetivo general	15
3.2 Objetivos específicos	15
4. Marco teórico	16
4.1 Telemetría	16
4.1.1 Tipos de dispositivos de conexión remota	16
4.1.2 Sistemas de control por telemetría	17
4.1.3 Aplicaciones de la telemetría	18
4.1.4 Ventajas y desventajas de la telemetría	19
4.2 Movilidad eléctrica	20
4.2.1 Diferencias entre vehículos eléctricos y vehículos de combustión	21
4.3 Almacenamiento de energía mediante sistemas solares fotovoltaicos	23
4.3.1 Energía solar	24
4.3.2 Beneficios de la energía solar	24
4.3.3 Tipos de paneles solares fotovoltaicos	25
4.3.4 Energía solar en automóviles	26
5. Metodología	27
5.1 Tipo de proyecto	27

5.2 Método	27
5.3 Instrumentos de recolección de información	27
6. Resultados	29
6.1. Identificación de variables y componentes	29
6.2. Desarrollo del prototipo para la adquisición de datos	32
6.3. Analítica de datos	38
7. Conclusiones	55
8. Referencias bibliográficas	56

Lista de figuras

Figura 1. Tipos de dispositivos de conexión remota.	17
Figura 2. Componentes de un sistema de telemetría.	18
Figura 3. Curva de potencia de un motor eléctrico y motor de combustión.	23
Figura 4. Tipos de paneles solares fotovoltaicos.	25
Figura 5. Fuente de corriente directa empleada en la carga de la batería del vehículo eléctrico.	30
Figura 6. Vatímetro digital empleado en la adquisición de datos.	32
Figura 7. Circuito empleado en la adquisición de datos de temperatura.	33
Figura 8. Modelo implementado para realizar la carga de la batería.	34
Figura 9. Modelo implementado para realizar la descarga de la batería.	35
Figura 10. Interfaz del software PC SOFT para el monitoreo en el proceso de adquisición de datos.	36
Figura 11. Prototipo desarrollado para la adquisición de datos en los procesos de carga y descarga de la batería.	37
Figura 12. Curvas de Voltaje vs Tiempo para la carga con 1A y 1.5A.	40
Figura 13. Curvas para la carga con 2A y 3A	41
Figura 14. Curvas para la carga con 48V y 50V	42
Figura 15. Curvas para la descarga pruebas 1A y 1.5A	43
Figura 16. Curvas para la descarga pruebas 2A y 3A	44
Figura 17. Curvas para la descarga pruebas 48V y 50V	45
Figura 18. Diagrama de cajas y bigotes para las pruebas de carga a la batería.	51
Figura 19. Diagrama de cajas y bigotes para las pruebas de descarga de la batería.	51
Figura 20. Diagrama de Pareto para el análisis de puntos al centro.	53
Figura 21. Diagrama de superficie para el análisis de puntos al centro.	54

Lista de Tablas

Tabla 1.	30
Tabla 2. Método de carga de la batería variando el voltaje final de carga.	31
Tabla 3. Resultados obtenidos para las réplicas de carga con una corriente variable	47
Tabla 4. Resultados obtenidos para las réplicas de descarga con una corriente variable	47
Tabla 5. Resultados obtenidos para las réplicas de carga con un voltaje variable	48
Tabla 6. Resultados obtenidos para las réplicas de descarga con un voltaje variable	48

Resumen

Los sistemas de telemetría en los vehículos eléctricos de competición son el vínculo entre el mundo de las comunicaciones y la competición. Es importante conocer la importancia de los sistemas de telemetría y su aplicación en vehículos eléctricos, los cuales se tratan de sistemas capaces de enviar en tiempo real datos a un dispositivo colocado fuera del vehículo, que reflejan el comportamiento de este, para que se pueda monitorear el estado y los parámetros de su funcionamiento.

El objetivo del presente trabajo es integrar un sistema de telemetría que permita la medición de la corriente de carga de un banco de baterías de un vehículo eléctrico, estableciendo mediante analítica de datos el valor adecuado de la corriente que mejore la eficiencia del vehículo.

En la determinación de las herramientas de trabajo para el desarrollo de este proyecto, se realizó un estudio y revisión de antecedentes con diferentes soluciones. Además, se llevaron a cabo pruebas para comprobar que las decisiones tomadas fueran acertadas.

Finalmente, se presentan los resultados obtenidos realizando una valoración y análisis de estos, con el fin de determinar la corriente de carga necesaria para el banco de baterías que permita mejorar la eficiencia del vehículo eléctrico.

Palabras claves: analítica de datos, baterías, carga, corriente, datos, dispositivo, eficiencia, sensores, telemetría, temperatura, voltaje.

Glosario

Banco de baterías: Conjunto de baterías eléctricas conectadas en serie, en paralelo o en serie-paralelo, diseñadas para ser usadas como fuente de potencia de corriente continua y para suministrar la alimentación de los circuitos de control, medida, protección e instrumentación en las instalaciones eléctricas.

Corriente eléctrica: La corriente eléctrica es un fenómeno físico causado por el desplazamiento de una carga (ión o electrón). En el caso de un conductor metálico, son principalmente los electrones los que toman parte en la corriente.

Eficiencia: capacidad para obtener los mejores resultados en cualquier actividad empleando la menor cantidad posible de recursos energéticos.

Energía eléctrica: se origina de la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos determinados, que se ponen en contacto a través de un transmisor eléctrico. Este contacto genera una corriente eléctrica basada en la transmisión de cargas negativas (llamadas, más comúnmente, electrones) hasta su punto de consumo.

Energía solar fotovoltaica: La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene al convertir la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico.

Equipo de medición: Todos los instrumentos, patrones, los materiales de referencia, aparatos auxiliares e instrucciones que se necesitan para efectuar una medición. Este término incluye el equipo de medición utilizado para el ensayo y la inspección, así como el utilizado en la calibración.

Movilidad eléctrica: consiste en la integración de nuevas tecnologías para desplazarse como bicicletas, scooters, motos y autos eléctricos. Esta se ha convertido en uno de los principales objetivos en el mundo para mitigar el daño al medio ambiente y reducir los efectos del cambio climático. Este es uno de los ejes esenciales para la transición energética y la construcción de ciudades inteligentes.

Potencia eléctrica: es un parámetro que indica la cantidad de energía eléctrica transferida de una fuente generadora a un elemento consumidor por unidad de tiempo.

Sensor: es un dispositivo capacitado para captar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. En otras palabras, permite captar la información del medio físico que nos rodea. Los sensores miden las magnitudes físicas y las transforman en señales eléctricas capaces de ser entendidas por un microcontrolador.

Telemetría: es un sistema de comunicación a distancia que permite recoger, procesar y transmitir información de un dispositivo electrónico a otro. Esto es posible gracias a sensores que miden magnitudes físicas o químicas (ondas, temperatura, vibración, presión, voltaje, velocidad, tiempo, etc.) y envían información sobre el funcionamiento de determinado objeto.

Temperatura: es una magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente en general.

Vehículo eléctrico: son aquellos que están impulsados por un motor alimentado por una fuente de energía eléctrica que, posteriormente, se transforma en energía cinética. En la actualidad, la tecnología que más implantación tiene es la de las baterías de iones de litio, aunque existen otros tipos.

Voltaje: se define como la magnitud encargada de establecer la diferenciación de potencial eléctrico que existe entre dos puntos.

Introducción

Debido al evidente aumento de los conflictos que enfrenta la conservación ambiental, la sociedad ha tenido la obligación de adoptar soluciones económicas y sostenibles para el medio ambiente, por ejemplo, en el sector del transporte ha tomado mucha fuerza la promoción y uso de vehículos eléctricos.

Para mitigar esta problemática en los últimos años se han implementado diferentes herramientas de la industria 4.0 como sensores, aplicaciones web, aplicaciones móviles y protocolos de comunicación, entre otras, que en conjunto con nuevas tecnologías y con la telemetría, busca obtener datos que al ser analizados se puedan aplicar a un proceso determinado.

De acuerdo con la información obtenida revisiones bibliográficas de diferentes bases de datos especializadas y que posteriormente se presentarán a lo largo de este proyecto de investigación, la telemetría ha servido como base fundamental para establecer diferentes métodos que tienen como propósito el manejo de datos que posteriormente serán utilizados para aplicaciones específicas y su integración a procesos industriales.

Para el desarrollo del presente trabajo se ha definido como objetivo general “Integrar un sistema de telemetría que permita la medición de la corriente de carga de un banco de baterías de un vehículo eléctrico, estableciendo mediante analítica de datos el valor adecuado de la corriente que mejore la eficiencia del vehículo”. Como objeto de estudio se toma el prototipo de vehículo eléctrico de la “Escudería Bravo” de la Institución Universitaria Pascual Bravo, de manera que se puedan realizar las pruebas y mediciones necesarias para lograr dicho objetivo.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

En la actualidad se ha visto cómo la sociedad en su afán de lograr mejorar su calidad de vida, sin poner en conflicto los intereses que velan por el cuidado del medio ambiente; ha integrado soluciones del campo tecnológico en conjunto con ideas de conservación ambiental. Sin duda uno de los temas que más se ha visto impactado positivamente con este tipo de soluciones, son los problemas que se tienen con la movilidad y sus consecuencias ambientales.

Una de las principales soluciones que han aportado en gran medida a la movilidad y a sus consecuencias ambientales, ha sido la implementación de movilidad sostenible mediante vehículos eléctricos que reducen la contaminación ambiental. Sin embargo, en los vehículos eléctricos se encuentra el inconveniente o la desventaja de que estos no son completamente eficientes, debido a que su rendimiento y autonomía respecto al almacenamiento de energía no permite recorrer largas distancia lo que limita que sean atractivos ante una primera opción de movilidad.

Uno de los factores que más influye en las desventajas que se asocian con la eficiencia de los vehículos eléctricos, son las características de las configuraciones eléctricas asociadas con el manejo de métodos de carga del banco de baterías que permite un funcionamiento energético adecuado. Es así como con esta investigación se busca dar solución al problema de medición de variables que permitan una asertiva toma de decisiones respecto a la operación en bancos de baterías de vehículos eléctricos, mediante la integración de un sistema de telemetría que permita a través de la analítica de datos y las herramientas de la industria 4.0 como el IoT(Internet de las Cosas), determinar el valor adecuado de la corriente de carga de este banco de baterías que mejore la eficiencia de este tipo de vehículos.

1.2 Formulación

Se presenta a continuación la pregunta de investigación que busca resolver el presente trabajo de grado.

¿Cómo integrar un sistema de telemetría que permita, a través de la medición de la corriente de carga de un banco de baterías de un vehículo eléctrico, establecer un valor adecuado de la corriente que mejore la eficiencia del vehículo?

2. Justificación

El presente proyecto se realiza con fines investigativos con el propósito de buscar una solución a la problemática que se plantea, relacionada con la manera adecuada de realizar la medición de variables que permitan mejorar la eficiencia en vehículos eléctricos, que se logra su vez mejorando la operación en bancos de baterías de estos vehículos. También esta investigación se realiza con el fin de aportar a los desarrollos tecnológicos asociados con movilidad eléctrica, los cuales permiten la reducción de los niveles de contaminación ambiental.

Este proyecto resulta ser importante en la medida que con este tipo de estudios se contribuye a mejorar el interés de profesores, estudiantes y demás pertenecientes al gremio académico. Mediante este tipo de proyectos se avanza significativamente en el desarrollo de nuevas tecnologías, que tengan como foco de investigación mejoras ambientales; donde indirectamente se mejora la calidad de vida de los seres humanos.

El desarrollo de esta investigación busca también integrar las soluciones actuales que ofrece la industria 4.0, utilizando como herramienta principal el internet de las cosas (IoT) y una de sus aplicaciones como la telemetría mediante la adquisición y analítica de datos; herramientas con las cuales se pueden obtener información relacionada con las características eléctricas para la mejora de la eficiencia en vehículos eléctricos.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Integrar un sistema de telemetría que permita la medición de la corriente de carga de un banco de baterías de un vehículo eléctrico, estableciendo mediante analítica de datos el valor adecuado de la corriente que mejore la eficiencia del vehículo.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar las variables y los componentes adecuados para el diseño de un prototipo de un sistema de telemetría para un banco de baterías de un vehículo eléctrico.
- Desarrollar un prototipo según el diseño planteado.
- Realizar la analítica de datos con base a las variables adquiridas para determinar la corriente de carga que mejore la eficiencia de un vehículo eléctrico.

4. Marco teórico

4.1 Telemetría

De acuerdo con (Tapia Berrones, 2013)), la telemetría es un “Sistema de magnitudes físicas en lugares difícilmente accesibles, que permite transmitir el resultado de la medición a un observador lejano”.

La telemetría consiste en la adquisición de datos de cualquier tipo a diferentes distancias, por medio de sensores o transductores que pueden ser analógicos o digitales y posteriormente enviarlos a una estación de control a través de un sistema de telecomunicaciones donde es administrado, procesado y finalmente visualizado.

Generalmente, la telemetría es utilizada en diferentes campos de la industria y en grandes sistemas de transmisión de datos, como por ejemplo en naves espaciales, redes de suministro eléctrico, redes de suministro de gas, plantas químicas, entre otras compañías de servicios tanto públicos como privados, ya que por medio de esta se logra una monitorización de forma automática y el registro de las mediciones, con el objetivo de que el funcionamiento de los sistemas sea seguro y eficiente (Aman Punguil & Villacres Vega, 2019).

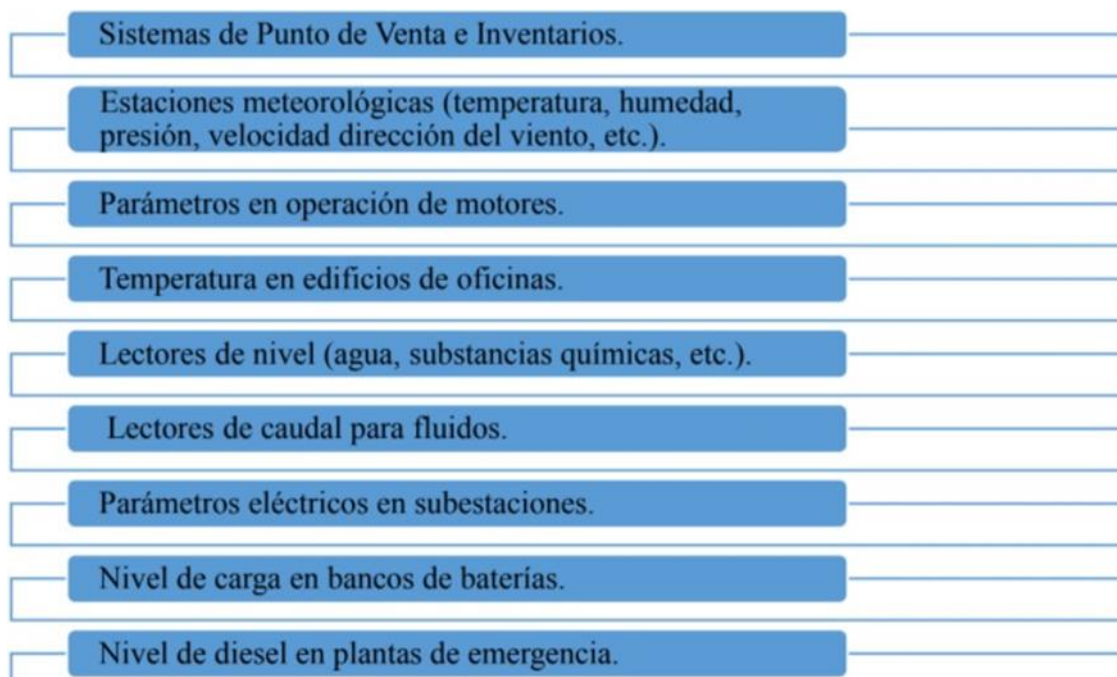
4.1.1 Tipos de dispositivos de conexión remota

En ocasiones, los dispositivos de conexión remota en sus aspectos para la medición de parámetros necesitan del desplazamiento por parte del personal. Lo anterior puede ocasionar errores en las lecturas de los datos que se van a estudiar o en el levantamiento de la información, causando además retrasos en el procesamiento de la información y altos costos en el transporte y seguridad de la misma.

Algunos de los dispositivos o procesos en los que se pueden obtener parámetros de medición vía remota se presentan en la Figura 1.

Figura 1.

Tipos de dispositivos de conexión remota.



Fuente: (Aman Punguil & Villacres Vega, 2019)

4.1.2 Sistemas de control por telemetría

Los autores (Aman Punguil & Villacres Vega, 2019) mencionan que los sistemas de telemetría están directamente relacionados con los sistemas de telecontrol, los cuales son denominados Sistemas de Supervisión o Gestión. Estos sistemas están constituidos por elementos de control remoto, equipos de telemetría asociados al centro de control e indicadores, y todos los dispositivos complementarios que se encuentran en las estaciones remotas.

Los componentes básicos de un sistema de telemetría se muestran a continuación.

Figura 2.
Componentes de un sistema de telemetría.



Fuente: (Aman Punguil & Villacres Vega, 2019)

4.1.3 Aplicaciones de la telemetría

La telemetría es utilizada en un gran número de aplicaciones de diferentes áreas como el automovilismo, astrología, industria, aviación, biología, medicina, entre otras.

Además de las aplicaciones mencionadas anteriormente, el uso de la telemetría se está abriendo campo en otras áreas importantes como la agricultura, la domótica y el área del internet de las cosas (IoT).

A continuación, se explicarán dos aplicaciones importantes dentro del desarrollo de este trabajo.

Telemetría vehicular:

De acuerdo con (Moreno Carrillo, 2018) la telemetría vehicular “permite conocer el rendimiento del motor, la presión de los neumáticos o el aceite, la eficiencia aerodinámica o las temperaturas de piezas importantes y de elementos vitales como la del aceite en el motor o el agua en el sistema de refrigeración. Estas mediciones son importantes para conocer el progreso y el estado del vehículo durante la conducción.

Telemetría en el internet de las cosas:

El internet de las cosas consiste en la interconexión de varios elementos cotidianos como los vehículos, electrodomésticos, iluminación residencial y alumbrado público, entre otros, a través de internet. El objetivo de la conexión a internet es controlar su estado remotamente y analizar los datos que se visualizan (Moreno Carrillo, 2018).

4.1.4 Ventajas y desventajas de la telemetría**Ventajas**

- Reducción de costos de mantenimiento.
- Fácil manejo del dispositivo de comunicación.
- Sencilla implantación e instalación.
- Requiere poco consumo de energía.
- Se facilita el manejo de los dispositivos al ser una conexión inalámbrica.

Desventajas

- Tiene mayor probabilidad de error.
- La comunicación inalámbrica puede llegar a ser lenta.
- Retraso en la recepción de la información.
- El canal es vulnerable a intrusiones.
- Al ser una conexión inalámbrica, se puede robar la frecuencia para la conexión.

4.2 Movilidad eléctrica

De acuerdo con (Salas et al., 2018) “para fines de este reporte se entiende como todo medio de desplazamiento de personas o bienes que resulte en un vehículo alimentado con electricidad y que no contenga motor de combustión”.

La movilidad eléctrica es la integración de nuevas tecnologías para vehículos amigables con el medio ambiente, el uso de estos sistemas de transporte reduce el impacto ambiental que causan los combustibles fósiles, el calentamiento global y la contaminación en el aire entre otros problemas ambientales.

El problema ambiental es el factor fundamental para el uso de estos vehículos eléctricos, ya que estos no generan emisiones de CO₂, al tener integrado un motor de corriente eléctrica y reemplazar el motor de combustión, se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, estos vehículos son impulsados por un motor, alimentado por un sistema de baterías que son las encargadas de almacenar carga.

4.2.1 Diferencias entre vehículos eléctricos y vehículos de combustión

Emisiones de CO₂

La primera y gran diferencia entre este tipo de vehículos es la emisión de gases contaminantes que en caso del vehículo eléctrico es menor, debido a que dependen de una batería para alimentar su motor y no queman ningún tipo de combustible internamente, y también requieren de menos líquidos contaminantes, como aceites y refrigerantes.

Eficiencia

En cuanto a rendimiento durante la conducción, es el cociente entre la energía producida y la energía suministrada. Esta es una de las grandes diferencias entre estos motores 25% en los motores térmicos frente al 90% en un motor eléctrico, esto se debe a la ausencia de engranajes y a un menor número de pérdidas por calor (Rodríguez, 2011).

Costos de mantenimiento

Los costes de mantenimiento llegan a verse reducidos en un vehículo eléctrico un 50% debido a la simplicidad de su sistema de propulsión como a la ausencia de correas de distribución de circuitos de aceite y refrigeración, incluso sin embrague que se pueda desgastar (Rodríguez, 2011).

Vida útil

Debido a la implementación maquinaria que conlleva un vehículo eléctrico y el menor número de elementos expuestos a la fricción y al desgaste hacen que este tipo de vehículos tengan una mayor vida útil con respecto a los vehículos de combustión (Rodríguez, 2011).

Desembolso inicial

El precio de los vehículos eléctricos se ve incrementado con respecto a los vehículos de combustión debido al alto precio de las baterías ya que es una tecnología aún en desarrollo (Rodríguez, 2011).

Autonomía

La autonomía es otra de las grandes diferencias entre estos tipos de vehículos ya que en los vehículos eléctricos recae sobre las baterías que son las que proporcionan la autonomía. Las baterías que hay actualmente en el mercado no son muy eficientes y no son capaces de competir y ofrecer la misma autonomía que ofrece un vehículo de combustión actualmente se está trabajando en este problema para mejorar esta tecnología (Rodríguez, 2011).

Peso del vehículo

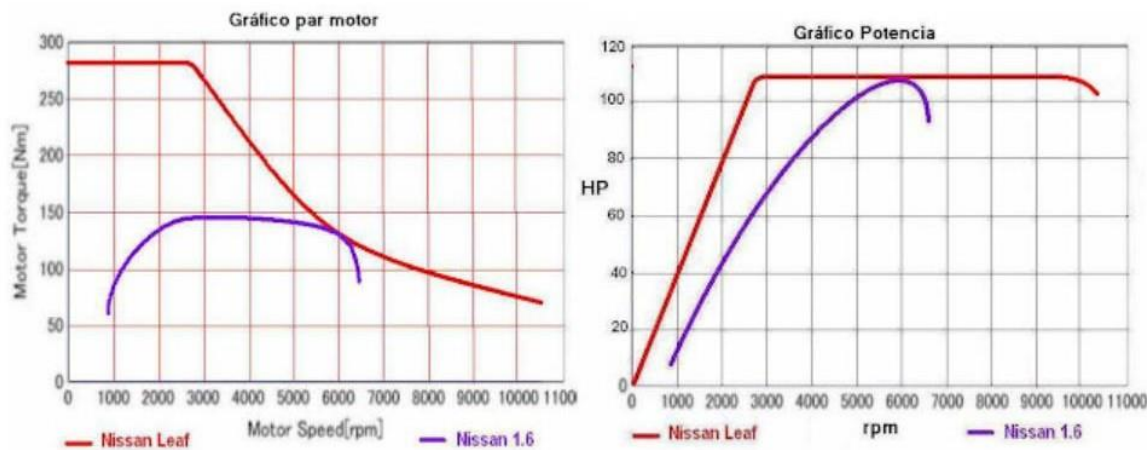
Pese al alto peso de las baterías el peso en los vehículos eléctricos es menor debido a la cantidad de piezas que lo componen esto hace que se vea reducido en un 60% en comparación con el vehículo de combustión (Rodríguez, 2011).

Curva de potencia

Los motores eléctricos se caracterizan por tener una curva de potencia casi ideal en tracción, por lo que proporcionan una potencia constante y esto les permite llegar al máximo par a baja velocidad, y al par mínimo a altas revoluciones. Por lo tanto, el vehículo puede arrancar a 0 rpm el par máximo logrando una velocidad máxima en poco tiempo (Rodríguez, 2011).

Figura 3.

Curva de potencia de un motor eléctrico y motor de combustión.



Fuente: (Rodríguez, 2011)

4.3 Almacenamiento de energía mediante sistemas solares fotovoltaicos

De acuerdo con (Schuss, Eichberger, & Fabritius, 2021) se estima que “Al integrar celdas fotovoltaicas en vehículos de pasajeros, alrededor del 70% de la electricidad requerida por el vehículo puede ser producida por la propia instalación fotovoltaica del vehículo”.

Sin embargo, para lograr este alto porcentaje, es necesario comprender bien las condiciones específicas para integrar células fotovoltaicas en vehículos de pasajeros. Por ejemplo, la cantidad de radiación en la parte superior del vehículo difiere de la radiación disponible en el techo de un edificio.

Los vehículos eléctricos híbridos (HEV), los vehículos eléctricos alimentados por baterías (BEV), así como los vehículos conectados y autónomos (CAV), han provocado un fuerte aumento en la demanda de electricidad del sector del transporte individual. Con el aumento del

número de vehículos de pasajeros en todo el mundo en los próximos años, se puede decir que la demanda de electricidad de los vehículos de pasajeros también aumentará.

4.3.1 Energía solar

La energía solar es aquella energía que es producida por la luz o también por la reacción del calor del sol para la generación de electricidad. Esta es una fuente de energía renovable e inagotable y su medio de obtención son los paneles solares que tienen como propósito convertir esta energía y utilizarla de la mejor manera.

Las celdas solares fotovoltaicas provenientes de los rayos del sol son las que convierten la luz del sol en electricidad mediante un efecto conocido como efecto fotoeléctrico, por el cual los materiales del panel absorben fotones y liberan electrones, creando así una corriente eléctrica (Aman Punguil & Villacres Vega, 2019).

4.3.2 Beneficios de la energía solar

Existe un gran número de beneficios de la energía solar que la convierten en una de las más rentables y prometedoras del mundo. Los aspectos más importantes a tener en cuenta son: es una energía no contaminante y disponible en todo el planeta Tierra, es renovable e inagotable, y contribuye a la generación de empleo en las zonas donde se implementa.

La simplicidad de la energía solar la convierte en la energía ideal para su uso en puntos aislados del sistema interconectado y zonas de difícil acceso. Por medio de la energía solar también se puede generar electricidad a gran escala e inyectarla a la red, especialmente en zonas donde los niveles de radiación solar sean altos durante la mayor parte del tiempo (Aman Punguil & Villacres Vega, 2019).

De acuerdo con los autores (González Pinzón, Ponce Corral, Valenzuela Nájera, & Atayde Campos, 2013) “El uso de la energía solar tiene en gran medida como objetivo el ahorrar energías no renovables sobre todo la energía fósil y la energía nuclear, además de amortiguar el impacto ambiental de estas”.

4.3.3 Tipos de paneles solares fotovoltaicos

La Figura 4 muestra los tipos de paneles solares fotovoltaicos utilizados en las diferentes instalaciones de los sistemas solares.

Figura 4.
Tipos de paneles solares fotovoltaicos.



Fuente: (BBVA, 2021)

Panel de silicio monocristalino: está compuesto por material de silicio caracterizado por tener una disposición ordenada y cíclica de átomos, de forma que solo tiene orientación cristalina, es decir, todos los átomos están dispuestos simétricamente. Tienen un rendimiento de hasta el 17% (Damia Solar, 2019).

Panel de silicio policristalino: están compuestos de silicio depositado sobre otro sustrato, como una capa de 10 a 30 micrómetros y tamaño de grano entre un micrómetro y un milímetro. Las direcciones de alineación van cambiando cada cierto tiempo durante el proceso. Alcanzan rendimientos hasta del 12% (Damia Solar, 2019).

4.3.4 Energía solar en automóviles

Los autores (Aman Punguil & Villacres Vega, 2019) definen el principal funcionamiento de los vehículos solares, como un motor eléctrico que obtiene la energía para su operación a partir de paneles solares instalados por toda la superficie de la carrocería.

Las celdas solares instaladas en los vehículos convierten la energía solar en electricidad que puede ser utilizada directamente en el motor o almacenada en baterías para mejorar la eficiencia de estas celdas y minimizar su resistencia aerodinámica por su diseño.

5. Metodología

5.1 Tipo de proyecto

La estrategia metodológica que se aplicará para el desarrollo del proyecto de grado será una estrategia aplicada, porque dicha investigación, se basa en encontrar mecanismos o estrategias para alcanzar el objetivo propuesto y dar solución a un problema.

El grado de profundidad de la investigación será correlacional porque busca medir el grado de relación entre dos o más conceptos o variables como corriente, voltaje, potencia y temperatura del banco de baterías del vehículo eléctrico.

De acuerdo con los datos utilizados, la investigación será cuantitativa porque se basa en el estudio y análisis de la realidad a través de procedimientos basados en la medición. Los resultados de estas investigaciones se basan en la estadística.

5.2 Método

El método que se aplicará para el desarrollo del proyecto de grado será, el método inductivo porque se basa en la obtención de conclusiones a partir de la observación, simulación y análisis de hechos, análisis síntesis y pruebas.

5.3 Instrumentos de recolección de información

Los instrumentos para recolección de información que se aplicarán para el desarrollo del proyecto de grado, serán fuentes primarias que contienen información original como libros, revistas científicas, documentos oficiales o informes técnicos y de investigación de instituciones

públicas o privadas, patentes, normas técnicas, apuntes de investigación y fuentes secundarias que compilan, interpretan y analizan las fuentes primarias como enciclopedias, diccionarios, antologías, síntesis, revistas de resúmenes, periódicos, directorios, libros o artículos de investigaciones.

6. Resultados

6.1. Identificación de variables y componentes

Para alcanzar el objetivo de integrar un sistema de telemetría que permita la medición de la corriente de carga de un banco de baterías de un vehículo eléctrico, estableciendo mediante analítica de datos el valor adecuado de la corriente que mejore la eficiencia del vehículo, fue necesario identificar las variables que intervienen en el proceso de carga y descarga de la batería del vehículo eléctrico de la Escudería Bravo de la Institución Universitaria Pascual Bravo; dicha batería tiene un voltaje nominal de 48 VDC y una capacidad de 10 Ah. Las variables que se identificaron dentro del proceso de funcionamiento de la batería son las siguientes:

- Voltaje de operación.
- Voltaje mínimo de carga.
- Corriente de carga.
- Corriente de descarga.
- Potencia de carga.
- Potencia de descarga.
- Temperatura de la batería.
- Temperatura ambiente.

Para analizar el comportamiento de la batería y sus diferentes variables, se estableció un método de carga y descarga, en el cual se realizaron variaciones de corriente para el proceso de carga. Para el proceso de descarga se utilizó una corriente fija de 4 amperios, simulando el consumo de corriente del vehículo eléctrico, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.

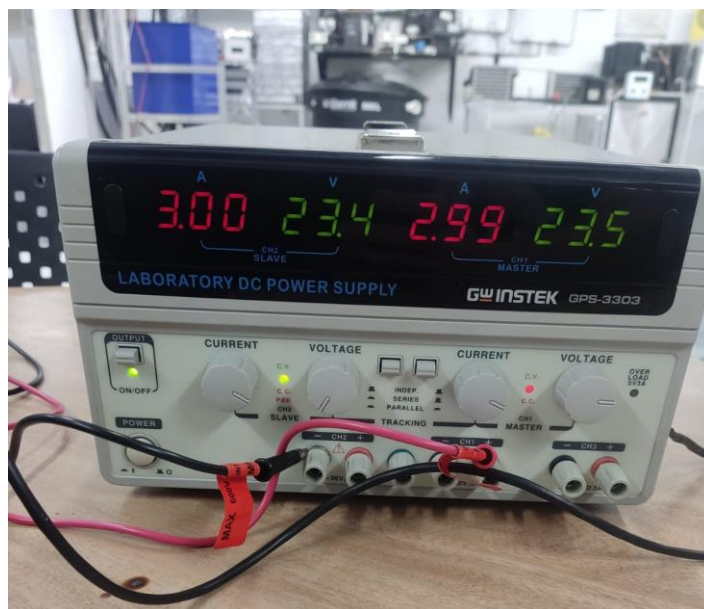
Método de carga de la batería variando la corriente de carga.

Corriente de carga	Voltaje final de carga	Corriente de descarga
1 A	51 V	4 A
1.5 A	51 V	4 A
2 A	51 V	4 A
3 A	51 V	4 A

El proceso de carga de la batería se realizó empleando una fuente de corriente directa de la marca Instek con referencia GPS-3303 propiedad del Laboratorio de Electrónica de la Institución Universitaria Pascual Bravo, como se muestra en la Figura 5, con la cual fue posible variar la corriente de carga desde cero hasta seis amperios.

Figura 5.

Fuente de corriente directa empleada en la carga de la batería del vehículo eléctrico.



Fuente: Propia

Dentro del modelo de evaluación de las variables que intervienen en el proceso de carga de la batería, se estableció un método de carga adicional con variación del voltaje final de carga de la batería y con una corriente fija de 2 amperios con el fin de modelar el comportamiento del cargador de la batería, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.

Método de carga de la batería variando el voltaje final de carga.

Corriente de carga	Voltaje final de carga	Corriente de descarga
2 A	48 V	4 A
2 A	50 V	4 A

El proceso de descarga de la batería se realizó mediante una resistencia variable, lo que permitió ajustar el valor de la corriente de descarga a aplicar a la batería, que como se mencionó anteriormente, fue establecido en un valor de 4 amperios para simular el comportamiento del consumo del vehículo eléctrico.

Con este modelo de evaluación se pretendía identificar el comportamiento de la batería al realizar diferentes ciclos de carga y descarga variando la corriente de carga y el voltaje al que se debía cargar esta.

Junto con estas variables que se evaluaron de acuerdo al modelo expuesto en la Tabla 1 y Tabla 2, fue necesario implementar un sistema de adquisición de datos compuesto por un vatímetro digital que registraba los valores de voltaje, corriente y potencia durante los procesos de carga y descarga de la batería, y sensores de temperatura conectados a un Arduino para registrar la temperatura de esta batería y la temperatura ambiente durante dicho proceso. Tanto el vatímetro digital como el arduino conectado a un módulo de lectura con memoria tipo SD permiten almacenar los datos registrados, con el fin de construir la base de datos que será de utilidad en la analítica de datos para determinar el valor adecuado de la corriente que mejore la eficiencia del vehículo.

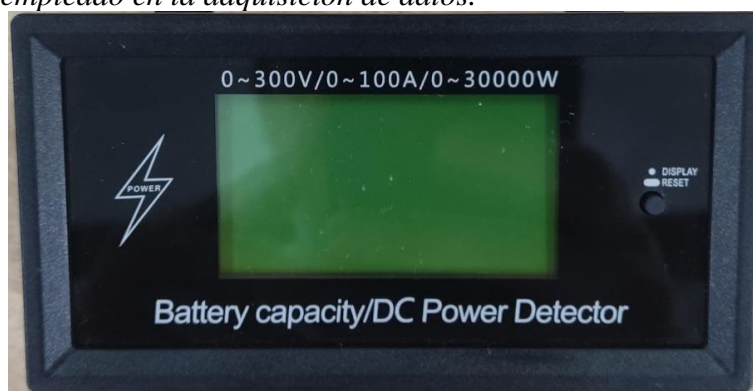
Luego de realizados los diferentes ciclos de carga y descarga de la batería del vehículo eléctrico, se obtuvo una base de datos construida a partir de las mediciones de voltaje de carga, corriente de carga, corriente de descarga, temperatura ambiente y temperatura de la batería, con un total de tres repeticiones para cada valor de corriente de carga reportado en la Tabla 1 y tres repeticiones para cada valor de voltaje final de carga registrado en la Tabla 2. Dicha base de datos es utilizada para realizar la analítica de los datos obtenidos y determinar el valor adecuado de la corriente que mejore la eficiencia del vehículo.

6.2. Desarrollo del prototipo para la adquisición de datos

Una vez identificadas las variables que intervienen en el proceso de carga y descarga de la batería del vehículo eléctrico de la Escudería Bravo de la Institución Universitaria Pascual Bravo y los componentes necesarios para realizar este proceso, fue necesario implementar un sistema que realizara la integración de un dispositivo que permitiera la medición de los parámetros de la batería mencionados anteriormente, con el fin de construir una base datos y mediante analítica de datos determinar el valor adecuado de la corriente de carga que mejore la eficiencia del vehículo. Dicho sistema se compone de un vatímetro digital que registra y almacena los datos de corriente, voltaje y potencia durante los procesos de carga y descarga de la batería, el cual se muestra a continuación:

Figura 6.

Vatímetro digital empleado en la adquisición de datos.

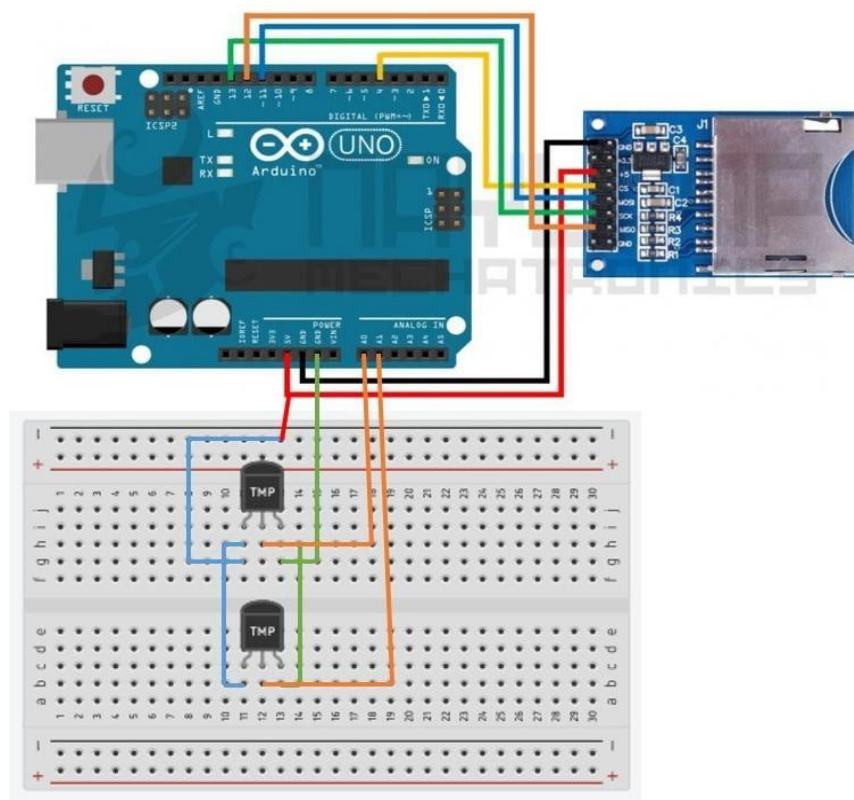


Fuente: Propia

Adicionalmente, se implementó un circuito para la adquisición de los datos de temperatura de la batería y temperatura ambiente durante los procesos de carga y descarga de la batería, compuesto por un Arduino y un módulo de lectura y escritura de datos mediante una tarjeta de memoria tipo SD para el almacenamiento de dichos datos. El circuito implementado se muestra a continuación:

Figura 7.

Circuito empleado en la adquisición de datos de temperatura.

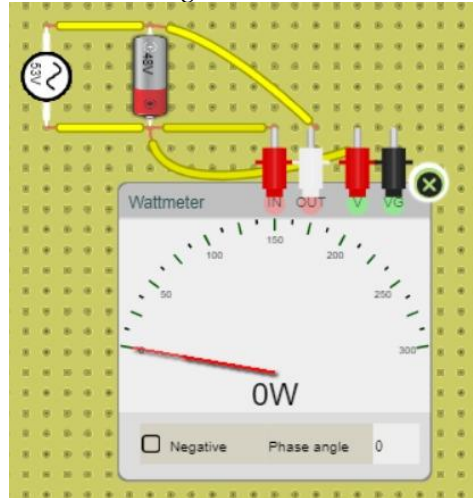


Fuente: Propia

Para el proceso de carga de la batería, se utilizó la fuente variable que se muestra en la Figura 5, con el fin de poder realizar la carga de esta con los diferentes valores registrados en la Tabla 1. El circuito implementado para la carga de la batería se muestra a continuación:

Figura 8.

Modelo implementado para realizar la carga de la batería.

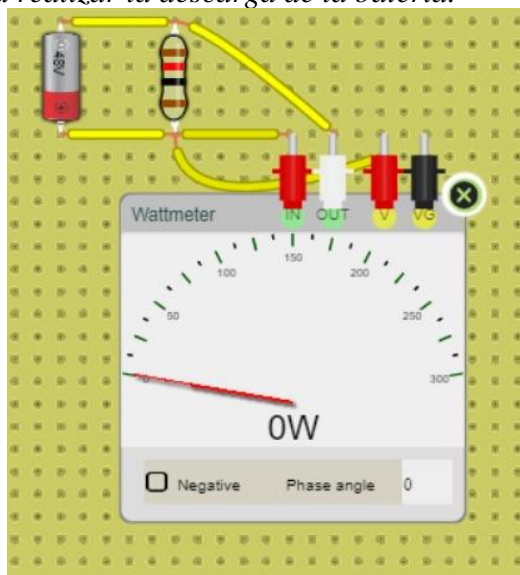


Fuente: Propia

El proceso de descarga de la batería se realizó utilizando un reóstato que permitiera ajustar la corriente en un valor fijo de 4 amperios, con el fin de simular el consumo de corriente del vehículo eléctrico. A continuación, se muestra el circuito implementado en el proceso de descarga de la batería.

Figura 9.

Modelo implementado para realizar la descarga de la batería.

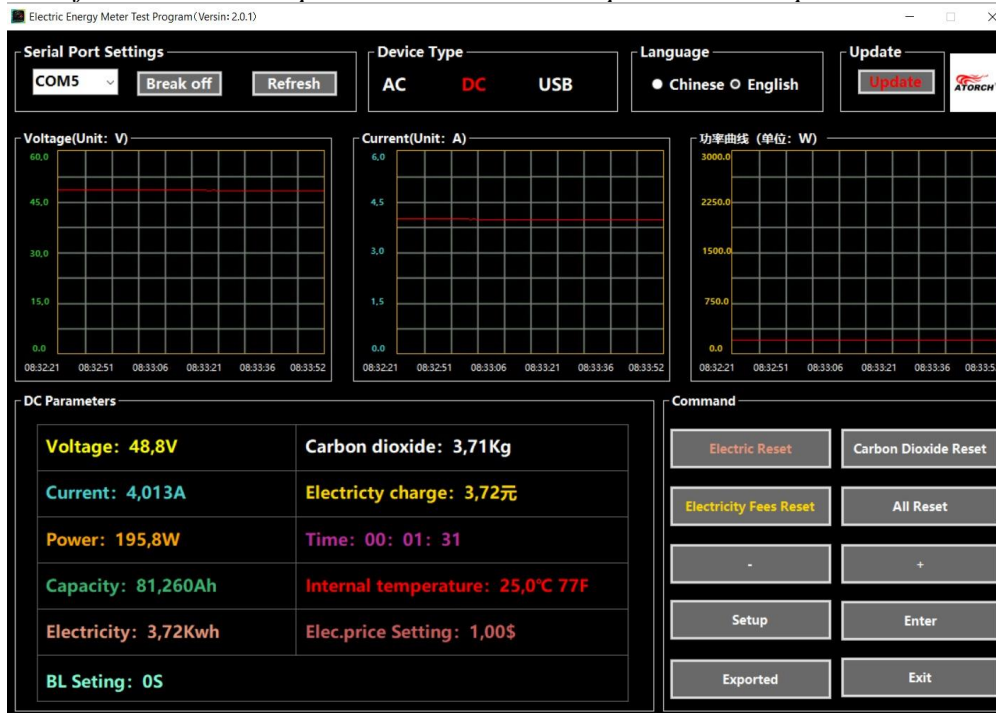


Fuente: Propia

Con la implementación de los modelos presentados anteriormente, se utilizó también el circuito de la Figura 7 para realizar la adquisición de datos de temperatura de la batería y temperatura ambiente en ambos procesos y la conexión del vatímetro digital mostrado en la Figura 6 para realizar la adquisición de los parámetros de la batería como voltaje, corriente y potencia. Además, con la implementación de estos modelos y las herramientas del vatímetro digital fue posible monitorear en tiempo real el comportamiento de la batería durante los procesos de carga y descarga mediante el software PC SOFT que por medio de conexión vía Bluetooth con un computador o dispositivo móvil permite la visualización y almacenamiento de los datos.

Figura 10.

Interfaz del software PC SOFT para el monitoreo en el proceso de adquisición de datos.



Para la adquisición y almacenamiento de los datos relacionados a las variables que se identificaron previamente, se utilizó la siguiente configuración basada en los modelos expuestos anteriormente, como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 11.

Prototipo desarrollado para la adquisición de datos en los procesos de carga y descarga de la batería.



Con este arreglo fue posible construir la base de datos requerida para realizar la analítica de datos. Dichos datos fueron almacenados en un dataset con formato .CSV que posteriormente fue analizado mediante el software Python y sus herramientas para el tratamiento de datos con el fin de determinar el valor de corriente de carga adecuado que mejore la eficiencia de la batería del vehículo eléctrico.

6.3. Analítica de datos

Después de realizar la adquisición de datos mediante el prototipo planteado, el siguiente paso fue construir los respectivos datasets para poder manipular y analizar los datos de manera eficiente. La construcción de los datasets involucró la selección cuidadosa de los datos relevantes, la limpieza de estos para eliminar cualquier error o duplicación, la transformación de los datos en un formato adecuado y su organización en una estructura coherente. Al construir los datasets, se aseguró que los datos fueran representativos de la información necesaria para su análisis y que pudieran ser utilizados de manera efectiva para extraer información útil. Este proceso es esencial para cualquier proyecto de análisis de datos, ya que permite trabajar con datos de calidad y obtener resultados precisos y significativos. Se generó un dataset para cada réplica de carga y descarga de la batería, utilizando los parámetros registrados en las tablas 1 y 2. Estos datasets contienen información detallada sobre el comportamiento de la batería durante cada ciclo de carga y descarga. Los parámetros incluyen el tiempo transcurrido, el voltaje, la corriente, la potencia y la temperatura, registrados en intervalos regulares a lo largo del proceso. La información contenida en estos datasets es fundamental para el análisis y la evaluación del rendimiento de la batería, ya que permite identificar patrones y tendencias en su comportamiento.

Una vez construidos los datasets correspondientes a cada réplica del proceso de carga y descarga de la batería, se pretendía determinar el tiempo empleado en cada proceso para los valores específicos de corriente y voltaje utilizados. Además, se buscaba verificar el voltaje alcanzado por la batería en cada réplica del proceso de carga y descarga. Estas medidas son fundamentales para entender el rendimiento de la batería y para evaluar su eficiencia energética y su capacidad para mantener la carga a lo largo del tiempo. Con esta información, se pueden identificar patrones y tendencias en el comportamiento de la batería, y se pueden hacer comparaciones entre diferentes réplicas del proceso para evaluar su consistencia y reproducibilidad. En resumen, la determinación del tiempo empleado y el voltaje alcanzado en cada réplica del proceso de carga y descarga es un paso importante en el análisis de los datos, ya

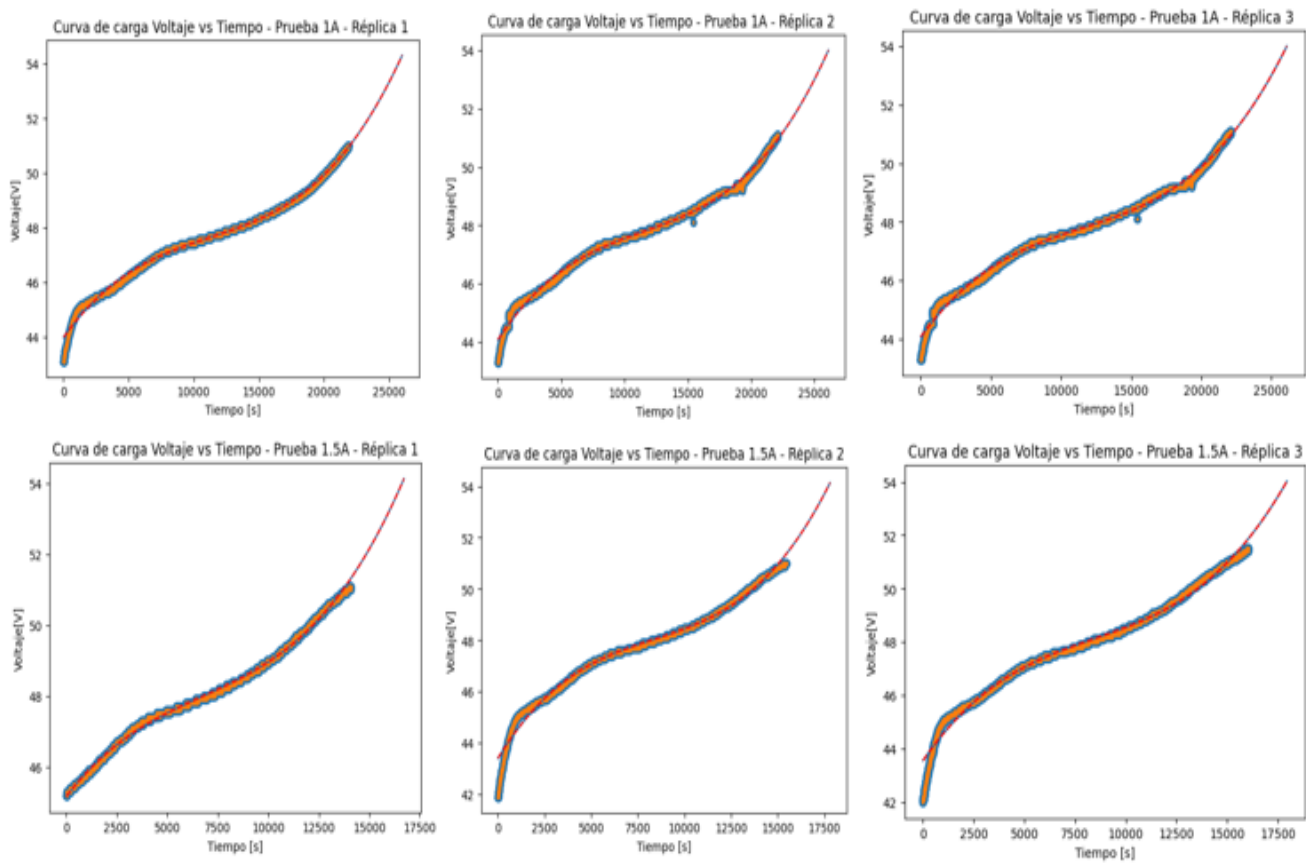
que permite obtener información valiosa sobre su rendimiento y comportamiento en diferentes condiciones.

Con la información recopilada en los datasets y utilizando las herramientas del software Python, se logró realizar gráficos de dispersión de Voltaje vs Tiempo tanto para la carga como para la descarga de la batería en cada réplica de los respectivos procesos. Estos gráficos permiten visualizar la relación entre el voltaje y el tiempo durante cada proceso de carga y descarga, lo que facilita la identificación de patrones y tendencias en el comportamiento de la batería. Además, la visualización de los datos en un gráfico de dispersión permite detectar cualquier variabilidad o irregularidad en el proceso de carga y descarga, lo que puede ser útil para detectar posibles problemas o fallas en la batería.

Además de la visualización de los gráficos de dispersión de Voltaje vs Tiempo para la carga y descarga de la batería en cada réplica del proceso, se realizó un ajuste polinómico de la curva obtenida. El objetivo de este ajuste fue encontrar la ecuación de la curva y evaluar qué tan bien se ajusta el polinomio a los datos, para ello se empleó el método del error cuadrático medio (MSE), el cual es una métrica utilizada para medir la diferencia entre el valor predicho por el modelo y el valor real de los datos.

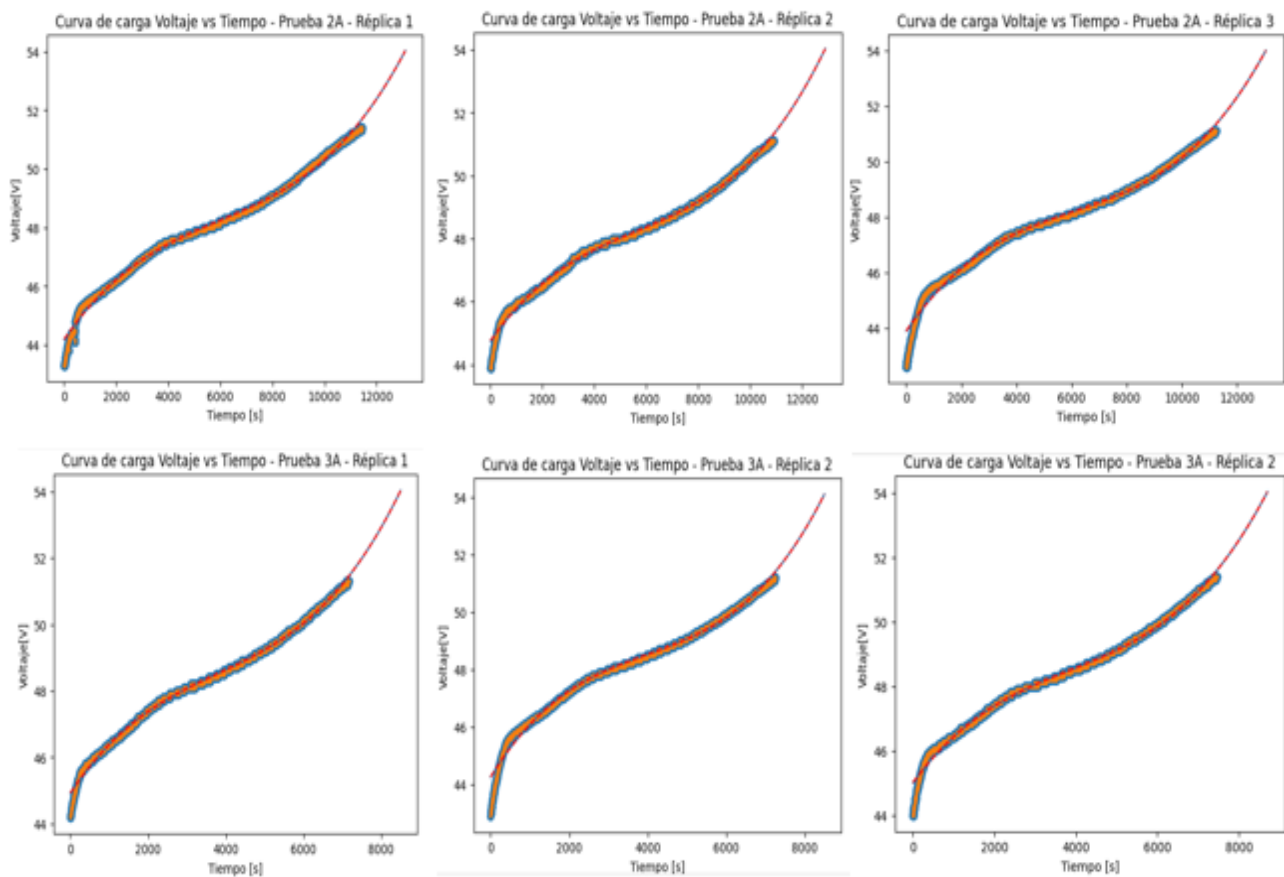
Los gráficos de Voltaje vs Tiempo para las diferentes réplicas del proceso de carga, se presentan a continuación:

Figura 12.
Curvas de Voltaje vs Tiempo para la carga con 1A y 1.5A



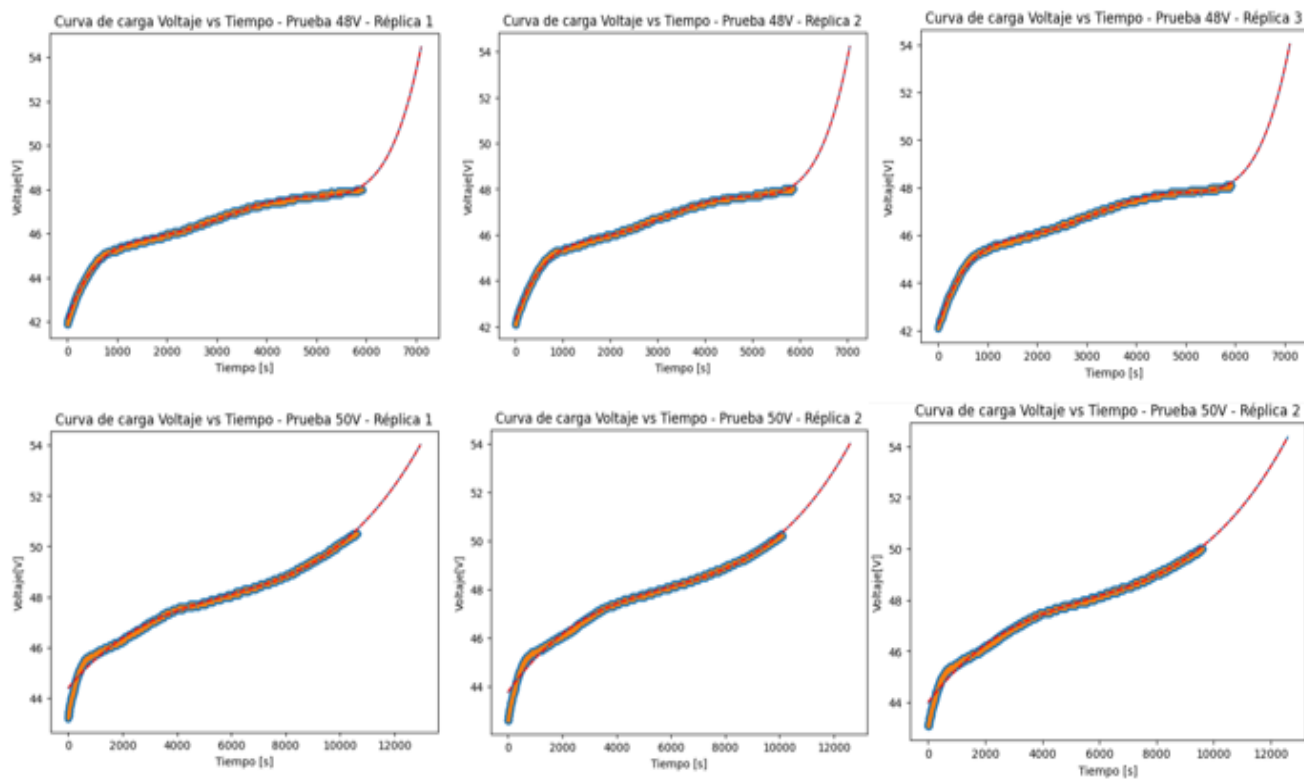
Fuente: Propia

Figura 13.
Curvas para la carga con 2A y 3A



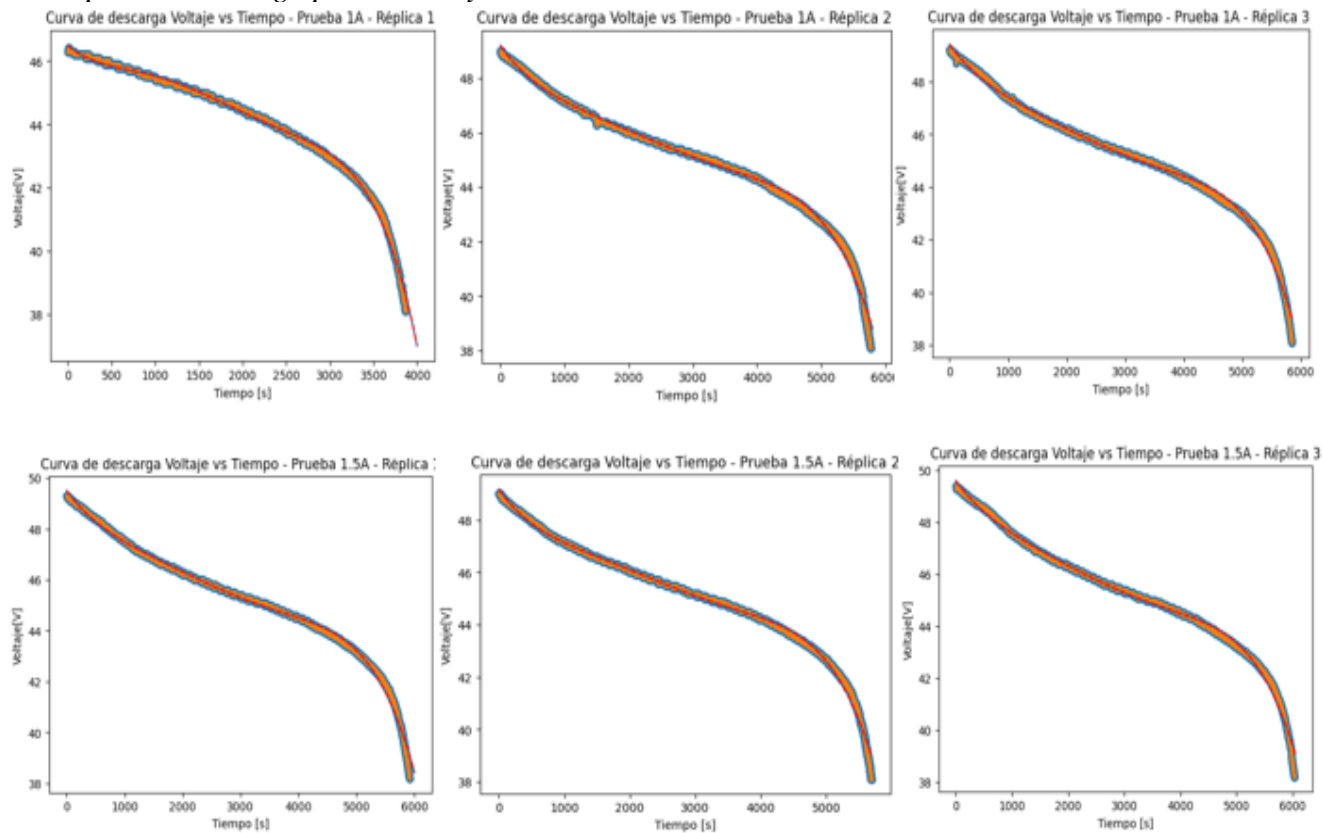
Fuente: Propia

Figura 14.
Curvas para la carga con 48V y 50V



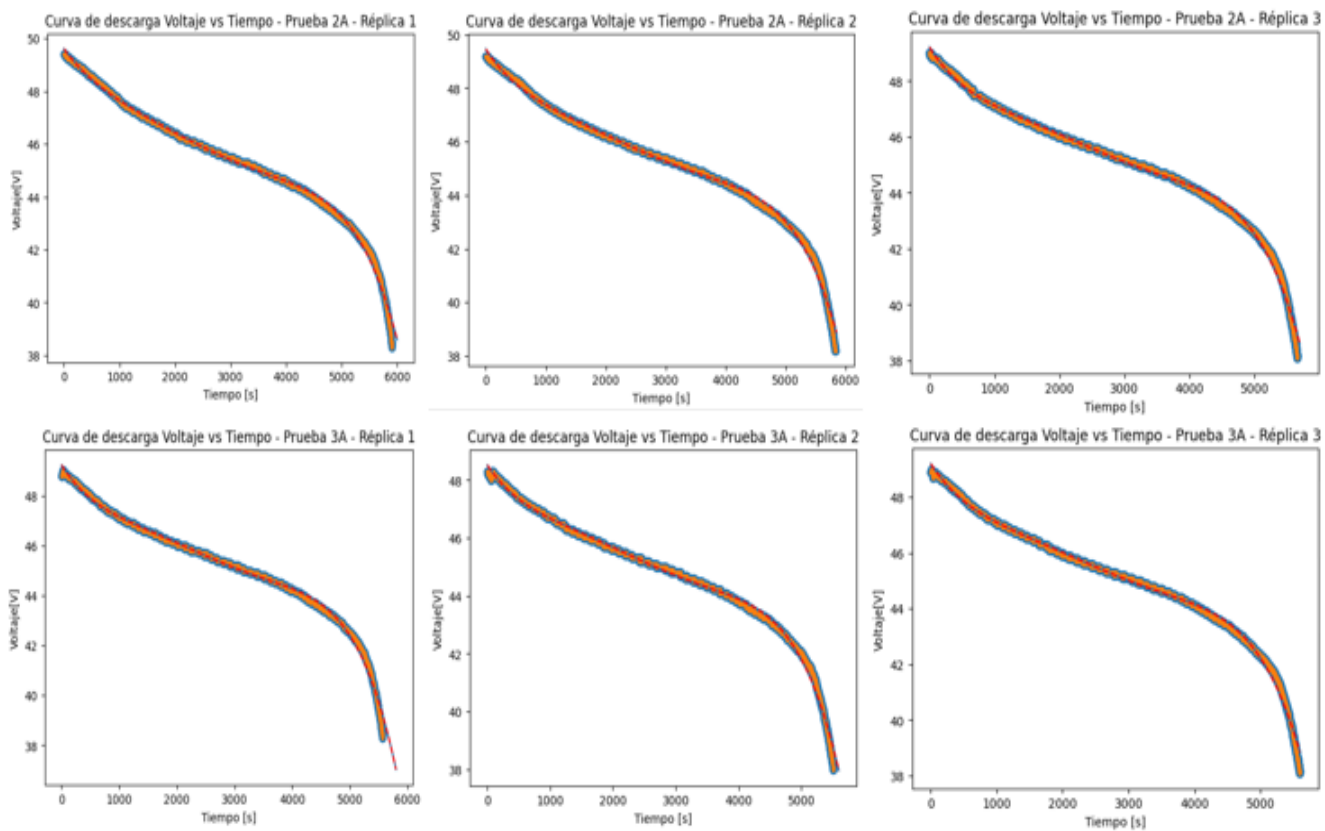
Fuente: Propia

Figura 15.
Curvas para la descarga pruebas 1A y 1.5A



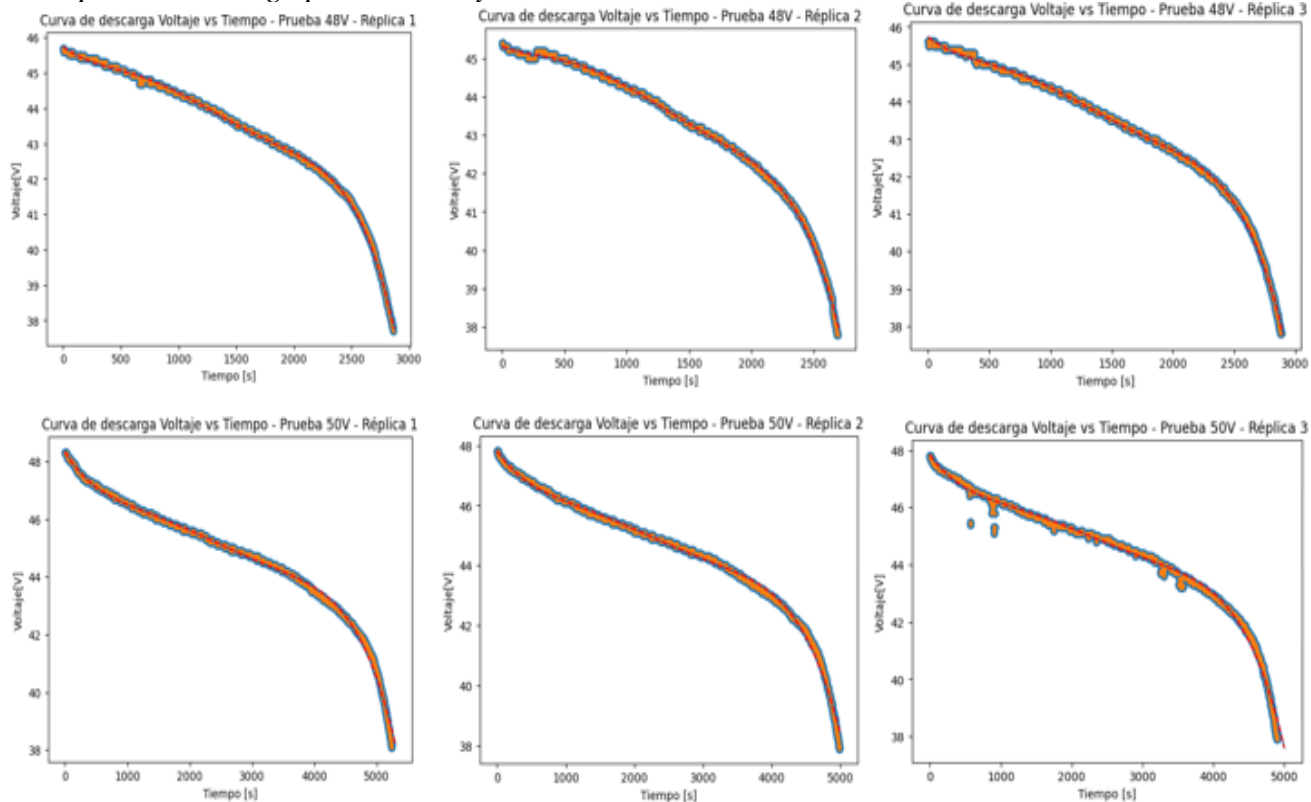
Fuente: Propia

Figura 16.
Curvas para la descarga pruebas 2A y 3A



Fuente: Propia

Figura 17.
Curvas para la descarga pruebas 48V y 50V



Fuente: Propia

Gracias al ajuste polinómico de las curvas obtenidas y la evaluación del polinomio mediante el método del error cuadrático medio, se logró evidenciar que todas las gráficas de carga de Voltaje vs Tiempo tenían un comportamiento de un polinomio de grado 3, mientras que las curvas de descarga de Voltaje vs Tiempo tenían un comportamiento de un polinomio de grado 5. Esto indica que la relación entre el voltaje y el tiempo durante el proceso de carga y descarga de la batería puede ser modelada por una función polinómica de grado 3 y 5 respectivamente. La identificación del grado del polinomio es importante ya que permite modelar el comportamiento de la batería de manera más precisa y realizar predicciones futuras.

Mediante al ajuste polinómico de las curvas de carga y descarga de la batería y la obtención de sus respectivas ecuaciones, se pudo determinar el valor del tiempo en el que la batería alcanzaría

su máximo nivel de carga. Este valor se encontró a través de la evaluación de la ecuación obtenida en el punto máximo de la curva, donde la batería alcanza un voltaje de 54V indicando su máximo nivel. Para los procesos de descarga de la batería, no fue necesario encontrar el tiempo en el que esta se descargaría por completo mediante la ecuación de la curva, ya que este valor se puede obtener directamente a partir de los datos de los respectivos dataset. En los registros de descarga, el voltaje de la batería disminuye a medida que se va descargando, y cuando alcanza su valor mínimo, se considera que la batería ha sido completamente descargada. Por lo tanto, para determinar el tiempo que tarda la batería en descargarse por completo, solo es necesario buscar el registro de tiempo correspondiente al voltaje mínimo registrado el cual fue de 38V aproximadamente.

A partir de los datos obtenidos de los procesos de carga y descarga de la batería, se construyó un nuevo dataset que incluye el tiempo en el que la batería estaría completamente cargada y descargada, el voltaje alcanzado en cada etapa y la corriente con la que se realizaron los procesos. Este dataset se utilizó para aplicar el método de análisis de datos con el objetivo de determinar el valor de corriente que optimice la eficiencia de la batería. Para ello, se evaluaron diferentes valores de corriente en la carga y una corriente constante en la descarga y se registraron los respectivos resultados. Luego, se utilizó el método de analítica de datos para encontrar el valor de corriente que proporciona el mejor rendimiento y eficiencia de la batería.

Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 3.*Resultados obtenidos para las réplicas de carga con una corriente variable*

Corriente [A]	Voltaje	Tiempo [s]
1	51	25708
1	51.1	26099
1	51.1	26100
1.5	51.1	16619
1.5	51	17710
1.5	51.5	17936
2	51.4	13089
2	51.1	12883
2	51.1	13050
3	51.3	8490
3	51.2	8468
3	51.4	8692

Tabla 4.*Resultados obtenidos para las réplicas de descarga con una corriente variable*

Corriente [A]	Voltaje	Tiempo [s]
1	38.1	3869
1	38.1	5768
1	38.1	5848
1.5	38.2	5915
1.5	38.1	5694
1.5	38.2	6035
2	38.3	5907
2	38.2	5828
2	38.1	5663
3	38.3	5570
3	38	5512

3	38.1	5599
---	------	------

Tabla 5.

Resultados obtenidos para las réplicas de carga con un voltaje variable

Corriente [A]	Voltaje	Tiempo [s]
2	48	7059
2	48	7030
2	48.1	7098
2	50.5	12957
2	50.2	12596
2	50	12424

Tabla 6.

Resultados obtenidos para las réplicas de descarga con un voltaje variable

Corriente [A]	Voltaje	Tiempo [s]
2	37.7	2862
2	37.8	2690
2	37.8	2884
2	38.1	5240
2	37.9	4988
2	37.9	4895

Después de obtener los resultados indicados en las tablas anteriores, que muestran los tiempos de carga y descarga de la batería para diferentes pruebas con corriente variable y voltaje variable (para la carga), se llevó a cabo el análisis estadístico utilizando el método de Kruskal-Wallis. El objetivo de este análisis fue evaluar el comportamiento de los datos y determinar si existen diferencias significativas entre ellos.

El método de Kruskal-Wallis es una prueba no paramétrica utilizada para comparar múltiples grupos independientes cuando las distribuciones de los datos no se ajustan a una distribución normal (Quispe Andía, Calla Vásquez, Yangali Vicente, Rodríguez López, & Pumacayo Palomino, 2019). Esta prueba es apropiada para los datos obtenidos, ya que no se puede asumir que sigan una distribución normal debido a la naturaleza de las pruebas con corriente y voltaje variables.

Para aplicar el método de Kruskal-Wallis, los fueron organizados datos en diferentes conjuntos según las condiciones de prueba. En este caso, se tenían varios conjuntos de datos correspondientes a las diferentes combinaciones de corriente y voltaje. Luego, se realizó el cálculo del estadístico de prueba de Kruskal-Wallis mediante las herramientas disponibles en Python, que se basa en las sumas de rangos de los datos y en la varianza entre los grupos.

El estadístico de prueba de Kruskal-Wallis proporciona un valor llamado estadístico de prueba chi-cuadrado (χ^2). Este valor se compara con una distribución chi-cuadrado con un número de grados de libertad igual al número de grupos menos uno. Si el valor de χ^2 calculado es mayor que el valor crítico de chi-cuadrado para un nivel de significancia dado, se puede concluir que existen diferencias significativas entre los grupos (Quispe Andía, Calla Vásquez, Yangali Vicente, Rodríguez López, & Pumacayo Palomino, 2019).

Luego de aplicar el método de Kruskal-Wallis a los diferentes conjuntos de datos correspondientes a las pruebas de carga y descarga realizadas a la batería, se obtuvo un valor estadístico de prueba aproximado de 0.49 para todas las pruebas. Al obtener un valor de χ^2 de aproximadamente 0.49 para todas las pruebas, se puede inferir que no hay suficiente evidencia para afirmar que existen diferencias significativas entre los grupos en términos de los tiempos de carga y descarga de la batería, lo que también representa que todas las pruebas tanto de carga como de descarga tuvieron un comportamiento similar de acuerdo a los datos obtenidos con el prototipo de adquisición de datos.

Además del método de Kruskal-Wallis que se utilizó para evaluar las diferencias significativas entre los tiempos de carga y descarga de la batería en las pruebas con corriente y voltaje variables, también se aplicó un método adicional de análisis estadístico. En este caso, se utilizó un diagrama de cajas y bigotes para representar el comportamiento en el tiempo del voltaje de la batería en las pruebas de carga y descarga.

Al utilizar un diagrama de cajas y bigotes para representar el comportamiento en el tiempo del voltaje de la batería en las pruebas de carga y descarga, se puede visualizar la distribución de los datos y detectar posibles patrones o diferencias entre las diferentes pruebas. Cada diagrama de cajas y bigotes corresponde a una prueba específica y muestra cómo varía el voltaje de la batería a lo largo del tiempo. Esto permite identificar si hay diferencias en la variabilidad, la mediana o la presencia de valores atípicos entre las pruebas.

El uso del diagrama de cajas y bigotes complementa el análisis estadístico cuantitativo realizado con el método de Kruskal-Wallis. Mientras que el método de Kruskal-Wallis proporciona una prueba estadística y una medida numérica para evaluar las diferencias, el diagrama de cajas y bigotes permite visualizar de manera gráfica las características y patrones de los datos a lo largo del tiempo.

A continuación, se presentan los diagramas de cajas y bigotes para las pruebas de carga y descarga aplicadas a la batería.

Figura 18.

Diagrama de cajas y bigotes para las pruebas de carga a la batería.

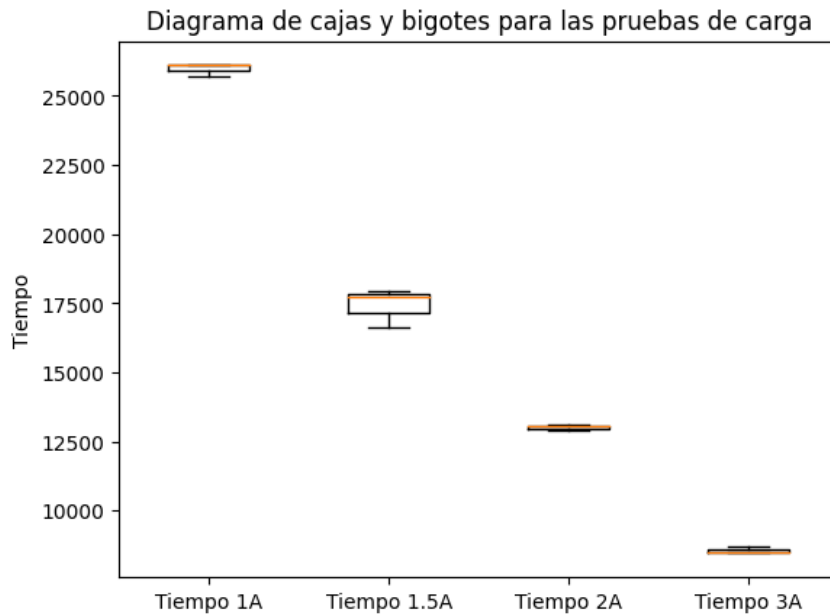
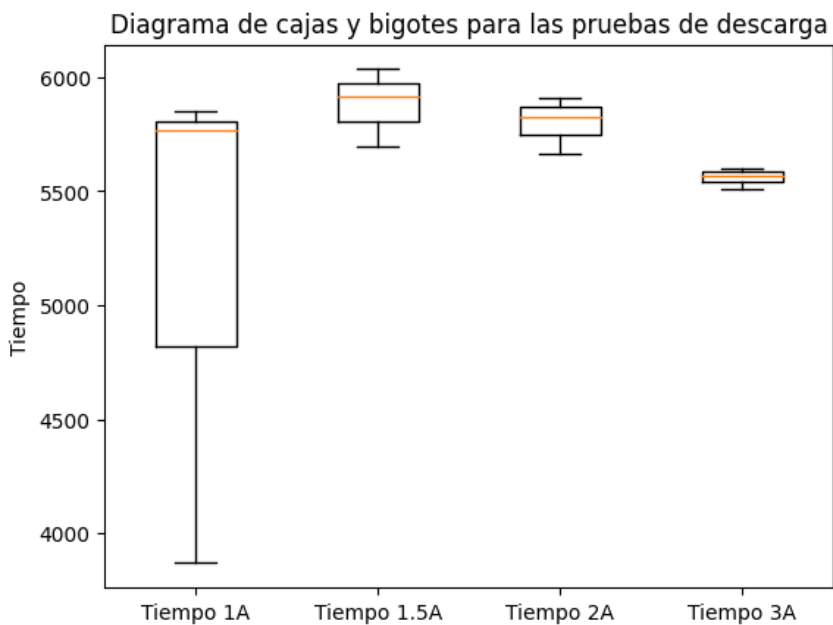
**Figura 19.**

Diagrama de cajas y bigotes para las pruebas de descarga de la batería.



De acuerdo con el diagrama de cajas y bigotes obtenido para las pruebas de carga a la batería (Figura 18), se puede observar que los conjuntos de datos presentan un comportamiento similar en términos de la distribución del voltaje a lo largo del tiempo. Sin embargo, también se pueden identificar algunas tendencias significativas relacionadas con la corriente aplicada y el tiempo empleado en la carga.

En primer lugar, al analizar los diagramas de cajas y bigotes de las diferentes pruebas de carga, se puede observar que las cajas presentan longitudes similares entre sí. Además, también se puede inferir que, a mayor corriente aplicada, menor es el tiempo empleado en la carga. Esto se puede deducir debido a que la mediana del voltaje alcanza niveles superiores en menos tiempo en las pruebas de mayor corriente. Esta relación inversa entre la corriente y el tiempo de carga indica que un mayor flujo de corriente permite que la batería se cargue más rápidamente, lo que se traduce en un mejor rendimiento durante este proceso.

Respecto al diagrama de cajas y bigotes obtenido para las pruebas de descarga realizadas a la batería (Figura 19), se puede observar que todas las pruebas presentan un comportamiento similar en el tiempo. Además, se evidencia una variación mínima en los segundos de duración de las pruebas. Al analizar los diagramas de cajas y bigotes de las diferentes pruebas de descarga, se puede notar que las cajas tienen longitudes similares y las medianas se encuentran en posiciones cercanas entre sí. Esto indica que la variabilidad en el voltaje durante la descarga es consistente en todas las pruebas, lo cual sugiere una estabilidad en el rendimiento de la batería durante este proceso.

De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que independientemente del valor de la corriente con la que se haya cargado la batería, esta va a presentar el mismo comportamiento durante la descarga y el tiempo empleado en la descarga no va a variar significativamente.

Finalmente, se llevó a cabo una prueba de análisis de puntos al centro para evaluar la relación entre las corrientes de carga de la batería y el tiempo necesario para su carga completa. El objetivo principal de esta prueba fue confirmar o rechazar la hipótesis planteada, la cual sugiere que a medida que se incrementa la corriente de carga, se reduce el tiempo requerido para cargar completamente la batería. En el estudio, se seleccionaron tres valores específicos de corriente de carga: 1A como el valor mínimo, 1.5A como el valor medio y 3A como el valor máximo. Estos valores se eligieron con el propósito de abarcar un rango de corrientes representativas de las situaciones típicas de carga de la batería.

Con los resultados obtenidos se obtuvieron los siguientes diagramas utilizados dentro del análisis estadístico.

Figura 20.

Diagrama de Pareto para el análisis de puntos al centro.

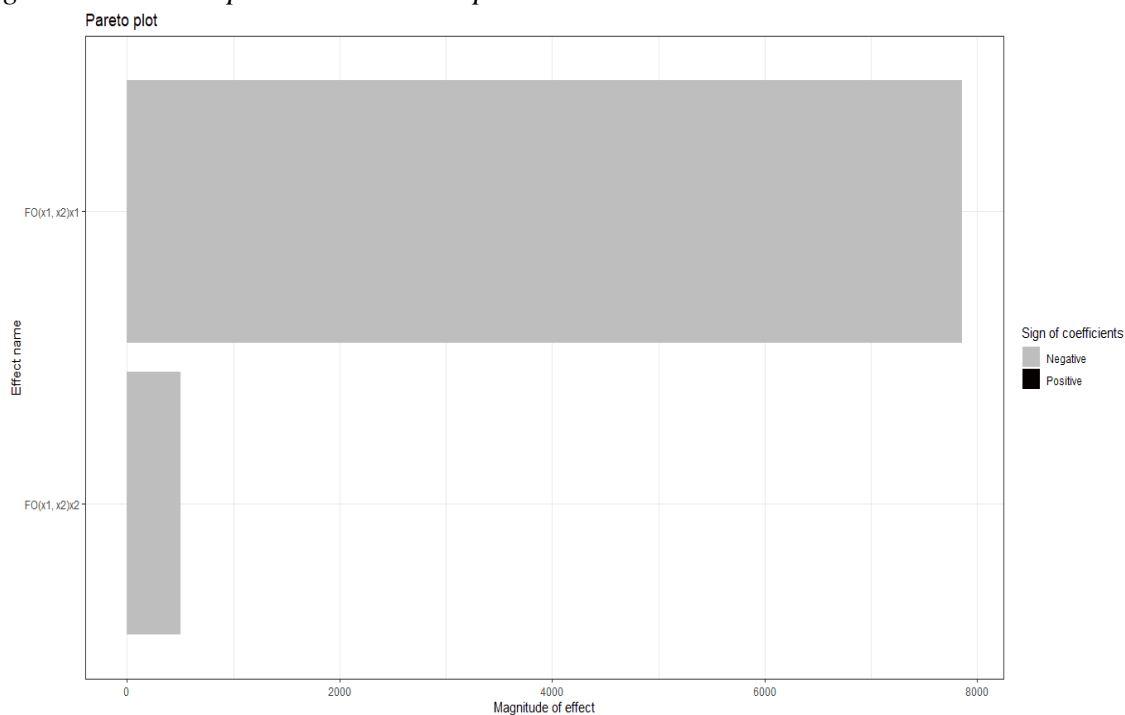
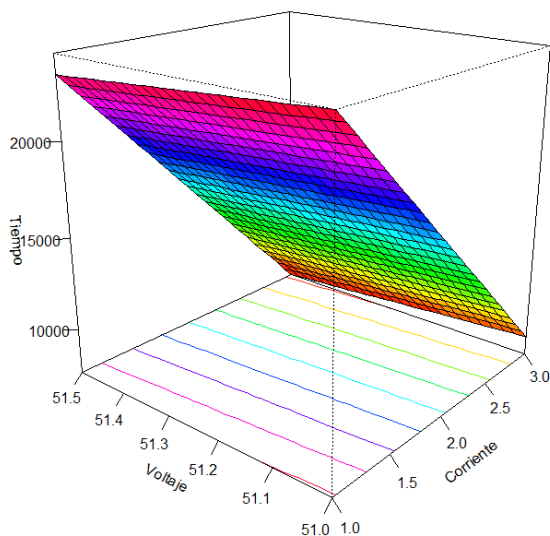


Figura 21.

Diagrama de superficie para el análisis de puntos al centro.



De acuerdo con el diagrama de Pareto mostrado en la Figura 20, se puede concluir que existe una relación negativa entre la corriente de carga y el tiempo necesario para cargar la batería por completo. Esto implica que a medida que se incrementa el valor de la corriente aplicada, se observa una disminución en el tiempo requerido para realizar la carga. Además, se señala que el voltaje no tiene una influencia significativa en el rendimiento de la batería en términos de tiempo de carga. Por otro lado, la Figura 21 muestra un diagrama de superficie que proporciona una representación visual de cómo se relacionan la corriente de carga y el tiempo de carga. A partir de este diagrama, se puede inferir que, si el objetivo es minimizar el tiempo de carga, se debe aplicar una mayor corriente al proceso. Esto respalda la hipótesis planteada previamente, la cual sugiere que a medida que se incrementa la corriente aplicada durante la carga de la batería, el tiempo empleado en dicho proceso se reduce.

7. Conclusiones

Mediante el prototipo para la adquisición de datos conformado por la integración entre el Arduino Mega, el vatímetro digital y los sensores de temperatura, fue posible la construcción de diferentes conjuntos de datos con las variables más importantes que intervienen en los procesos de carga y descarga de la batería del vehículo eléctrico como lo son el voltaje, la corriente, la potencia y el tiempo empleado en dichos procesos.

La analítica de datos brinda una serie de herramientas para estudiar el comportamiento del voltaje de la batería de un vehículo eléctrico en el tiempo durante la carga y la descarga. Estas herramientas van desde la visualización y análisis de datos hasta la detección de anomalías, modelado predictivo y optimización del rendimiento.

El análisis estadístico puede evaluar la correlación entre los voltajes de carga y descarga, así como los tiempos empleados durante cada proceso. Esto ayuda a determinar si existe una relación lineal o no lineal entre estas variables y si el rendimiento de la batería se ve afectado por los tiempos de carga y descarga.

A partir de las pruebas y las diferentes réplicas de carga y descarga aplicadas a la batería, se ha evidenciado que el valor que optimiza el tiempo para la carga de la batería es una corriente de 3A. Sin embargo, se observó que la corriente de carga no tiene influencia en los tiempos de descarga de la batería. Independientemente de la corriente con la que fue cargada, la batería se comporta de manera similar durante la descarga. Esto indica que no se encontró un valor específico de corriente de carga que mejore significativamente el rendimiento de la batería durante la descarga.

8. Referencias bibliográficas

- Aman Punguil, L. A., & Villacres Vega, Á. D. (18 de Enero de 2019). *Diseño, construcción e implementación de un sistema de telemetría utilizando tecnología punto a punto para monitorear los datos de un vehículo solar de la carrera de Ingeniería Automotriz*. Recuperado el 23 de Marzo de 2022, de Escuela superior politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10132>
- BBVA. (17 de Mayo de 2021). *¿Qué tipos de placas solares existen y para qué se utilizan?* Recuperado el 15 de Abril de 2022, de BBVA: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-tipos-de-placas-solares-existen-y-para-que-se-utilizan/>
- Damia Solar. (7 de Marzo de 2019). *¿Qué son los paneles solares monocristalinos?* Recuperado el 15 de Abril de 2022, de Damia Solar: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-son-los-paneles-solares-monocristalinos_1#:~:text=En%20este%20tipo%20de%20paneles,y%20sin%20apurar%20el%20proceso.
- González Pinzón, C. L., Ponce Corral, C., Valenzuela Nájera, R. A., & Atayde Campos, D. (2013 de 2013). Selección de un sistema solar fotovoltaico para un vehículo eléctrico. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 10, 11-26. Recuperado el 15 de Abril de 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7070080>
- Moreno Carrillo, R. (21 de Septiembre de 2018). *Diseño y prototipado de un sistema de comunicaciones para un monoplaza de Formula Student*. Recuperado el 26 de Marzo de 2022, de Universidad Carlos III de Madrid: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/29338>
- Quispe Andía, A., Calla Vásquez, K. M., Yangali Vicente, J. S., Rodríguez López, J. L., & Pumacayo Palomino, I. I. (2019). *Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica son software SPSS, MINITAB y EXCEL*. Obtenido de Eidec Editorial:

<https://www.editorialeidec.com/wp-content/uploads/2020/01/Estad%C3%ADstica-no-param%C3%A9trica-aplicada.pdf>

Rodríguez, B. (2 de Noviembre de 2011). *Motor eléctrico versus motor de combustión: par, potencia y eficiencia*. Recuperado el 12 de Abril de 2022, de Forococheeléctricos: <https://forococheelectricos.com/2011/11/motor-electrico-versus-motor-de.html>

Schuss, C., Eichberger, B., & Fabritius, T. (28 de Junio de 2021). *An advanced PV simulation model for electric vehicles with photovoltaic installations*. Recuperado el 12 de Abril de 2022, de IEEE Xplore: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9460062>

Tapia Berrones, V. H. (11 de Noviembre de 2013). *Diseño e implementación de un sistema de transferencia de datos por telemetría para un vehículo de competencia con el uso de tecnología inalámbrica Bluetooth*. Recuperado el 23 de Marzo de 2022, de Escuela superior politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2918>