



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

**ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y EL IMPACTO EN EL  
CONSUMO ENERGÉTICO DEL VEHÍCULO TOYOTA COROLLA PERTENECIENTE  
A LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ UPS CAMPUS SUR.**

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

**AUTORES: JHONATAN ENRIQUE MONTEROS MEJIA  
JOSE LUIS SILVA MENDOZA**

**TUTOR: JOSÉ LUIS MULLO CASILLAS**

Quito - Ecuador

2023

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Jhonatan Enrique Monteros Mejia con documento de identificación N° 1725696262 y José Luis Silva Mendoza con documento de identificación N° 1750861021 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.

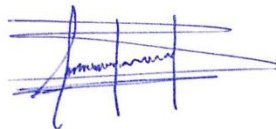
Quito, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Jhonatan Enrique Monteros Mejia

1725696262



José Luis Silva Mendoza

1750861021

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

Nosotros, Jhonatan Enrique Monteros Mejia con documento de identificación N° 1725696262 y José Luis Silva Mendoza con documento de identificación N° 1750861021, 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 Artículo Académico: “Análisis de los componentes eléctricos y el impacto en el consumo energético del vehículo Toyota Corolla perteneciente a la carrera de ingeniería automotriz UPS 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.

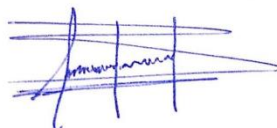
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Jhonatan Enrique Monteros Mejia  
1725696262




José Luis Silva Mendoza  
1750861021

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, José Luis Mullo Casillas, con documento de identificación N° 0502365869 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y EL IMPACTO EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DEL VEHÍCULO TOYOTA COROLLA PERTENECIENTE A LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ UPS CAMPUS SUR., realizado por Jhonatan Enrique Monteros Mejia con documento de identificación N° 1725696262 y José Luis Silva Mendoza con documento de identificación N° 1750861021 obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Ing. José Luis Mullo Casillas, Ph.D

0502365869

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente proyecto a mis padres, gracias por creer en mí desde el principio y por su amor incondicional, han sido mi apoyo en los momentos de duda y me han recordado constantemente mi capacidad para lograr cualquier meta que me proponga, su sacrificio y dedicación fueron la base sobre la cual construyo mis sueños, a mi hermana, quien con su alegría contagiosa me ha impulsado en los momentos más desafiantes. Siempre han estado a mi lado, celebrando mis éxitos y compartiendo mis alegrías, y por este logro con cariño y reconocimiento.

Jhonatan Enrique Monteros Mejia

Dedico el presente artículo a mis padres, quienes han sido mi mayor inspiración y apoyo en cada paso de mi vida. Gracias por su amor incondicional, sabiduría y sacrificio. Su guía y aliento han sido fundamentales para alcanzar mis metas. Este logro es también suyo, y les agradezco por ser mis pilares en el camino hacia el conocimiento y el crecimiento personal. Su amor y apoyo inquebrantables son un regalo invaluable que atesoro.

José Luis Silva Mendoza

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a todos los profesores de la Universidad Politécnica Salesiana por impartir sus enseñanzas a lo largo de nuestra formación académica y profesional. En particular, deseo agradecer al Ingeniero José Luis Mullo Casillas, Ph.D, por su valiosa orientación como tutor en este proyecto de investigación. Su sabiduría, paciencia y compromiso han sido esenciales para el logro de los objetivos de esta tesis. Asimismo, quiero reconocer al Ingeniero Carlos Carranco por su generosa colaboración y valiosos aportes, los cuales han enriquecido considerablemente este trabajo. A todos nuestros profesores, les estoy profundamente agradecido por su dedicación, motivación y por compartir con nosotros su amplio conocimiento.

# ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y EL IMPACTO EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DEL VEHÍCULO TOYOTA COROLLA PERTENECIENTE A LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ UPS CAMPUS SUR

ANALYSIS OF THE ELECTRICAL COMPONENTS AND THE IMPACT ON THE ENERGY CONSUMPTION OF THE TOYOTA COROLLA VEHICLE BELONGING TO THE AUTOMOTIVE ENGINEERING CAREER UPS SOUTH CAMPUS

Jhonatan Monteros<sup>1</sup>, José Luis Silva<sup>2</sup>

## Resumen

En el contexto de la preocupación por el cambio climático y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, los vehículos híbridos se destacan como una opción sostenible en el transporte. Este estudio se enfoca en el exhaustivo análisis del consumo energético de los accesorios en el vehículo híbrido Toyota Corolla HV 2020 1.8 SEG eCVT. Se evaluaron los principales consumidores, como el sistema de climatización, la iluminación y el desempañador, mediante pruebas estáticas que analizaron su impacto en la batería de alta tensión. Se obtuvieron resultados sobre el comportamiento de la batería al ser afectada por estos consumidores, permitiendo determinar si su nivel de consumo influiría considerablemente en el vehículo. Este análisis nos brinda información clave para considerar aspectos relacionados con los accesorios y lograr un funcionamiento óptimo del vehículo híbrido. Los resultados obtenidos permiten tomar decisiones informadas para optimizar el consumo energético y mejorar la eficiencia del vehículo.

**Palabras Clave:** Consumo energético, Eficiencia energética en el transporte, Vehículos híbridos.

## Abstract

In the context of concerns about climate change and the reduction of greenhouse gas emissions, hybrid vehicles stand out as a sustainable option in transportation. This study focuses on the comprehensive analysis of the energy consumption of accessories in the Toyota Corolla HV 2020 1.8 SEG eCVT hybrid vehicle. The main consumers, such as the climate control system, lighting and defroster, were evaluated by static tests that analyzed their impact on the high-voltage battery. Results were obtained on the behavior of the battery when affected by these consumers, allowing us to determine whether their level of consumption would significantly influence the vehicle. This analysis provides us with key information to consider aspects related to the accessories and to achieve optimal operation of the hybrid vehicle. The results obtained allow us to make informed decisions to optimize energy consumption and improve vehicle efficiency.

**Keywords:** Energy consumption, Energy efficiency in transport, Hybrid vehicles.

## 1. Introducción

Los automóviles híbridos han surgido como una solución sostenible en la industria automotriz, al combinar sistemas de propulsión y reducir las emisiones dañinas y el consumo de combustibles fósiles. Mediante la integración de un motor de combustión interna y uno eléctrico, estos vehículos logran una mayor eficiencia y contribuyen a la disminución de emisiones perjudiciales para el entorno natural [1]. Los automóviles híbridos se han vuelto cada vez más populares entre aquellos que desean ahorrar dinero en combustible. En Ecuador, en particular, se ha observado un notable aumento en las ventas de vehículos híbridos entre 2020 y 2021, con un incremento del 263% al pasar de 1.148 unidades a 4.269 unidades vendidas. Esta creciente demanda se debe a tres factores principales: la creciente preocupación por el medio ambiente, los cambios normativos y el deseo de obtener ahorros económicos. Al apagar el motor de combustión interna cuando el vehículo se encuentra en ralentí o detenido, se reduce el consumo de combustible en comparación de un vehículo convencional en un 40 % y se aprovecha la eficiencia del motor eléctrico, lo que resulta en un mayor rendimiento general del vehículo [2]. Por ejemplo, en un estudio de consumo de un híbrido se encontró que en entornos urbanos, el rendimiento de los vehículos híbridos es un 11% mayor, mientras que en carreteras, su rendimiento es un 6% superior [6].

Se ha destacado la relevancia de maximizar el aprovechamiento de la energía eléctrica en los automóviles híbridos, debido a los beneficios que aporta en cuanto a eficiencia y disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero a diferencia con los vehículos de motor de combustión interna convencionales [3]. Por ejemplo, según la SGCCC la cantidad de emisiones se reduce en un 40% en vehículos automotores híbridos produciendo 207 gramos de CO<sub>2</sub> por milla a diferencia de un convencional que produce

381 gramos de CO<sub>2</sub> por milla [1]. Los vehículos híbridos ofrecen una mayor eficiencia energética y reducen su impacto ambiental al mejorar su consumo eléctrico. Además, presentan una mayor autonomía en modo eléctrico, lo que les permite funcionar durante períodos más largos sin emitir gases contaminantes y disminuir su dependencia de los combustibles fósiles [4]. En este sentido, es crucial destacar cómo la eficiencia energética se convierte en un factor determinante para reducir costos y mejorar el desempeño ambiental de los vehículos híbridos, y cómo la tecnología en este ámbito avanza rápidamente. Además de los beneficios ambientales, la mejora del gasto eléctrico en los automóviles híbridos también puede prolongar el ciclo de vida de la batería [5]. Al disminuir la cantidad de energía requerida para cubrir una distancia específica, es posible aumentar la durabilidad de las baterías y, en consecuencia, prolongar la vida del automóvil en general. Esta extensión del ciclo de vida de la batería puede conllevar a menores gastos de mantenimiento y a un incremento en el valor de reventa del vehículo.

La optimización del gasto de energía en los automóviles híbridos se vuelve imperativa debido a diversos factores que abarcan la eficiencia de combustible, las emisiones de gases de efecto climático, el costo de los combustibles, las regulaciones gubernamentales y la conciencia ambiental. Mejorar el consumo eléctrico en los vehículos híbridos puede generar un impacto positivo en la experiencia del usuario. Al aumentar la eficiencia de la batería, se logra una mayor autonomía en modo eléctrico y se reduce la frecuencia de carga, brindando así mayor comodidad a los conductores [6]. Otro aspecto positivo de mejorar el consumo eléctrico en los automóviles híbridos es la descrecencia de la dependencia de los combustibles fósiles. Tanto la sociedad como el sector automotriz muestran una gran preocupación por la transición hacia fuentes de energía renovable y sostenible. Al implementar mejoras a la eficiencia en el



gasto eléctrico de los automóviles híbridos, se avanza en dirección a una mayor sustentabilidad y se disminuye la huella de carbono de estos vehículos [3].

Esta configuración en los automotores híbridos surge como resultado de la falta de tecnologías de almacenamiento de energía satisfactorios que combinen alta capacidad, considerable potencia y sean livianos y compactos. Por lo tanto, los vehículos híbridos se consideran una etapa intermedia en la migración de los vehículos de motor de combustión hacia los vehículos totalmente eléctricos [7]. Un automóvil híbrido se caracteriza por su capacidad para ser propulsado mediante la combinación de dos sistemas que emplean diferentes fuentes de energía: la fusión de un motor de gasolina y un motor eléctrico impulsado por acumuladores. La combinación de estos modelos posibilita la disminución de la contaminación, ya que los vehículos de combustión presentan inconvenientes significativos de contaminación ambiental que afectan considerablemente la salud de las personas [8]. Un vehículo híbrido se distingue por su capacidad de ser impulsado mediante la combinación de dos sistemas que utilizan diferentes fuentes de energía: un motor de gasolina y un motor eléctrico gestionado mediante baterías. Esta integración de sistemas permite disminuir la contaminación, dado que los vehículos convencionales acarrear problemas notables de contaminación ambiental que afectan de manera considerable la salud de las personas.

La medición y estimación del gasto eléctrico en los automóviles eléctricos (VE) es esencial para mejorar la eficiencia energética en el sistema de transporte de vehículos eléctricos. Una característica destacada de los VE en contraste con los vehículos de combustión interna convencionales es su habilidad para aprovechar la energía mediante el sistema de frenado regenerativo (RBS) [9]. El RBS utiliza el motor eléctrico para recargar la batería al ejercer una fuerza de frenado negativa en las ruedas motrices, convirtiendo la energía cinética en energía eléctrica. Esta función también está presente en muchos vehículos eléctricos híbridos (HEV). Gracias al RBS, los vehículos eléctricos resultan mucho más eficientes en

entornos urbanos con paradas y arranques frecuentes en comparación con las autopistas sin interrupciones [9].

Esto contrasta con los automóviles de combustión interna los cuales necesitan de más energía para transitar en áreas urbanas debido a las pérdidas de frenado y térmicas [2].

## 1.2 Desempeño de la batería

El rendimiento de las baterías es un aspecto importante para considerar en los vehículos híbridos. Específicamente, las baterías de litio requieren la implementación de sistemas de enfriamiento y calefacción para su óptimo funcionamiento, lo que incrementa tanto el costo como el peso y la complejidad del sistema. En el caso de los vehículos eléctricos híbridos (HEV), las baterías son más pequeñas y operan en un rango limitado de carga, ya que su principal función es asistir al motor de combustión interna. El sistema de gestión de energía de estos vehículos cuenta con un modo de descarga controlada (Disc CS) que se adapta adecuadamente a su funcionamiento.

Sin embargo, en el caso de los vehículos híbridos enchufables (PHEV), las oportunidades de mejora son más limitadas. Esto se debe a factores como la insuficiencia eléctrica en situaciones de alta demanda de potencia durante el modo de descarga, el tamaño más grande de la batería y una eficiencia menor en comparación con otros enfoques que utilizan información sobre el perfil de viaje del vehículo. Una alternativa interesante es la liberación continua de la batería a través del modo de batería mantenida (BM). No obstante, para aprovechar al máximo el modo BM, es esencial contar con datos precisos sobre el recorrido del vehículo, incluyendo la distancia, el tiempo y la velocidad, entre otros aspectos relevantes [6].

La tasa de descarga de una batería de NiMH varía según su estado de carga (SOC - Estado de carga). Una batería con un SOC del 100% se descargará a una velocidad mayor que una batería con un SOC del 40%. Por ejemplo, en estudios relacionados a la batería de alta tensión se ha obtenido que, para diferentes ciclos de

carga de una celda el corte más eficiente cuando alcanza un valor de 4.2 voltios con una incidencia de la temperatura [15]. Esto se debe a que a medida que el SOC disminuye, las reacciones químicas en la batería se vuelven más lentas. Cuanto más lentas sean las reacciones químicas, mayor será la duración de la carga de la batería.

Además, la temperatura también afecta tanto las reacciones químicas como la tasa de autodescarga de la batería. A temperaturas más bajas, las reacciones químicas y la autodescarga ocurren a un ritmo más lento, lo que significa que las temperaturas más frías son más favorables para el almacenamiento de la batería que las temperaturas más cálidas.

## **2. Fundamento Teórico**

### **2.1 Factores de consumo energético**

El rendimiento y la eficiencia del sistema de propulsión eléctrica en los vehículos híbridos dependen en gran medida de la batería. La batería cumple una función fundamental al almacenar la energía eléctrica generada durante la frenada regenerativa y proveniente del motor de combustión interna, lo que la transforma en un surtidor de energía disponible para ser utilizada por el motor eléctrico en momentos de aceleración o en ocasiones en las que se necesita potencia adicional [11].

Además de su papel en la propulsión, la batería suministra energía a los sistemas basados en electricidad auxiliares del vehículo, como el sistema de climatización y los sistemas de entretenimiento. Esta capacidad de la batería para alimentar los sistemas auxiliares sin depender exclusivamente del motor de combustión contribuye a mejorar la efectividad en general del vehículo y reducir contaminantes [12].

En los recientes años, se ha visualizado avances significativos en la tecnología y el diseño de las baterías de los automóviles híbridos, con el objetivo de incrementar la capacidad de almacenamiento, reducir el tamaño y mejorar el rendimiento [13]. Estos avances han llevado a

mejoras en la autonomía eléctrica y la eficiencia energética de los vehículos híbridos.

Resulta relevante considerar las características técnicas de la batería, tales como los compuestos químicos empleados, la densidad de energía, la capacidad, el número de celdas y módulos, la capacidad de regeneración y el estado de salud, al momento de evaluar tanto el desempeño como la eficiencia de esta [15]. Estos factores influyen en la eficiencia y el gasto de energía del vehículo. Además, otros factores como los sistemas auxiliares del vehículo, el peso en orden de marcha, la masa adicional, el área frontal del vehículo y la resistencia aerodinámica también afectan el consumo de energía en los vehículos híbridos [16].

En resumen, la batería es un componente crucial en los vehículos híbridos, ya que almacena energía y proporciona la potencia requerida para el funcionamiento del motor eléctrico y los sistemas auxiliares. Los progresos en la tecnología de las baterías han permitido mejorar la eficiencia y la autonomía eléctrica de los vehículos híbridos, contribuyendo así a su rendimiento y sostenibilidad [11].

### **2.2 Eficiencia Energética**

La eficiencia energética desempeña un papel crucial en la minimización del gasto de energía y las emisiones en los vehículos híbridos. Implica encontrar formas de disminuir el consumo de energía sin afectar el rendimiento del producto. Esto se logra mediante la adopción de tecnologías más eficientes, mejoras en el diseño y la implementación de prácticas sostenibles [6].

Es importante destacar que los vehículos eléctricos son más eficientes energéticamente en rutas urbanas con paradas y arranques frecuentes. Esto se debe a que la frenada regenerativa y la habilidad de aprovechar la energía durante la fase de desaceleración son más efectivas en entornos urbanos. Por lo tanto, el tipo de ruta también influye en la eficiencia energética de los vehículos híbridos [17].

### **2.3 Sistema aire acondicionado en VH**

En climas de bajas temperaturas, calentar el interior del automóvil y descongelar las ventanas requiere una cantidad considerable de energía [18]. En vehículos de motor de combustión interna, este calor se deriva del calor remanente del sistema de enfriamiento del motor. Sin embargo, en los vehículos eléctricos, se depende principalmente de la energía almacenada en los condensadores. Aunque se puede obtener cierta cantidad de calor proveniente del motor y la batería en vehículos eléctricos, su mayor eficiencia significa que hay menos calor residual disponible en comparación con los vehículos de combustión interna, lo que plantea desafíos en términos de gestión térmica en condiciones de bajas temperaturas [19]. Adicionalmente, se han creado diseños que se enfocan en el empleo de cabinas con un alto nivel de aislamiento, aprovechando el calor generado por los pasajeros para calentar el interior del vehículo [20]. Este enfoque busca maximizar la eficiencia energética al utilizar fuentes de calor internas.

Por esta razón, se está llevando a cabo el desarrollo de un sistema de aire acondicionado reversible que pueda proporcionar refrigeración durante el verano y calefacción durante el invierno. Este enfoque prometedor se considera una solución práctica y eficiente para abordar el desafío de la gestión térmica en vehículos eléctricos en diferentes condiciones climáticas [21].

En cuanto a la metodología utilizada en este estudio, se empleó un escáner o dispositivo de diagnóstico compatible con el vehículo híbrido y se realizaron mediciones directas para obtener datos precisos sobre el consumo eléctrico de los distintos accesorios del vehículo. El objetivo principal fue determinar el consumo energético específico de cada accesorio y examinar su relación con la capacidad de la batería de alta tensión.

## 2.4 Frenado Regenerativo

Este sistema desempeña un rol esencial en la optimización del consumo energético de los vehículos al transformar la energía cinética del vehículo en energía eléctrica, la cual se emplea

para recargar las baterías. Este método demuestra un alto nivel de eficiencia, especialmente en entornos urbanos donde se producen numerosas aceleraciones y desaceleraciones. Al presionar el pedal de freno, el sistema combina el freno hidráulico del sistema de control electrónico de frenado (ECB) con el freno regenerativo, priorizando este último. Esto permite recuperar energía incluso a velocidades más bajas, logrando así una regeneración altamente eficiente. Además, se minimizan las pérdidas por fricción en la transmisión del vehículo. El movimiento de las ruedas se transmite al motor eléctrico MG2 a través del diferencial y los engranajes intermedios, los cuales actúan como generadores en esta situación. Como resultado, las pérdidas de energía por fricción son mínimas. En conjunto, el freno regenerativo puede amortizar hasta un 66% de la energía eléctrica utilizada para cargar las baterías.

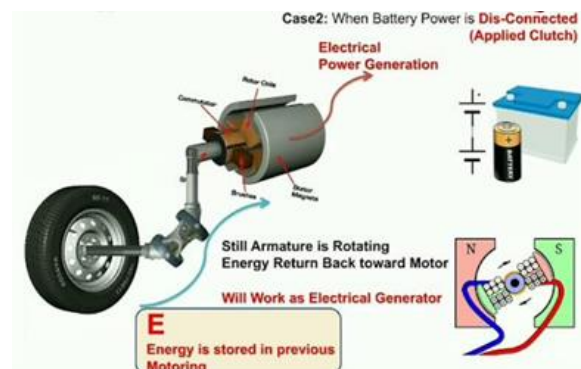


Figura 1: Freno Regenerativo en HV [10].

### 2.4.1 Partes freno regenerativo

**Motor-Generador 2 (MG2):** Durante la operación de un vehículo híbrido, el motor eléctrico MG2 desempeña un papel esencial en la recuperación de energía y la carga de las baterías. Cumple esta función tanto durante la marcha del motor térmico como durante las situaciones de frenado o reducción de velocidad.

Específicamente, cuando se produce una frenada, el MG2 se activa como freno regenerativo, lo que significa que aprovecha la

energía cinética del vehículo y la convierte en energía eléctrica para cargar las baterías. En este escenario, si el pedal de freno se presiona suavemente, los frenos hidráulicos de disco no entran en acción, y es el motor eléctrico MG2 el encargado de frenar el vehículo. Durante este proceso, el MG2 funciona como un generador y utiliza los frenos hidráulicos para completar la detención final del vehículo.

**ECU Híbrida:** El sistema de control del vehículo híbrido desempeña un papel crucial al coordinar la interacción entre el frenado hidráulico y el freno regenerativo. En este sistema, se prioriza el uso del freno regenerativo al pisar el pedal de freno. Esta estrategia permite la recuperación de energía incluso a velocidades más bajas, lo que resulta en una regeneración de energía altamente eficiente en el vehículo híbrido. El sistema de control del vehículo garantiza que se aproveche al máximo el potencial del freno regenerativo para optimizar la eficiencia en el uso de energía y disminuir el consumo de combustible.

### 3. Materiales y Métodos

En este estudio, se empleó una metodología que combina el uso de un escáner o dispositivo de diagnóstico compatible con el vehículo híbrido y la realización de mediciones directas para obtener datos precisos sobre el consumo eléctrico de los distintos accesorios del vehículo. El propósito principal fue determinar el consumo energético específico de cada accesorio y examinar cómo se relaciona con la capacidad total de la batería de alta tensión.

#### 3.1. Selección del vehículo híbrido:

Para realizar el estudio se eligió un vehículo híbrido Toyota Corolla HV 1.8 ecvt perteneciente a la carrera de ingeniería automotriz como objeto de estudio. En la tabla 1 se puede observar las especificaciones técnicas del vehículo.

**Tabla 1.** Ficha técnica Toyota Corolla Hybrid

Toyota Corolla E210 Sedan 1.8 Hybrid Motor Datos Técnicos	
Motor :	En línea 4
Código del Motor :	-
Combustible :	Híbrido / Gasolina
Alimentación :	Multipoint Injection
Situación :	Transversal
Posición del Motor :	Delantero
Cilindrada :	1798 cm <sup>3</sup> / 109.7 cu-in
Diámetro x Carrera :	80.5 x 88.3 mm 3.17 x 3.48 inches
Válvulas :	16 Válvulas
Sobrealimentación :	-
Relación de Compresión :	13.0
Potencia :	98 PS / 97 HP / 72 kW @ 5200 rpm
Par máximo :	142 Nm / 104 lb-ft @ 3600 rpm
Tracción :	FWD
Caja de Cambios :	1 velocidades Auto CVT

Este vehículo está constituido con un motor de gasolina de 1.8 litros en configuración Atkinson, que genera una potencia de 98 caballos de fuerza (hp). Además, cuenta con un motor eléctrico de 72 hp, lo que da como resultado una potencia combinada de 122 hp. La transmisión del vehículo es una caja de cambios sin levas, que permite un funcionamiento eficiente y suave. Este vehículo híbrido está equipado con un sistema de propulsión que combina un motor de combustión interna con un motor eléctrico.[22]

En la figura 2 se muestra el automóvil seleccionado para el estudio:



**Figura 2.** Toyota Corolla

En la Tabla 2 se detalla datos de la batería híbrida:

**Tabla 2.** Datos batería híbrida [10]

Tipo	Níquel Metal hidruro (Ni-HM)
Tensión	7.2 V/modulo
Capacidad	6.5Ah
Descarga	6V
Cantidad de módulos	28
Tensión total	201.6 V
Corriente de carga	1.34 A a 3.25A
Corriente máxima de Carga	6.5A
Resistencia interna	2.21Ω

### 3.2. Instrumentos de medición usados para la adquisición de datos:

#### 3.2.1 Multímetro

El multímetro que se utilizó para realizar mediciones es el multímetro automotriz de la marca OTC modelo 3980 serie 750 cuyas especificaciones son las siguientes:

- Frecuencia: 10 Hz ~ 10MHz
- RPM (Prueba directa con cables): 0 – 10000
- RPM (Con captador de RPM): 0 – 10000
- Angulo de REPOSO: 0 – 360° (1 – 12 cil.)
- Ciclo de Trabajo: 0.1% - 99.9%
- Ancho de Pulso, ms (negativo): 1 – 999ms
- Temperatura: -50°C a 400°C
- Tensión de CC: 400mV/4V/40V/400V/1000V
- Tensión de CA: 400Mv/4V/40V/400V/750V TRMS
- Corriente Continua (CC): 400μA/4000μA/40mA/400mA/4A/10<sup>a</sup>
- Corriente Alterna (CA): 400μA/4000μA/40mA/400mA/4A/10A TRMS
- Resistencia: 400Ω/4kΩ/40kΩ/400kΩ/4MΩ/40MΩ
- Capacidad: 4nF/400nF/4μF/40μF/400μF/4000μF

La figura 3 muestra el multímetro en cuestión utilizado para el estudio.



**Figura 3.** Multímetro Automotriz

#### 3.2.2. Escáner automotriz

Para la lectura y toma de datos se eligió el escáner automotriz de la marca Launch modelo X.431 pro ya que permite grabar y exportar los datos en formato Excel facilitando la toma de datos.

En la figura 4 muestra las especificaciones del escáner automotriz.

SO	Android 10.0	Almacenamiento	64GB
CPU	2,0 GHz de 4 núcleos	Cámara Trasera	8 megapíxeles
Memoria	4G	Dimensión (mm)	234 * 166 * 39,5
Pantalla (mm)	8" (1280 * 800)	Batería	47,88Wh (7,6V/6300Mh)
Wi-Fi	2,4 & 5GHz		

**Figura 4.** Especificaciones del escáner automotriz

En la figura 5 se muestra el escáner seleccionado para el estudio.



**Figura 5.** Escáner Automotriz Launch

#### 3.2.3. OBD MX

Para complementar la toma de datos se utilizó un adaptador bluetooth OBD de la marca OBDLink modelo MX+ para que, mediante una

aplicación móvil, corroborar los datos obtenidos mediante el escáner automotriz. La figura 6 muestra el adaptador OBD utilizado para el análisis.



Figura 4: OBD MX

La figura 7 muestra la aplicación móvil Hybrid Assistant.

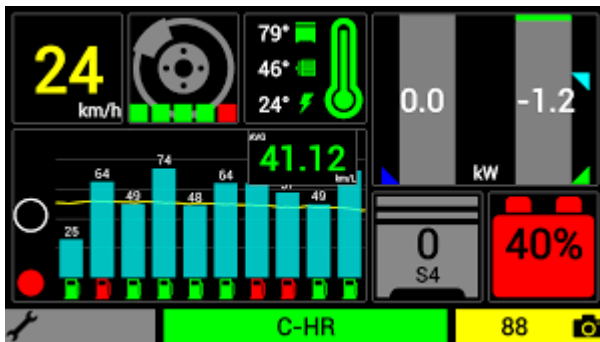


Figura 7. Aplicación Hybrid Assistant

### 3.3. Metodología

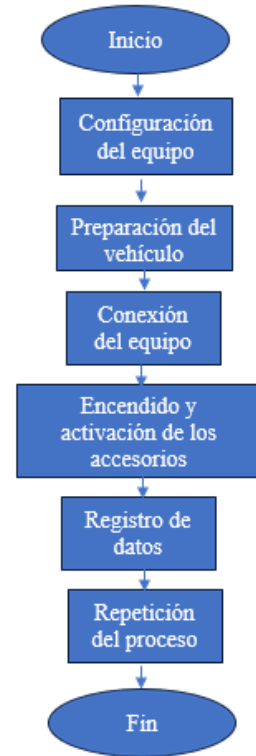


Figura 8: Protocolo de muestreo

Para garantizar una evaluación exhaustiva del consumo eléctrico del vehículo en condiciones estáticas, se establecieron escenarios de prueba que abarcaban una amplia variedad de condiciones y funciones del vehículo. Estos escenarios incluyeron la activación y desactivación de luces, la configuración del aire acondicionado y la evaluación de diferentes características del sistema de audio.

Con el objetivo de obtener resultados confiables y representativos, se determinó realizar un mínimo de tres repeticiones de cada escenario de prueba. Esta decisión permitió asegurar la consistencia y precisión de los resultados al evaluar la variabilidad inherente y confirmar la reproducibilidad de los datos obtenidos.[28]

Durante cada repetición de los escenarios de prueba, se llevaron a cabo mediciones precisas del consumo eléctrico utilizando equipos de medición calibrados y confiables. Se registraron sistemáticamente los valores iniciales y finales de energía consumida en cada escenario, además de otros datos relevantes como la duración de la prueba[29].

Una vez recopilados los datos de consumo eléctrico en los diferentes escenarios de prueba, se procedió al análisis de estos. Este análisis se realizó aplicando técnicas estadísticas

apropiadas, como el cálculo de promedios, desviaciones estándar y otras medidas pertinentes. Estas técnicas permitieron obtener conclusiones significativas sobre el consumo eléctrico del vehículo en condiciones estáticas, proporcionando una comprensión detallada del comportamiento y la eficiencia energética en relación con las diferentes funciones evaluadas[30].

### 3.4. Medición:

Antes de cada sesión de medición, se llevó a cabo una rigurosa verificación y calibración del medidor de energía y escáner automotriz para asegurar su precisión y confiabilidad en la medición de los accesorios del vehículo. Durante las pruebas estáticas, nos enfocamos en evaluar el consumo eléctrico de los accesorios como la calefacción, las luces y desempañador.

**Tabla 3.** Accesorios por analizar

ELEMENTO	IMAGEN
Calefacción y aire acondicionado	 <b>Figura 5.</b> Sistema de calefacción
Sistema de luces	 <b>Figura 6.</b> Sistema de Luces
Desempañador	 <b>Figura 7.</b> Desempañador

### 3.5 Determinación del consumo energético para cada accesorio

$$E(acc) = P(acc) * T * \frac{SOC}{CBateria}$$

**Ecuación 1:** Consumo energético del accesorio

E(acc): Consumo energético

P(acc): Potencia del accesorio

T: Tiempo de uso

SOC: Nivel de energía almacenada en la batería

CBateria: Capacidad total de la batería

### 3.5.1 Determinación de potencia de cada accesorio

$$P(acc) = V * I * T$$

**Ecuación 2:** Potencia del accesorio

P(acc): Potencia

V: Voltaje

I: Corriente

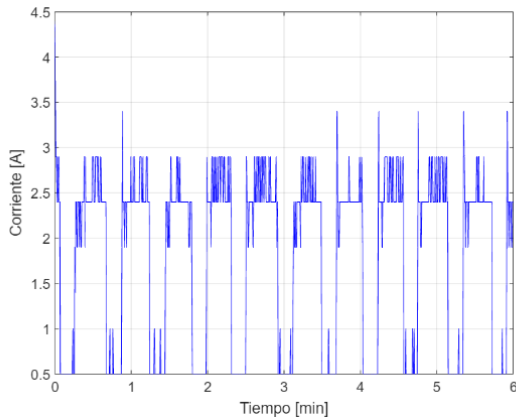
T: Tiempo

## 4. Resultados

Para la obtención de datos se realizaron 3 pruebas a los diferentes componentes del vehículo con el afán de obtener un valor promedio para el análisis, después de todas las pruebas realizadas en el vehículo se obtienen los siguientes resultados.

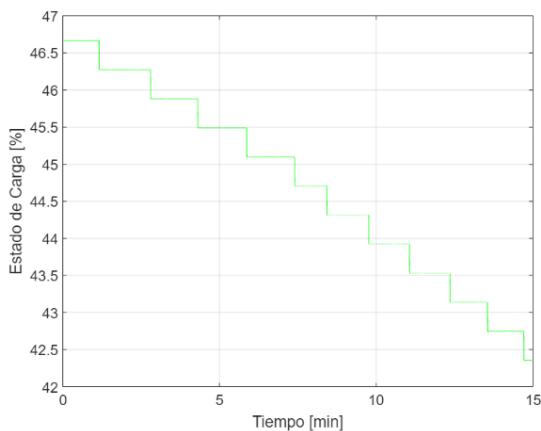
### 4.1.1 Prueba de aire acondicionado a velocidad baja

Como se observa en la figura 12, se puede apreciar el consumo promedio del aire acondicionado a velocidad baja, manteniéndose de forma promedio en 2,7 A.



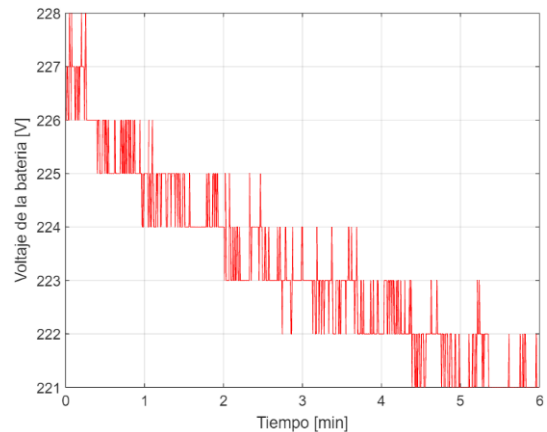
**Figura 12.** Corriente prueba del A/C

De acuerdo con lo que se muestra en la figura 13, durante las pruebas realizadas a baja velocidad del aire acondicionado, se observó una disminución del estado de carga que se mantuvo constante a lo largo de toda la prueba. El nivel de carga inicial fue de 46,65%, descendiendo hasta un 42,4% antes de que el bloque de celdas de alta tensión comenzara a cargarse nuevamente.



**Figura 13.** Estado de carga de la batería prueba del A/C

Al mismo tiempo se puede observar en la figura 14 como el voltaje de la batería va reduciendo durante las pruebas iniciando en 228 V reduciendo hasta los 213 V antes de que comience la carga.



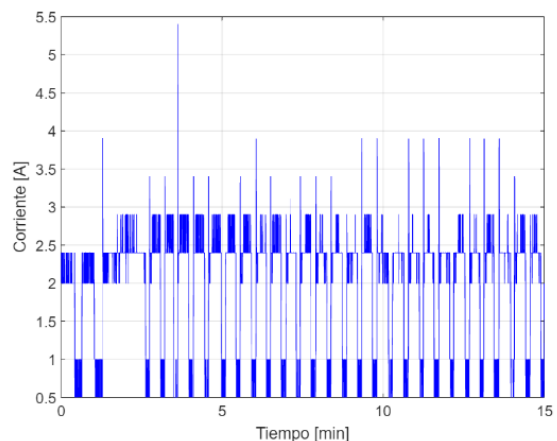
**Figura 14** Voltaje de la batería prueba del A/C low

$$\begin{aligned}
 \text{Potencia } i &= 225V * 3.4A \\
 \text{Potencia } f &= 213V * 3.4A \\
 P(\text{acc}) &= (225V * 3.4A) - (213V * 3.4A) \\
 P(\text{acc}) &= 40.8W \\
 E(\text{acc}) &= 40.8W * 0.25h * 41.7/100 \\
 E(\text{acc}) &= 4.2534 Wh
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el consumo energético del accesorio durante los 15 minutos, teniendo en cuenta el estado de carga 41.7%, es de aproximadamente 4.2534 Wh.

#### 4.1.2 Pruebas a velocidad media

En la figura 15 se muestra la corriente del aire acondicionado en prueba de velocidad media. Durante las pruebas a velocidad media el consumo generado por el aire acondicionado manteniéndose un consumo entre los 2,7 y los 3,5 A teniendo picos cercanos a los 4 A.

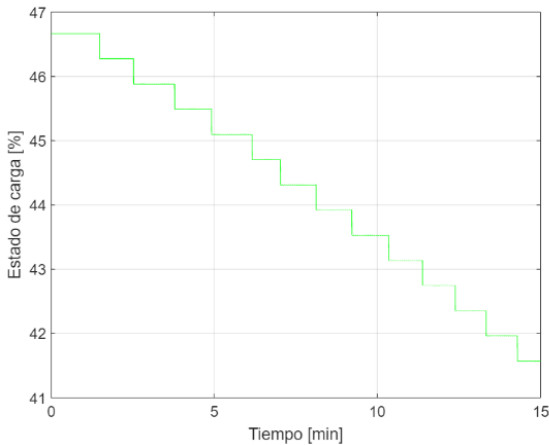


**Figura 15** Corriente prueba del A/C a velocidad media



En la figura 16 se muestra el estado de carga a velocidad media en pruebas del aire acondicionado a media carga.

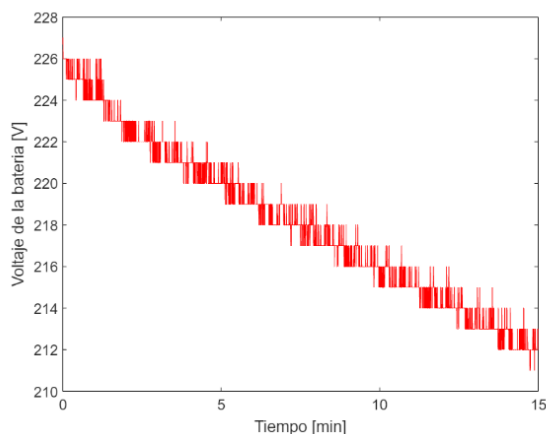
Se puede apreciar como el estado de carga se ve afectado con el aumento de velocidad del aire acondicionado siendo que este reduce más rápido a lo largo de toda la prueba.



**Figura 16.** Estado de carga a velocidad media prueba del A/C

En la figura 17 se muestra el voltaje a velocidad media en pruebas del aire acondicionado a media carga.

De igual manera la batería de alta tensión se ve afectada descargándose más rápido a medida que aumenta la carga que produce al aire acondicionado.



**Figura 17** Voltaje de la batería prueba a velocidad media del A/C

$$\begin{aligned}
 \text{Potencia } i &= 225V * 3.7A \\
 \text{Potencia } f &= 212V * 3.7A \\
 P(\text{acc}) &= (225V * 3.7A) - (212V * 3.7A)
 \end{aligned}$$

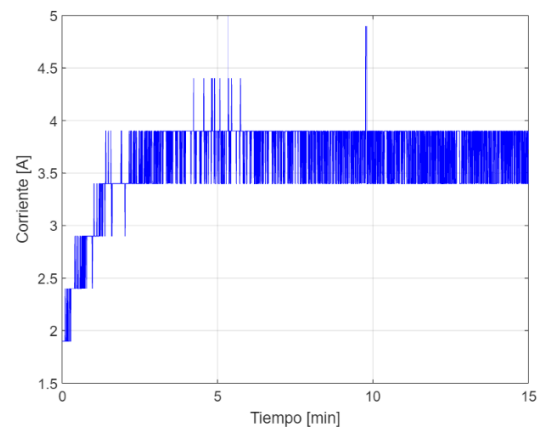
$$\begin{aligned}
 P(\text{acc}) &= 48.1W \\
 E(\text{acc}) &= 48.1W * 0.25h * 41.5/100 \\
 E(\text{acc}) &= 4.9903 Wh
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el consumo energético del accesorio durante los 15 minutos, teniendo en cuenta el estado de carga de la batería del 41.5%, es de aproximadamente 4.9903 Wh.

#### 4.1.3 Prueba a velocidad máxima del A/C

En la figura 18 se muestra la corriente al ejecutar las pruebas de aire acondicionado a máxima carga.

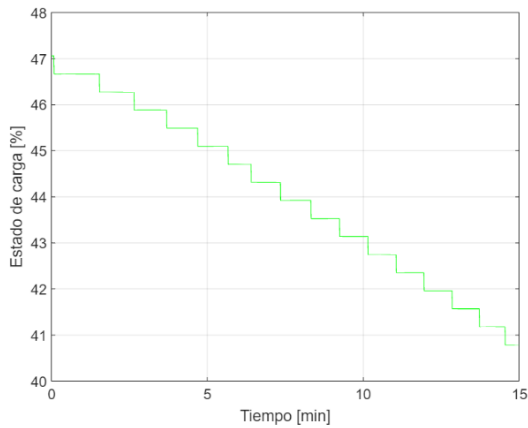
En las pruebas a máxima velocidad se puede observar como el consumo del aire acondicionado se eleva hasta los 3,9 A teniendo picos cercanos a los 4,5 A siendo el consumo máximo que tiene el aire acondicionado.



**Figura 18.** Corriente prueba del A/C a máxima velocidad.

En la figura 19 se muestra el estado de carga al ejecutar las pruebas de aire acondicionado a máxima carga.

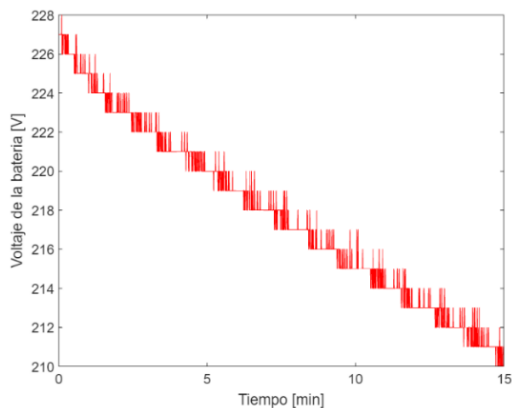
También el estado de carga de las baterías se ve reducido drásticamente viéndose reducido de forma más rápida.



**Figura 19.** Estado de carga prueba de A/C a máxima velocidad

En la figura 20 se muestra el voltaje al ejecutar las pruebas de aire acondicionado a máxima carga.

Durante la carga máxima provocada por el aire acondicionado a máxima velocidad podemos observar como la batería reduce su carga de manera drástica.



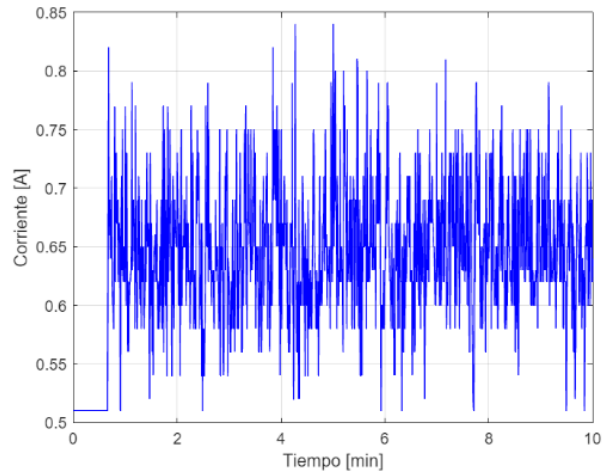
**Figura 20.** Voltaje de la batería prueba de A/C a máxima velocidad

$$\begin{aligned}
 \text{Potencia } i &= 227V * 3.9A \\
 \text{Potencia } f &= 210V * 3.9A \\
 P(\text{acc}) &= (227V * 3.9A) - (210V * 3.9A) \\
 P(\text{acc}) &= 66.3 W \\
 P(\text{act}) &= 16.07 KWh \\
 E(\text{acc}) &= 66.3 W * 0.25h * 41.8/100 \\
 E(\text{acc}) &= 6.9283 Wh
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el consumo energético del accesorio durante los 15 minutos, teniendo en cuenta el estado de carga de la batería del 46.8%, es de aproximadamente 6.9283 Wh.

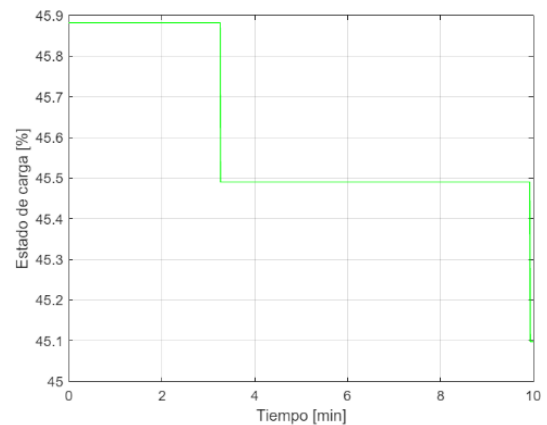
#### 4.2.1 Prueba de Luces medias

En la figura 21 se muestra la corriente en las pruebas de luces.



**Figura 21.** Corriente prueba de luces medias

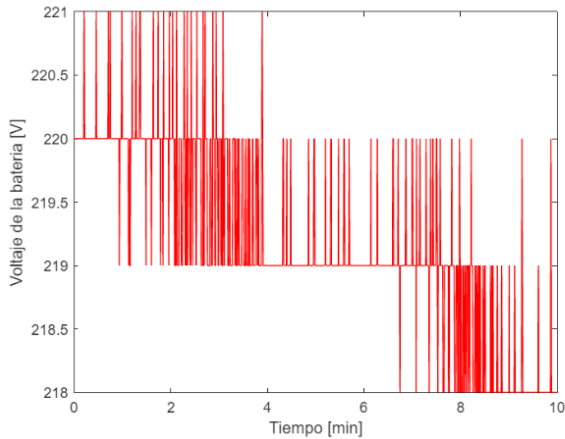
En la figura 22 se muestra el estado de carga en las pruebas de luces.



**Figura 22.** Estado de Carga prueba luces medias

En la figura 23 se muestra el voltaje en las pruebas de luces.

En la prueba de luces se puede observar como el consumo no excede más allá de 1 A al igual que el estado de carga de disminuye de forma considerable de la misma forma en el voltaje en las baterías.



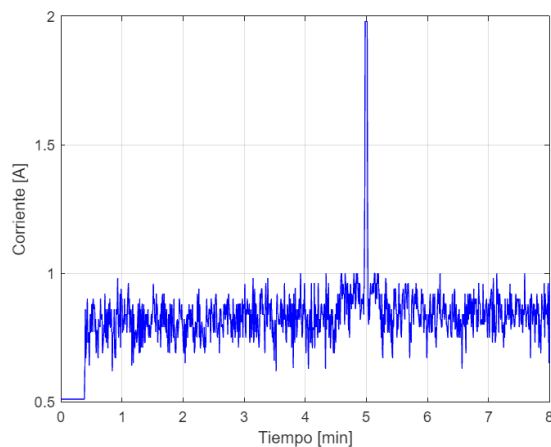
**Figura 23.** Voltaje de batería prueba de luces medias

$$\begin{aligned}
 \text{Potencia } i &= 214V * 0.85A \\
 \text{Potencia } f &= 210V * 0.85A \\
 P(\text{acc}) &= (221V * 0.85A) - (218V * 0.85A) \\
 P(\text{acc}) &= 2.55 W \\
 E(\text{acc}) &= 2.55W * 0.1333h * 45.5/100 \\
 E(\text{acc}) &= 0.1545 Wh.
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el consumo energético del accesorio durante los 8 minutos, teniendo en cuenta el estado de carga de la batería del 45.89%, es de aproximadamente 0.1545 Wh.

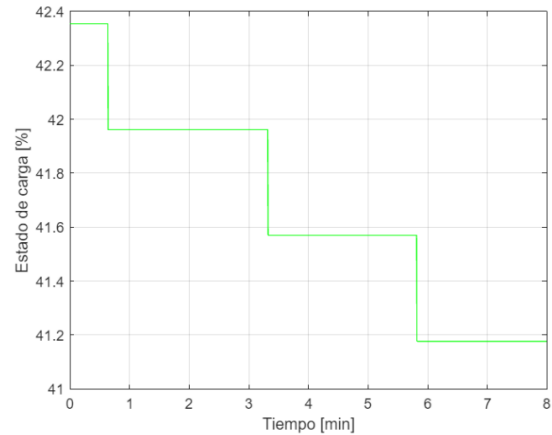
#### 4.2.2 Prueba luces altas

En la figura 24 se muestra la corriente en las pruebas de luces altas.



**Figura 24** Corriente en prueba de luces altas

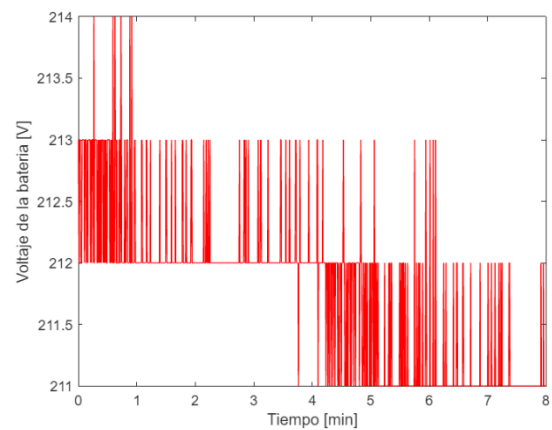
En la figura 25 se muestra el estado de carga en las pruebas de luces altas.



**Figura 25.** Estado de Carga en prueba de luces altas

En la figura 26 se muestra el voltaje en las pruebas de luces altas.

De igual manera en las luces altas no existe un consumo muy elevado de corriente manteniendo un consumo que ni excede el 1 A, aunque en la gráfica se puede observar un pico de un amperio este es debido a un cambio de luces, de igual manera el estado de carga y el voltaje en la batería híbrida no caen de forma rápida.



**Figura 26.** Voltaje en prueba de luces altas

$$\begin{aligned}
 \text{Potencia } i &= 214V * 1A \\
 \text{Potencia } f &= 211V * 1A \\
 P(\text{acc}) &= (214V * 1A) - (211V * 1A) \\
 P(\text{acc}) &= 3W \\
 E(\text{acc}) &= 3W * 0.1333h * 41/100 \\
 E(\text{acc}) &= 0.164 Wh
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el consumo energético del accesorio durante los 8 minutos, teniendo en

cuenta el estado de carga de la batería del 42%, es de aproximadamente 0.164 Wh.

### 4.3 Prueba del desempañador

En la figura 27 se muestra la corriente con pruebas en el desempañador.

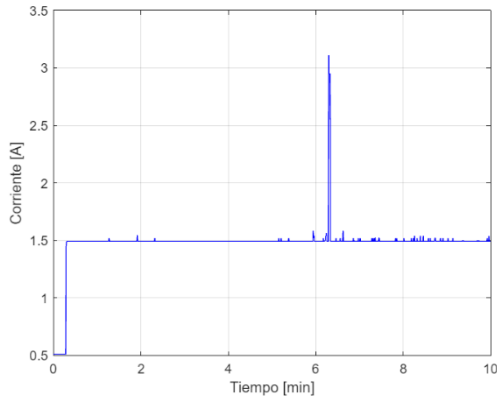


Figura 27. Corriente con prueba del desempañador

En la figura 28 se muestra el estado de carga en las pruebas de luces altas.

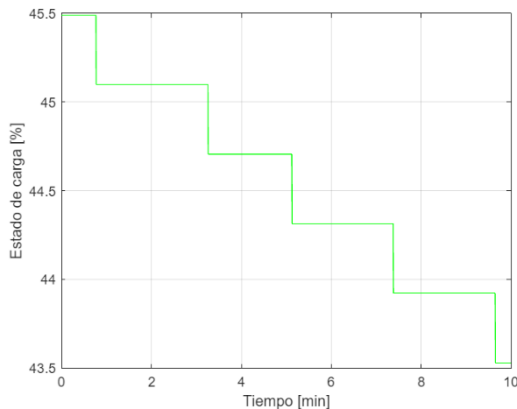


Figura 28. Estado de carga con prueba del desempañador

En la figura 29 se el voltaje en las pruebas de luces altas.

El desempañador al igual que las luces no tienen mucha incidencia en el consumo pues existe un consumo de 1.5 A, de igual manera el estado de carga no cae rápidamente con su uso.

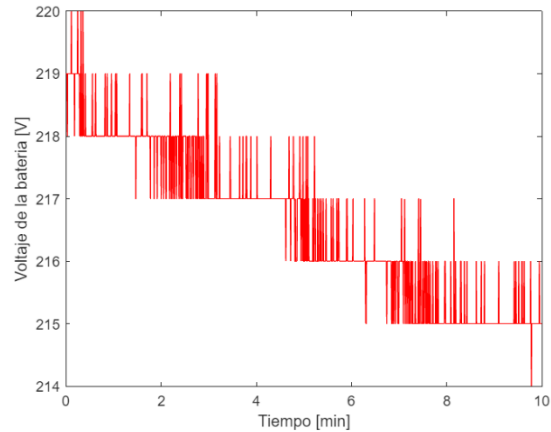


Figura 29. Voltaje de batería con prueba del desempañador

$$\begin{aligned}
 \text{Potencia } i &= 220V * 1.5A \\
 \text{Potencia } f &= 215V * 1.5A \\
 P(\text{acc}) &= (220V * 1.5A) - (215V * 1.5A) \\
 P(\text{acc}) &= 7.5 W \\
 E(\text{acc}) &= 7.5W * 0.1667h * 43.5/100 \\
 E(\text{acc}) &= 0.54375 Wh
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el consumo energético del accesorio durante los 10 minutos, teniendo en cuenta el estado de carga de la batería del 45.5%, es de aproximadamente 0.54375 Wh.

### 4.4 Prueba de todos los accesorios

En la figura 30 se muestra la corriente en las pruebas con todos los accesorios.

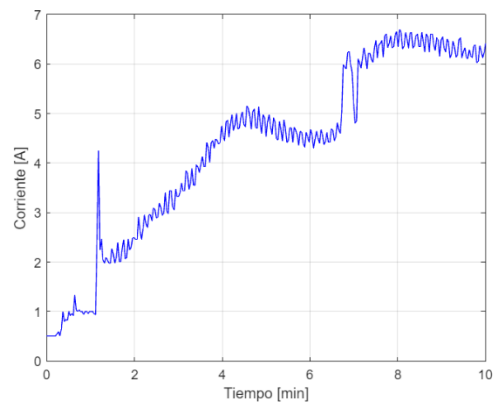
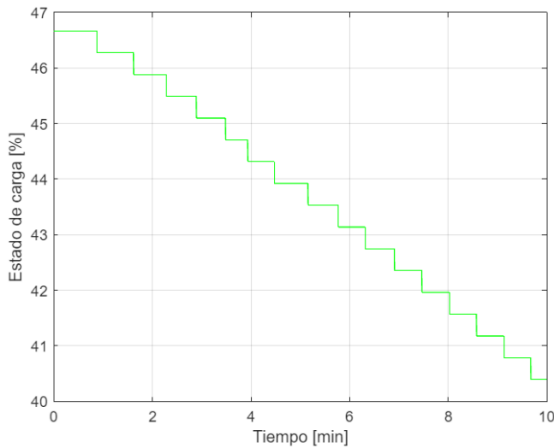


Figura 30. Corriente en prueba de los accesorios

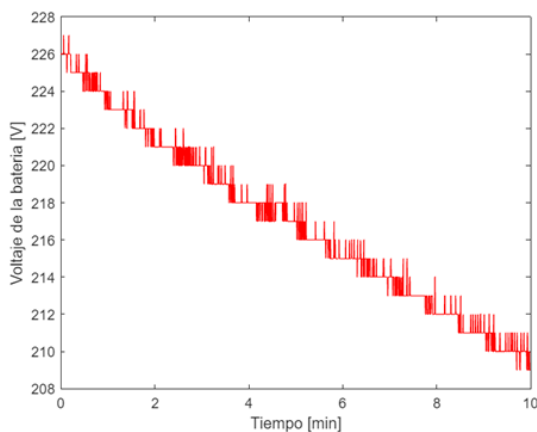
En la figura 31 se muestra el estado de carga en las pruebas con todos los accesorios.



**Figura 31.** Estado de Carga en prueba de los accesorios

En la figura 32 se muestra el voltaje en las pruebas con todos los accesorios.

Como se puede observar con todos los accesorios encendidos provocan un consumo cercano a los 7 A provocando un descenso en el estado de carga y el voltaje de las baterías de forma muy drástica y considerable provocando que los intervalos de carga de las baterías sean mayores.



**Figura 32.** Voltaje de la Batería prueba de los accesorios

$$\begin{aligned}
 \text{Potencia } i &= 228V * 7A \\
 \text{Potencia } f &= 210V * 7A \\
 P(\text{acc}) &= (228V * 7A) - (210V * 7A) \\
 P(\text{acc}) &= 126W \\
 E(\text{acc}) &= 35W * 0.1667h * 40.5/100 \\
 E(\text{acc}) &= 8.5067 Wh
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el consumo energético del accesorio durante los 10 minutos, teniendo en

cuenta el estado de carga de la batería del 46,8 %, es de aproximadamente 8.5067 Wh.

## 5. Análisis de Resultados y Discusión

### 5.1 Consumo Energético

En este análisis, se evaluará el consumo de energía de los diferentes accesorios del vehículo, teniendo en cuenta la potencia eléctrica que cada uno requiere para su funcionamiento. Además, se registrará el SOC de la batería al concluir cada prueba, lo que permitirá evaluar el impacto de cada accesorio en la carga de la batería.

Para obtener resultados significativos, se escogerá la prueba de cada accesorio en la que se observe una mayor afectación en términos de consumo de energía y descarga de la batería. Esto ayudará a identificar los accesorios que tienen un mayor impacto en el consumo total de energía del vehículo y, por ende, en la vida útil de la batería.

#### Para el Aire Acondicionado:

Se consideraron diversos parámetros para analizar el desempeño de los accesorios en relación con la batería del vehículo. Se registraron los valores de voltaje inicial y final durante cada prueba con el fin de calcular la potencia generada por cada accesorio en cada instancia. Además, se tomó en cuenta el Estado de Carga (SOC) inicial de la batería al inicio de las mediciones.

$$\begin{aligned}
 \text{Potencia } i &= 227V * 3.9A \\
 \text{Potencia } f &= 210V * 3.9A \\
 P(\text{acc}) &= (227V * 3.9A) - (210V * 3.9A) \\
 P(\text{acc}) &= 66.3 W \\
 P(\text{acct}) &= 16.07 KWh \\
 E(\text{acc}) &= 66.3 W * 0.25h * 41.8/100 \\
 E(\text{acc}) &= 6.9283 Wh
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el consumo energético del accesorio durante los 15 minutos, teniendo en cuenta el estado de carga de la batería del 46.8%, es de aproximadamente 6.9283 Wh.

### Para el Sistema de Luces:

$$Potencia i = 214V * 1A$$

$$Potencia f = 211V * 1A$$

$$P(acc) = (214V * 1A) - (211V * 1A)$$

$$P(acc) = 3W$$

$$E(acc) = 3W * 0.1333h * 41/100$$

$$E(acc) = 0.164 Wh$$

Por lo tanto, el consumo energético del accesorio durante los 8 minutos, teniendo en cuenta el estado de carga de la batería del 42%, es de aproximadamente 0.164 Wh.

### Para el Desempeñador:

$$Potencia i = 220V * 1.5A$$

$$Potencia f = 215V * 1.5A$$

$$P(acc) = (220V * 1.5A) - (215V * 1.5A)$$

$$P(acc) = 7.5 W$$

$$E(acc) = 7.5W * 0.1667h * 43.5/100$$

$$E(acc) = 0.54375 Wh$$

Por lo tanto, el consumo energético del accesorio durante los 10 minutos, teniendo en cuenta el estado de carga de la batería del 45.5%, es de aproximadamente 0.54375 Wh.

### Para todos los accesorios:

$$Potencia i = 228V * 7A$$

$$Potencia f = 210V * 7A$$

$$P(acc) = (228V * 7A) - (210V * 7A)$$

$$P(acc) = 126W$$

$$E(acc) = 35W * 0.1667h * 40.5/100$$

$$E(acc) = 8.5067 Wh$$

Por lo tanto, el consumo energético del accesorio durante los 10 minutos, teniendo en cuenta el estado de carga de la batería del 46,8 %, es de aproximadamente 8.5067 Wh.

Para obtener mediciones precisas, se tuvo en cuenta el transcurso del tiempo durante cada prueba, lo cual permitió calcular el consumo de energía de manera más exacta. Es importante destacar que se emplearon diferentes intervalos de tiempo para la toma

de datos en cada prueba, debido a que la batería de alta tensión era recargada cuando mostraba signos de descarga. Asimismo, se consideró adecuado acortar el tiempo de pruebas en algunos consumidores, dado que las variaciones de consumo en relación con la batería eran poco significativas.

Estos criterios de medición se aplicaron para evaluar de manera rigurosa el rendimiento de los accesorios y su impacto en la batería del vehículo. Los resultados obtenidos a partir de este enfoque proporcionan una visión más precisa y detallada sobre el consumo energético de los accesorios, permitiendo identificar aquellos que tienen una mayor influencia en la carga de la batería.

## 6. Conclusiones

Tras realizar un minucioso análisis energético de los componentes del vehículo híbrido Toyota Corolla HV 2020 1.8 SEG eCVT, se ha determinado que el aire acondicionado es el accesorio que tiene el mayor impacto en el consumo energético, con valores máximos registrados entre 4.98 Wh y 6.71 Wh. Además, se ha comprobado que el uso del aire acondicionado en el vehículo estático genera un consumo de potencia significativo, alcanzando los 16.07 kWh.

Durante las pruebas estáticas, se ha observado que el estado de carga de la batería (SOC) alcanza su nivel máximo, llegando hasta un 47%, cuando el vehículo se encuentra inmóvil. Esto indica que el uso de los accesorios eléctricos en este estado puede tener un mayor impacto en el consumo de energía.

En base a los resultados obtenidos, se recomienda limitar el uso simultáneo de más de 3 accesorios en el vehículo híbrido cuando se encuentra en estado estático. Esta recomendación tiene como objetivo reducir los ciclos de carga y descarga de la batería, con el fin de prolongar su vida útil y optimizar su rendimiento.

Además, se destaca la importancia de seleccionar y utilizar los accesorios de manera secuencial y moderada, evitando el funcionamiento simultáneo de múltiples consumidores de alta demanda. Asimismo, se recomienda mantener el estado de carga de la batería dentro de un rango adecuado para garantizar un rendimiento óptimo del sistema híbrido.

Al seguir estas recomendaciones, los conductores podrán maximizar la eficiencia energética, incrementar la autonomía eléctrica y contribuir a la sostenibilidad ambiental al reducir el consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes.

## Referencias

- [1] J. Park, J. An, K. Han, H. S. Choi, and I. Seouk Park, "Enhancement of cooling performance in traction motor of electric vehicle using direct slot cooling method," *Appl Therm Eng*, vol. 217, nov. 2022, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2022.119082.
- [2] I. Croce, G. Musolino, C. Rindone, and A. Vitetta, "Energy consumption of electric vehicles: Models' estimation using big data (FCD)," in *Transportation Research Procedia*, Elsevier B.V., 2020, pp. 211–218. doi: 10.1016/j.trpro.2020.03.091.
- [3] M. Mądział and T. Campisi, "Energy Consumption of Electric Vehicles: Analysis of Selected Parameters Based on Created Database," *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 3, Feb. 2023, doi: 10.3390/en16031437.
- [4] Javier Andrés Moreno Martínez, "Estimación del consumo energético en vehículos eléctricos," *Universidad de los Andes*, pp. 15–29, 2015.
- [5] Z. Li et al., "Loss analysis of high-speed permanent magnet motor based on energy saving and emission reduction," *Energy Reports*, vol. 9, pp. 2379–2394, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.egy.2023.01.053.
- [6] H. Mediouni, A. Ezzouhri, Z. Charouh, K. El Harouri, S. El Hani, and M. Ghogho, "Energy Consumption Prediction and Analysis for Electric Vehicles: A Hybrid Approach," *Energies (Basel)*, vol. 15, no. 17, Sep. 2022, doi: 10.3390/en15176490.
- [7] R. E. Macdougall, J. D. Bertolino, K. L. Roddenby, and E. T. Algerb, "Lab Testing of Battery Charge Management Systems for Electric and Hybrid Electric Vehicle Battery Packs to Evaluate Cycle Life Improvement," 1998.
- [8] J. Enrique and A. García, "Diseño, implementación y análisis de un prototipo de vehículo híbrido", *Escuela Superior Politécnica del Litoral*, 2006.
- [9] Y. Hua, Z. Jin, P. Liu, and L. Zhang, "Research on control method of hybrid electric vehicle considering air conditioning power," in *2020 4th CAA International Conference on Vehicular Control and Intelligence, CVCi 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Dec. 2020, pp. 300–304. doi:10.1109/CVCi51460.2020.9338553.
- [10] C. Ivan, G. Stalin and T. Benavides, "Análisis económico del consumo energético de un vehículo híbrido al movilizarse dentro del distrito metropolitano de Quito", *Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito*, 2022.
- [11] C. Fiori, K. Ahn, and H. A. Rakha, "Microscopic series plug-in hybrid electric vehicle energy consumption model: Model development and validation," *Transp Res D Transp Environ*, vol. 63, pp. 175–185, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.trd.2018.04.022.

- [12]J. Mamala, M. Graba, A. Bieniek, K. Praznowski, A. Augustynowicz, and M. Śmieja, “Study of energy consumption of a hybrid vehicle in real-world conditions,” *Eksploatacja i Inżynieria Mechaniczna i Elektryczna Azcapotzalco*, vol. 23, no. 4, pp. 636–645, 2021, doi: 10.17531/ein.2021.4.6.
- [13]Hao Ying, Zhenpo Wang, Yang Li, Electric Vehicles in Romania, “Voltage fault diagnosis of power batteries base don Boxplots and Gini Impurity”,Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019 Electric Vehicles International Conference (EV): Icpce Solar Park, Bucharest, Romania, October 3-4, 2019.
- [14]M. Weiss, K. C. Cloos, and E. Helmers, “Energy efficiency trade-offs in small to large electric vehicles,” *Environ Sci Eur*, vol. 32, no. 1, Dec. 2020, doi: 10.1186/s12302-020-00307-8.
- [15]X. Wu, D. Freese, A. Cabrera, and W. A. Kitch, “Electric vehicles’ energy consumption measurement and estimation,” *Transp Res D Transp Environ*, vol. 34, pp. 52–67, Jan. 2015, doi: 10.1016/j.trd.2014.10.007.
- [16]I. Miri, A. Fotouhi, and N. Ewin, “Electric vehicle energy consumption modelling and estimation—A case study,” *Int J Energy Res*, vol. 45, no. 1, pp. 501–520, Jan. 2021, doi: 10.1002/er.5700.
- [17]R. Dauphin et al., “Evaluation of plug-in hybrid vehicles in real-world conditions by simulation,” *Transp Res D Transp Environ*, vol. 119, p. 103721, jun. 2023, doi: 10.1016/j.trd.2023.103721.
- [18]N. Li, J. Zhang, S. Zhang, X. Hou, and Y. Liu, “The influence of accessory energy consumption on evaluation method of braking energy recovery contribution rate,” *Energy Convers Manag*, vol. 166, pp. 545–555, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2018.04.040.
- [19] I. Abel, Q. Andrés, and H. Carlos, “Proyecto de una línea de accesorios en automóviles nuevos”, Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y eléctrica Azcapotzalco.”
- [20]R. José Luis, Vazquez Luis, “Departamento de ciencias de la energía mecánica Carrera de Ingeniería Automotriz” Trabajo de Titulación, Previo a la obtención del título, ESPE Universidad de las fuerzas armadas,2018.
- [21]L. Luis and Q. Hermel, “Análisis de la influencia que tiene el grado de pendiente de las vías en la autonomía del vehículo eléctrico mediante análisis experimental”, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2018.
- [22]T. Wilberforce, A. Anser, J. A. Swamy, and R. Opoku, “An investigation into hybrid energy storage system control and power distribution for hybrid electric vehicles,” *Energy*, vol. 279, p. 127804, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.energy.2023.127804.
- [23]Ch. Cho, G. Kim, W. Lee, The development of fan energy efficient heating system for electric vehicules, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2016 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific : (ITEC Asia-pacific) : June 1-4, 2016, BEXCO, Busan, Korea.
- [24]P. Donal, R. Lynn, J.Robert, “An Assessment of Accesory Loads in a Hybrid Electric Vehicule”,IEEE Staff and IEEE Staff, 2011 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference.
- [25]I. Carlo, N. Enrico, L. Steffano, “New Climate control units for more energy efficient electric vehicules”, Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Industry Applications Society, and IEEE Power & Energy Society, 2017 Twelfth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER).
- [26]Y. Hua, Z. Jin, P. Liu, and L. Zhang, “Research on control method of hybrid electric vehicle



considering air conditioning power,” in 2020 4th CAA International Conference on Vehicular Control and Intelligence, CVCII 2020, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Dec. 2020, pp. 300–304. doi: 10.1109/CVCII51460.2020.9338553.

[27] X. Chen, J. Zhong, F. Sha, and Z. Zhong, “Research on innovative plug-in hybrid electric vehicle comprehensive energy consumption evaluation method based on statistic energy consumption,” *Sci Prog*, vol. 104, no. 4, 2021, doi: 10.1177/00368504211050284.

[28] Chang Hyung, Do Yun Kim, and Chun Yueng, “The Configuration of Electric Vehicule System using Isolated DC-DC for a Low-Voltage and High-Current,” *Article*, pp. 1–63, 2015.

[29] A. Tansini, J. Pavlovic, and G. Fontaras, “Quantifying the real-world CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption of modern plug-in hybrid vehicles,” *J Clean Prod*, vol. 362, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.132191.

[30] B. Jhonatan, T. Manuel, “Diseño e implementación de un sistema electrónico para el control de accesorios de la iluminación y monitoreo de un prototipo de vehículo eléctrico”, Departamento de ciencias de la energía y mecánica Carrera de Ingeniería Automotiz, ESPE Universidad de las fuerzas Armadas, 2019.”