



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA REQUERIDA EN
UNA TRAYECTORIA DETERMINADA PARA LA MOTO
ELÉCTRICA VENUS 2.0 CONSIDERANDO TOPOGRAFÍA Y EL
TRÁFICO DE LA CARRETERA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Eléctrico

**AUTORES: CRISTIAN FERNANDO AUQUILLA JARAMA
DARWIN DANIEL CAJAMARCA QUITUIZACA**
TUTORA: ING. NATALIA XIMENA GONZÁLEZ ÁLVAREZ, Mgt.

Cuenca - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Cristian Fernando Auquilla Jarama con documento de identificación N° 0105763270 y Darwin Daniel Cajamarca Quituzaca con documento de identificación N°0105976229, 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.

Cuenca, 26 de Agosto de 2024

Atentamente,



Cristian Fernando Auquilla Jarama

0105763270



Darwin Daniel Cajamarca Quituzaca

0105976229

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

Nosotros, Cristian Fernando Auquilla Jarama con documento de identificación N° 0105763270 y Darwin Daniel Cajamarca Quituzaca con documento de identificación N°0105976229 , expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Estimación de la demanda de energía requerida en una trayectoria determinada para la moto eléctrica Venus 2.0 considerando topografía y el tráfico de la carretera”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 26 de Agosto de 2024

Atentamente,

Cristian Fernando Auquilla Jarama

0105763270

Darwin Daniel Cajamarca Quituzaca

0105976229

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Natalia Ximena González Álvarez con documento de identificación N° 1205860974, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA REQUERIDA EN UNA TRAYECTORIA DETERMINADA PARA LA MOTO ELÉCTRICA VENUS 2.0 CONSIDERANDO TOPOGRAFÍA Y EL TRÁFICO DE LA CARRETERA”, realizado por Cristian Fernando Auquilla Jarama con documento de identificación N° 0105763270 y Darwin Daniel Cajamarca Quituzaca con documento de identificación N° 0105976229 , obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico con enfoque investigativo que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 26 de Agosto de 2024

Atentamente,



Ing. Natalia Ximena González Álvarez, Mgtr.

1205860974

AGRADECIMIENTO

Cristian Fernando Auquilla Jarama

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza y sabiduría para terminar mi proyecto de tesis, de la misma manera quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres por su apoyo incondicional durante todo este proceso. Su amor, paciencia y aliento constante han sido la base sobre la cual he construido mis logros.

Agradezco también a mi directora de tesis, la Ing. Natalia Gonzalez, por su inestimable apoyo, orientación y paciencia a lo largo de este proyecto. Su experiencia y consejos han sido fundamentales para la realización de esta investigación.

Darwin Daniel Cajamarca Quituzaca

Agradezco primero a Dios por darme la fortaleza para seguir adelante, también a mi familia que siempre estuvo conmigo en este proceso, en especial agradezco a mis Padres por ser el soporte de mi vida. También agradezco de antemano a mi directora de Tesis, que con su sabiduría y experiencia me supo guiar y apoyar en los momentos complicados del desarrollo de mi tesis.

DEDICATORIA

Cristian Fernando Auquilla Jarama

Dedico esta tesis con profundo cariño y gratitud a mis queridos papás Miguel y Elena, quienes con su amor incondicional, sabiduría y enseñanzas han sido una fuente constante de inspiración en mi vida. Su apoyo y sacrificio han sido fundamentales en cada paso de mi trayectoria académica.

Asimismo, a mis tíos, les agradezco por su aliento constante, su confianza en mí y por estar siempre presentes en cada etapa de este viaje. Su apoyo emocional y sus valiosas palabras de ánimo han sido un pilar esencial en la consecución de este logro.

Con todo mi cariño y aprecio, esta tesis es para ustedes.

Darwin Daniel Cajamarca Quituzaca

Este trabajo de tesis se lo dedico primeramente a Dios y a mis Padres Miguel y Cristina, que siempre estuvieron ahí brindándome todo su apoyo muchas gracias. También a mis amigos y profesores ya que influyeron mucho en mi proceso de preparación.

Resumen

Este estudio propone un enfoque integrado que considera tanto la topografía como las condiciones de tráfico para predecir la demanda de energía en una trayectoria específica. Utilizando datos topográficos para analizar cambios de elevación y movimiento, y datos de tráfico para evaluar el impacto de la velocidad variable y las paradas frecuentes. La metodología combina estos factores en un modelo integral, que se valida mediante una simulación en MATLAB y pruebas reales de conducción de la Moto Venus 2.0. La estimación de la demanda de energía para un vehículo eléctrico es esencial para planificar rutas más eficientes, mejorando el alcance del vehículo y prologando la vida útil del mismo, además de apoyar con información importante que permita la adopción de este tipo de vehículos como una alternativa más limpia y eficiente.

Abstract

This study proposes an integrated approach that considers both topography and traffic conditions to predict the energy demand for a specific route. It uses topographical data to analyze elevation changes and movement, and traffic data to assess the impact of variable speed and frequent stops. The methodology combines these factors into a comprehensive model, that is validated through MATLAB simulations and real-world driving tests of the Venus 2.0 motorcycle. Estimating the energy demand for an electric vehicle is essential for planning more efficient routes, improving the vehicle's range, and extending its lifespan. In addition, it provides crucial information to support the adoption of such vehicles as a cleaner and more efficient alternative.

Índice general

Resumen	VI
Abstract	VII
Planteamiento del Problema	XVII
Antecedentes	XVIII
Li- Ion Battery management system based in Fuzzy Logic for improving Electric Vehicle Autonomy.	XVIII
Determinación de la Autonomía del vehículo eléctrico mediante ciclos controlados.	XVIII
Energy efficient route planning for electric vehicles with special consideration of the topography and battery lifetime.	XVIII
Embedded State of Charge and State of Health Estimator Based on Kalman Filter for Electric Scooter Battery Management System.	XIX
Predictive energy consumption model for electric vehicles based on road grade and traffic conditions.	XX
Energy consumption and emission impacts of plug-in hybrid electric vehicles under real-world driving conditions.	XX
A review of lithium-ion battery state of charge estimation and management system in electric vehicle applications: challenges and recommendations.	XXI
Energy consumption and range modeling of electric motorcycles for commuter use.	XXII
Justificación del Problema	XXIII
Objetivos	XXIV
Objetivo general.	XXIV
Objetivos específicos.	XXIV

1. Funcionamiento de los Vehículos Eléctricos	1
1.1. Vehículo Eléctrico	1
1.2. Historia del vehículo eléctrico	2
1.3. Vehículos eléctricos en la actualidad	2
1.4. Componentes de un vehículo eléctrico	4
1.4.1. Motor Eléctrico	4
1.4.2. Batería Eléctrica	6
1.4.3. Controladores electrónicos	8
1.4.4. Sistemas de gestión de energía (EMS)	9
1.5. Otros sistemas importantes en el vehículo eléctrico	10
1.5.1. Convertidor de potencia (Inversor)	10
1.5.2. Sistema de transmisión	10
1.5.3. Unidad de control del motor y el vehículo	11
1.5.4. Sistema de recarga	11
1.5.5. Sistema de climatización y otros accesorios	12
1.6. Tipos de motos eléctricas	12
1.6.1. Motos Eléctricas de carreras	13
1.6.2. Motos Eléctricas Urbanas	14
1.7. Funcionamiento de los vehículos eléctricos	16
2. Demanda Energética de un Vehículo Eléctrico	18
2.1. Factores que influyen en la demanda energética de un vehículo eléctrico. . . .	18
2.1.1. Capacidad de la batería	18
2.1.2. Eficiencia del motor y convertidor	19
2.1.3. Peso del Vehículo	19
2.1.4. Estilo de conducción	20
2.1.5. Condiciones Ambientales	20
2.1.6. Uso de sistemas auxiliares	20
2.2. Moto Venus 2.0	21
2.2.1. Componentes de la moto eléctrica Venus 2.0	21

2.2.2.	Funcionamiento de la moto eléctrica Venus 2.0	24
2.2.3.	Datos Técnicos de la moto eléctrica Venus 2.0	25
2.3.	Cálculo para la demanda energética de un vehículo eléctrico	26
2.3.1.	Ecuaciones de movimiento del vehículo eléctrico	26
2.3.2.	Fuerzas actuantes del vehículo eléctrico	29
2.4.	Software para el cálculo de la Demanda de Energía de la Moto Eléctrica Venus	
2.0	35
2.4.1.	Procedimiento	35
2.5.	Elección del Punto de Origen y Destino para las Pruebas de Demanda de	
Energía	39
2.5.1.	Centroide de la Parroquia Gil Ramírez Dávalos	41
3.	Método de Validación del Programa de Simulación para la Demanda Ener-	
	gética	51
3.1.	Análisis del Tráfico	51
3.1.1.	Movilidad Urbana	51
3.1.2.	Demanda del Tráfico Motorizado	52
3.1.3.	Intensidades Horarias del Tráfico Motorizado	53
3.2.	Rutas para las Pruebas de Demanda de Energía considerando el tráfico de la	
Carretera	54
3.2.1.	Ruta 1	55
3.2.2.	Ruta 2	56
3.2.3.	Ruta 3	57
3.3.	Resultados de la Simulación para la estimación de la Demanda de Energía	
del vehículo eléctrico	58
3.3.1.	Resultados Simulación Ruta 1	60
3.3.2.	Resultados Simulación Ruta 2	65
3.3.3.	Resultados Simulación Ruta 3	70
	CONCLUSIONES	75
	REFERENCIAS	80

ANEXO 1	81
ANEXO 2	83
ANEXO 3	84

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. Venta de Vehículos Eléctricos	3
1.2. Motor de moto eléctrica [1].	4
1.3. Batería eléctrica [1].	6
1.4. Controlador Electrónico [2].	9
1.5. Convertidor de Potencia [3].	10
1.6. Moto BMW C EVOLUCIÓN [4].	13
1.7. Moto ZERO ZF11.4 [5].	14
1.8. Moto Eléctrica Vectrix [6].	15
1.9. Moto Eléctrica HONDA EV NEO [7].	16
2.1. Moto eléctrica Venus 2.0. [6]	21
2.2. Elementos de control. [6]	22
2.3. Instrumentos de visualización. [6]	23
2.4. Bloqueo de Encendido. [6]	24
2.5. Fuerzas que actúan sobre la moto eléctrica.	26
2.6. Diagrama de Flujo	38
2.7. Densidad Poblacional Parroquias Urbanas	40
2.8. Parroquia Gil Ramirez Davalos.	42
2.9. Parroquia Gil Ramirez Davalos	42
2.10. Figuras Geométricas.	44
2.11. Medición en X del centroide de la Parroquia Gil Ramírez Dávalos.	47
2.12. Medición en Y del centroide de la Parroquia Gil Ramírez Dávalos.	48
2.13. Medición en X del centroide de la Parroquia Gil Ramírez Dávalos.	49

2.14. Medición en Y del centroide de la Parroquia Gil Ramírez Dávalos.	50
3.1. Distribución de Destinos en Cuenca[8].	52
3.2. Tráfico por Horas en el Centro Histórico[8].	53
3.3. Intensidad Horaria del Tráfico[8].	54
3.4. Ruta 1 dado por Google Maps.	56
3.5. Ruta 2 dado por Google Maps.	57
3.6. Ruta 3 dado por Google Maps.	58
3.7. Interfaz Elaborada en Matlab.	59
3.8. Panel de carga de la batería de la moto eléctrica Venus 2.0.	60
3.9. Resultados MATLAB Ruta 1 Tráfico Bajo.	60
3.10. Resultados MATLAB Ruta 1 Tráfico Medio.	62
3.11. Resultados MATLAB Ruta 1 Tráfico Alto.	63
3.12. Resultados MATLAB Ruta 2.	65
3.13. Resultados MATLAB Ruta 2.	66
3.14. Resultados MATLAB Ruta 2.	68
3.15. Resultados MATLAB Ruta 3 en tráfico Bajo.	70
3.16. Resultados MATLAB Ruta 3 en tráfico Medio.	71
3.17. Resultados MATLAB Ruta 3 en tráfico Alto.	72
3.18. Registro de Coordenadas Geográficas punto 1, Calle Antonio Vega Muñoz y Calle Coronel Talbot (S2 53 28.3 W79 00 36.1).	81
3.19. Registro de Coordenadas Geográficas punto 2, Calle Antonio Vega Muñoz y Calle Benigno Malo (S2 53 33.9 W79 00 14.7).	81
3.20. Registro de Coordenadas Geográficas punto3, Calle Benigno Malo y Margen Norte del Rio Tomebamba (S2 54 06.3 W79 00 21.9).	82
3.21. Registro de Coordenadas Geográficas punto 4, Margen Norte del Rio Tome- bamba y Prolongación de la Calle Coronel Talbot (S2 53 54.1 W79 00 41.9).	82
3.22. Moto Eléctrica Venus 2.0	83
3.23. Carga de la Moto Eléctrica Venus 2.0	83
3.24. Conducción desde el punto origen, Universidad Politécnica Salesiana.	84
3.25. Conducción hasta el punto de destino, calle Tarqui Y Simón Bolívar.	84

3.26. Conducción Ruta 1.	85
3.27. Conducción Ruta 2.	85
3.28. Conducción Ruta 3.	86

Índice de tablas

2.1. Ficha Técnica Venus 2.0. [6]	25
2.2. Superficie de Parroquias Urbanas de Cuenca	40
2.3. Resultados para el centroide de la parroquia.	45
3.1. Datos de la Ruta 1.	56
3.2. Datos de la Ruta 2.	57
3.3. Datos de la Ruta 3.	58
3.4. SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 1 en Tráfico Bajo.	61
3.5. SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 1 en Tráfico Medio.	62
3.6. SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 1 en Tráfico Alto.	63
3.7. SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 2 en Tráfico Bajo.	65
3.8. SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 2 en Tráfico Medio.	67
3.9. SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 2 en Tráfico Alto.	68
3.10. SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 3 en Tráfico Bajo.	70
3.11. SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 3 en Tráfico Medio.	71
3.12. SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 3 en Tráfico Alto.	73
3.13. Validación de Resultados Simulados vs Reales en la Ruta 1.	74
3.14. Validación de Resultados Simulados vs Reales en la Ruta 2.	74
3.15. Validación de Resultados Simulados vs Reales en la Ruta 3.	74

GLOSARIO

BH Batería Host.

BLDC Motor de corriente continua sin escobillas.

BMS Sistemas de gestión de batería.

CCH Ciclos de Conducción Homologados..

EMS Sistemas de gestión de energía.

FK Dispositivo de protección.

IEA Agencia Internacional de Energía..

NiMH Baterías de Níquel - Hidruro metálico .

SoC Energía Almacenada en una batería.

SoH Relación de la capacidad actual y la capacidad de la batería cuando era nueva.

Planteamiento del Problema

La transición hacia vehículos eléctricos representa una respuesta crucial a los desafíos contemporáneos relacionados con la sostenibilidad ambiental, la eficiencia energética y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En este contexto, la moto eléctrica Venus 2.0 emerge como una solución innovadora en el ámbito de la movilidad urbana sostenible. Equipado con una batería de iones de litio de alta capacidad de 60V/28Ah, el modelo promete una autonomía mayor a 65 km con una sola carga y una velocidad máxima de 45 km/h gracias a su motor de 2000W.

Sin embargo la Moto Venus 2.0, como otros vehículos eléctricos, dependen de una comprensión detallada de diversos factores externos que influyen en su demanda energética. Entre estos factores, la topografía de las rutas y las condiciones del tráfico se destacan como variables críticas que pueden afectar significativamente el consumo de energía. Estudios recientes han demostrado que la inclinación de las carreteras y las características del tráfico urbano influyen en el rendimiento energético de los vehículos eléctricos.

A pesar de los avances en el diseño y la tecnología de las motos eléctricas, existe una brecha en la literatura actual respecto a estudios que integren de manera exhaustiva las variables de topografía y tráfico en la estimación del consumo de energía de estos vehículos en contextos específicos como en el de Cuenca, Ecuador.

En este sentido, el presente trabajo de titulación se propone desarrollar un modelo de estimación de la demanda de energía para la moto eléctrica Venus 2.0, considerando la topografía y el tráfico de la carretera en una trayectoria determinada en Cuenca. Este modelo no solo permitirá una comprensión más precisa de cómo estas variables afectan el rendimiento del vehículo, sino que también proporcionará recomendaciones prácticas para mejorar la eficiencia energética y promover el uso de vehículos eléctricos en la región. Al abordar esta problemática, el estudio contribuirá a la literatura existente y apoyará las políticas locales y globales de movilidad sostenible.

Antecedentes

Li- Ion Battery management system based in Fuzzy Logic for improving Electric Vehicle Autonomy.

En esta investigación se revela que la distancia total que puede cubrir un vehículo eléctrico después de un proceso de recarga completo es de unos 200 km debido a su peso y cantidad de baterías. Esta estadística es solo el 30 % del rendimiento esperado en comparación con los vehículos convencionales basados en motores de combustión. Los sistemas de almacenamiento de energía SAE deben entregar la cantidad adecuada de energía en cada recorrido, entregando así la energía requerida en los ciclos de aceleración y ruptura. Como resultado, se aumentará la autonomía del vehículo y se reducirá el impacto esperado de conectar varios vehículos eléctricos simultáneamente a la red [9].

Determinación de la Autonomía del vehículo eléctrico mediante ciclos controlados.

En esta investigación los autores se plantean el problema que existe en relación a un vehículo eléctrico con uno de combustión, para recorrer 200 km se estima un tiempo de carga de 1 hora y 6 minutos (carga rápida) y 24 horas 21 minutos (carga lenta). Para recorrer 600 km cargando en una estación de combustible en tan solo 5 minutos. El objetivo de este proyecto de investigación consiste en determinar el comportamiento del vehículo eléctrico efectuando ciclos de conducción homologados (CCH). Los autores inician dando una definición de vehículo eléctrico, componentes principales, funcionamiento, tipos y características, puntos de recarga (vías públicas, parqueaderos, residencia privadas)[10] .

Energy efficient route planning for electric vehicles with special consideration of the topography and battery lifetime.

Este estudio aborda la complejidad de la planificación de rutas para vehículos eléctricos (VE), dado que la recarga de baterías requiere más tiempo comparado con el reabasteci-

miento de combustible en vehículos convencionales. El objetivo es desarrollar un plan de rutas energéticamente eficientes que también minimice el estrés en la batería. Al considerar la topografía y la duración de la batería, la investigación busca encontrar soluciones que faciliten la planificación de viajes para un VE, mejorando así su viabilidad y eficiencia en el uso cotidiano [11].

La topografía juega un papel crucial en el consumo de energía de los VE. Las rutas con pendientes pronunciadas pueden aumentar significativamente el consumo de energía, ya que el motor necesita más potencia para subir colinas. Por otro lado, las rutas descendentes pueden permitir la regeneración de energía a través del frenado regenerativo. Este estudio destaca la necesidad de considerar estos factores topográficos al planificar rutas para maximizar la eficiencia energética y prolongar la vida útil de la batería [11].

Además, la investigación subraya la importancia de integrar información en tiempo real sobre el estado de la batería y las condiciones de la ruta en los sistemas de navegación de los VE. Al hacerlo, se pueden ajustar las rutas en función de la carga actual de la batería y las condiciones del tráfico, garantizando que el vehículo pueda llegar a su destino de manera eficiente sin riesgo de quedarse sin energía. [11].

Embedded State of Charge and State of Health Estimator Based on Kalman Filter for Electric Scooter Battery Management System.

En esta investigación los autores se plantean el problema que existe en un scooter eléctrico, manifestando que la descarga excesiva de la batería reduce el voltaje a un nivel crítico, reduciendo el tiempo de vida útil de la misma, se dice que la estimación del estado de carga, no solo mantiene una estimación precisa de la energía restante en el paquete de baterías, también sirve como sistema de administración y adquisición de datos de la batería host (BH), dispositivo de protección (FK) y sistema de balance de celdas [12].

La estimación de la demanda de energía en trayectorias específicas para vehículos eléctricos, incluyendo motocicletas, es un campo de investigación crucial debido a la influencia de factores como la topografía y el tráfico en el consumo energético. Estos factores pueden

afectar significativamente la eficiencia y autonomía del vehículo [12].

Predictive energy consumption model for electric vehicles based on road grade and traffic conditions.

El estudio desarrolla un modelo predictivo de consumo energético para el vehículo eléctrico que considera la inclinación de la carretera y las condiciones de tráfico. Los resultados muestran que incorporar información topográfica puede reducir el consumo de energía hasta en un 10%. Esto es particularmente relevante para el VE, ya que las pendientes pronunciadas incrementan significativamente la demanda de energía debido a la mayor necesidad de potencia del motor [13].

La incorporación de datos de tráfico en tiempo real en el modelo predictivo es otra mejora significativa. Las condiciones de tráfico fluctuantes, como la congestión y las paradas frecuentes, pueden aumentar el consumo de energía debido a la necesidad constante de arrancar y detener el vehículo. Al incluir esta variable, el modelo puede proporcionar recomendaciones de ruta más precisas que optimicen el uso de energía en función de las condiciones actuales de la carretera [13].

Este enfoque integrado no solo beneficia a los conductores de un VE, sino que también tiene implicaciones más amplias para la planificación de infraestructura y políticas de transporte sostenible. Al identificar rutas que minimizan el consumo de energía, las ciudades pueden reducir la demanda de energía y las emisiones, contribuyendo a los objetivos de sostenibilidad y mejorando la calidad del aire urbano. Además, este tipo de modelos pueden ser utilizados por las autoridades para planificar la ubicación de estaciones de carga en puntos estratégicos, mejorando así la red de apoyo para VE [13].

Energy consumption and emission impacts of plug-in hybrid electric vehicles under real-world driving conditions.

Este artículo analiza cómo las variaciones en el comportamiento de conducción y las condiciones de tráfico afectan el rendimiento de los vehículos híbridos enchufables. Se destaca que el tráfico congestionado aumenta la demanda de energía debido a los frecuentes arranques

y paradas. Estos hallazgos son relevantes para la Venus 2.0 en entornos urbanos densos, donde el tráfico puede impactar considerablemente su eficiencia energética [14].

El estudio también revela que las condiciones de conducción en el mundo real pueden diferir significativamente de las pruebas de laboratorio, afectando la eficiencia energética y las emisiones. Por ejemplo, la conducción en climas fríos puede reducir la eficiencia de la batería y aumentar el consumo de energía para calefacción. Estos factores son críticos para el VE, que necesita mantener un rendimiento óptimo en diversas condiciones ambientales y de tráfico [14].

Para abordar estos desafíos, es esencial que los fabricantes y las políticas gubernamentales consideren estas variaciones en el rendimiento real al diseñar y promover vehículos eléctricos. Mejorar la infraestructura de carga y proporcionar incentivos para tecnologías de baterías más eficientes pueden ayudar a mitigar algunos de estos problemas. Además, educar a los conductores sobre prácticas de conducción que optimicen el consumo de energía puede contribuir a una mayor adopción y eficiencia de los VE en entornos urbanos [14].

A review of lithium-ion battery state of charge estimation and management system in electric vehicle applications: challenges and recommendations.

Este artículo revisa métodos de estimación del estado de carga de baterías de iones de litio y propone mejoras para la gestión energética en VE. Implementar estos métodos en los vehículos eléctricos podría mejorar su rendimiento energético, proporcionando datos precisos para la gestión de la batería. [15].

La revisión destaca varios desafíos técnicos en la estimación precisa del SoC, como la degradación de la batería con el tiempo y las condiciones variables de carga y descarga. Al abordar estos desafíos mediante técnicas avanzadas como los filtros de Kalman y algoritmos de aprendizaje automático, se puede mejorar significativamente la precisión de las estimaciones y, por ende, la fiabilidad del sistema de gestión de baterías [15].

Además, el artículo sugiere la necesidad de estándares y regulaciones más estrictos para la gestión de baterías en VE. La implementación de protocolos uniformes para la estimación

del (SoC) y el (SoH) puede facilitar una mayor interoperabilidad entre diferentes sistemas y fabricantes, mejorando la seguridad y eficiencia de los VE en general. [15].

Energy consumption and range modeling of electric motorcycles for commuter use.

El estudio proporciona una evaluación detallada de cómo diferentes factores, como el estilo de conducción y las condiciones del tráfico, afectan la eficiencia energética y la autonomía de las motocicletas eléctricas en el uso diario de desplazamientos, resultados importantes para el análisis de la demanda energética, especialmente en entornos urbanos donde el tráfico y la topografía varían significativamente [16].

Además, destaca la importancia de considerar el estilo de conducción, ya que aceleraciones bruscas y velocidades altas pueden aumentar significativamente el consumo de energía. Por otro lado, una conducción más suave y constante puede maximizar la eficiencia energética y extender la autonomía del vehículo. Estas variaciones en el comportamiento de conducción deben ser integradas en los modelos predictivos para proporcionar estimaciones precisas y útiles para los usuarios de vehículos eléctricos [16].

De la misma manera, las condiciones del tráfico urbano, como la congestión y las paradas frecuentes, influyen directamente en la demanda energética. Incorporar datos en tiempo real sobre el tráfico en los modelos de consumo energético puede ayudar a los conductores a planificar rutas más eficientes y evitar áreas congestionadas [16].

Justificación del Problema

En el contexto actual, donde los individuos son cada vez más conscientes del impacto ambiental de sus acciones, el uso de medios de transporte eléctricos, como motocicletas, motonetas, scooters y automóviles, se presenta como una alternativa sostenible y accesible. Sin embargo, varios factores determinan la demanda de energía requerida por estos vehículos, siendo la topografía y el tráfico dos de los más representativos.

Mejorar la demanda energética y la planificación de rutas adecuadas para la movilización se ha convertido en una necesidad crítica. Este estudio busca proporcionar información verídica mediante la obtención de datos en un entorno simulado para la estimación de la demanda de energía requerida en una trayectoria determinada para la moto eléctrica Venus 2.0. Esta información puede ser útil para fabricantes, distribuidores y usuarios de vehículos eléctricos, e incluso para legisladores, para optimizar el diseño de rutas y mejorar la eficiencia energética de las motos eléctricas. Además, puede guiar la implementación de políticas de infraestructura para vehículos eléctricos, el desarrollo de mejoras sustanciales en los prototipos y una significativa mejora para los usuarios en general.

Recientemente, la atención se ha desplazado hacia los vehículos eléctricos de dos ruedas, como las motos eléctricas, debido a su potencial para reducir la congestión y la contaminación en áreas urbanas. Estudios han demostrado que las motos eléctricas son significativamente más eficientes que sus contrapartes de combustión interna, y su adopción puede contribuir sustancialmente a los objetivos de reducción de emisiones de las ciudades. Estos vehículos son particularmente adecuados para entornos urbanos debido a su tamaño compacto y agilidad, lo que facilita la movilidad.

En Cuenca, Ecuador, la implementación de vehículos eléctricos enfrenta desafíos únicos debido a su topografía montañosa, el estado y materiales de sus calles, y las variadas condiciones de tráfico, lo que hace esencial este estudio.

Objetivos

Objetivo general

- Estimar la demanda de energía requerida en una trayectoria determinada para la moto eléctrica Venus 2.0 considerando la topografía y el tráfico de la carretera.

Objetivos específicos

- Investigar el estado del arte.
- Estudiar los factores de topografía y tráfico de la carretera que afecta el consumo de energía de la batería en una moto eléctrica.
- Desarrollar un entorno de simulación para la estimación de demanda de energía requerida en una trayectoria determinada para la moto eléctrica.
- Validar los resultados de simulación con pruebas reales en diferentes destinos considerando topografía y tráfico de la carretera.

Capítulo 1

Funcionamiento de los Vehículos Eléctricos

1.1. Vehículo Eléctrico

Este tipo de vehículos usan un motor eléctrico para su tracción, su fuente de energía proviene de una batería [10].

El motor eléctrico convierte la energía eléctrica en mecánica, estos poseen ventajas frente a los motores de combustión, tales como tamaño, peso y sencillez, además de contaminar menos el medio ambiente por sus bajas emisiones de CO₂ [10].

Las baterías poseen alta capacidad de almacenamiento y duración, se recargan a través de la red de energía eléctrica, en el proceso de carga la energía externa se convierte en energía química potencial y en la descarga en energía eléctrica [10].

El proyecto se centrará básicamente en el uso de una moto eléctrica. En la actualidad este tipo de vehículo eléctrico tiene una alta demanda, debido a que es fácil de usar y no tiene un costo excesivo por la amplia oferta que existe en el país [10].

1.2. Historia del vehículo eléctrico

La historia de la investigación en vehículos eléctricos se remonta al siglo XIX, cuando se desarrollaron los primeros prototipos. Sin embargo, fue a finales del siglo XX y principios del XXI cuando se produjo un resurgimiento significativo debido a la creciente preocupación por el cambio climático y la dependencia de los combustibles fósiles [17]. Los estudios iniciales se centraron en la viabilidad de los vehículos eléctricos de cuatro ruedas, analizando aspectos como la autonomía, el tiempo de recarga y el impacto ambiental en comparación con los vehículos de combustión interna [18].

A medida que la tecnología de las baterías avanzó, se incrementó la capacidad de almacenamiento y se redujeron los costos, haciendo que los vehículos eléctricos fueran más accesibles y prácticos para el público en general [17]. La creciente demanda de estos vehículos llevó a un mayor enfoque sobre el consumo de energía para maximizar la autonomía y la vida útil de la batería [18].

1.3. Vehículos eléctricos en la actualidad

Las estadísticas recientes destacan la rápida adopción de vehículos eléctricos a nivel mundial. La Agencia Internacional de Energía (IEA) informó que en 2020 se vendieron más de 3 millones de vehículos eléctricos, lo que representa un aumento del 40 % en comparación con 2019. Además, se prevé que la venta de vehículos eléctricos supere los 30 millones para 2030

[19].

Un estudio realizado en 2020 predice que para 2040, el 58 % de todas las ventas de vehículos de pasajeros serán eléctricos, con una adopción especialmente alta en Europa, China y Estados Unidos [19].

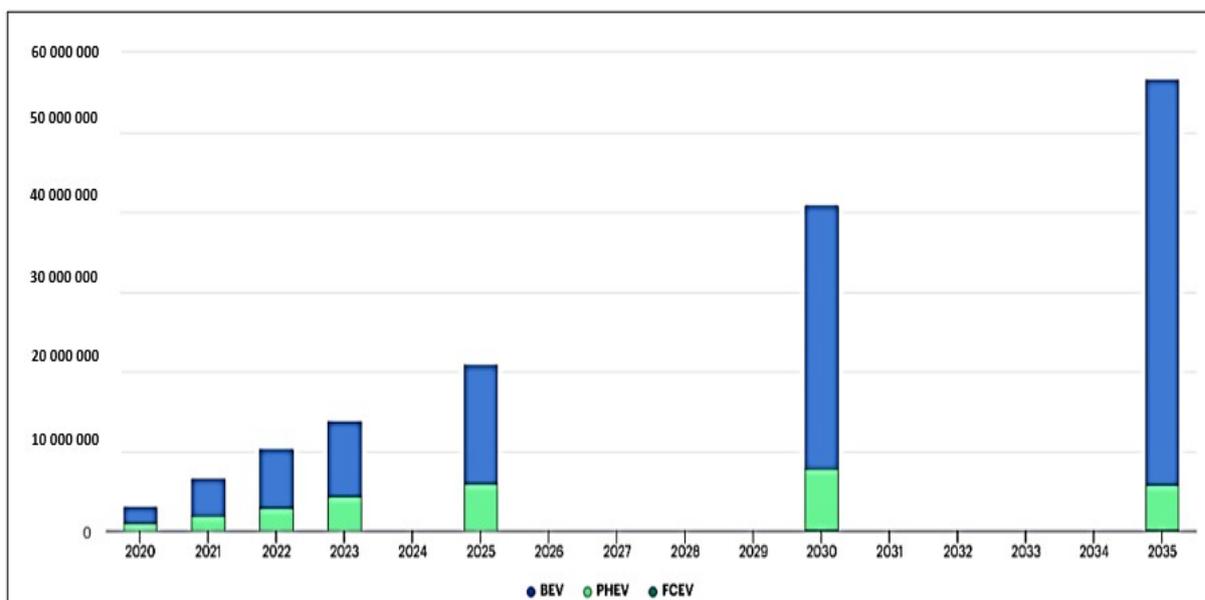


Figura 1.1: Venta de Vehículos Eléctricos

Fuente: IEA.

Investigaciones específicas sobre motos eléctricas han demostrado que estas pueden ser una solución efectiva para la movilidad urbana sostenible. Un estudio encontró que las motos eléctricas pueden reducir las emisiones de CO₂ en un 30-50 % en comparación con las motos de combustión interna, dependiendo de la fuente de energía utilizada para cargar las baterías [19].

1.4. Componentes de un vehículo eléctrico

1.4.1. Motor Eléctrico

Este componente proporciona la potencia necesaria para impulsar las ruedas del vehículo, permitiendo su movimiento sin la necesidad de un motor de combustión interna. Los motores eléctricos utilizados en VEs son generalmente de corriente alterna o corriente continua, generalmente motores de corriente continua sin escobillas, que ofrecen alta eficiencia y bajo mantenimiento [20].

Los VEs emplean diversos tipos de motores eléctricos, cada uno con características específicas que afectan su eficiencia y rendimiento. Los motores de corriente continua son comunes por su simplicidad y control directo del par motor, adecuados para aplicaciones de tamaño compacto como vehículos ligeros urbanos [20]. Los motores de corriente alterna (AC) ofrecen una mayor eficiencia en un rango de velocidades más amplio, siendo ideales para vehículos de mayor potencia y velocidad. Por otro lado, los motores sin escobillas (BLDC) combinan eficiencia con bajo mantenimiento y mayor vida útil, siendo una opción popular para VEs comerciales y de alta gama [20].



Figura 1.2: Motor de moto eléctrica [1].

1.4.1.1. Motor de corriente continua

Los motores de corriente continua son ampliamente utilizados en vehículos eléctricos debido a su simplicidad constructiva y su capacidad de proporcionar un control directo del par motor. Estos motores son eficientes en aplicaciones donde se requiere un par constante a diferentes velocidades, como en vehículos ligeros y urbanos. La simplicidad de su diseño permite una integración económica y efectiva en sistemas de propulsión eléctrica, siendo adecuados para aplicaciones de bajo costo y mantenimiento [20].

1.4.1.2. Motor de corriente alterna

Los motores de corriente alterna ofrecen ventajas significativas en términos de eficiencia y rango de velocidad operativa. Estos motores son ideales para vehículos que requieren altos niveles de potencia y eficiencia energética en un rango variable de velocidades, como vehículos deportivos y de alta gama. La capacidad de los motores AC para operar eficientemente a diferentes velocidades y cargas los hace adecuados para aplicaciones que requieren respuesta dinámica y alto rendimiento [20].

1.4.1.3. Motor sin escobillas

Los motores sin escobillas (BLDC) representan una evolución tecnológica significativa en la propulsión eléctrica de vehículos, combinando las ventajas de eficiencia de los motores de corriente alterna con la simplicidad de los motores de corriente continua. Estos motores utilizan imanes permanentes y electrónica de control avanzada para proporcionar un par motor alto, eficiencia energética mejorada y una vida útil más larga en comparación con los motores convencionales. [20].

En contraste con los vehículos de combustión interna los motores eléctricos proporcionan un par motor instantáneo desde el inicio, eliminando la necesidad de transmisiones complejas y mejorando la aceleración y la respuesta del vehículo [20]. En cambio, los motores de combustión interna requieren combustible fósil para generar energía mecánica a través de un ciclo de combustión, resultando en pérdidas significativas de energía en forma de calor y emisiones de gases contaminantes [20].

1.4.2. Batería Eléctrica

Almacena la energía eléctrica necesaria para alimentar el motor eléctrico y otros sistemas del vehículo, proporcionando autonomía de conducción. Las baterías de iones de litio (Li-ion) son las más comunes debido a su alta densidad de energía y vida útil [21].



Figura 1.3: Batería eléctrica [1].

1.4.2.1. Baterías de Ion - Litio

Las baterías de ion-litio (Li-ion) dominan el mercado de VEs debido a su alta densidad de energía, larga vida útil y capacidad para soportar ciclos de carga y descarga repetidos.

Las investigaciones recientes han profundizado en modelos avanzados de gestión de baterías (BMS), que supervisan la temperatura, el estado de carga y la salud de cada celda para optimizar el rendimiento y prolongar la vida útil de la batería [22]. Además, se han explorado técnicas innovadoras de reciclaje para minimizar el impacto ambiental de las baterías al final de su vida útil, asegurando la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida del vehículo [21].

1.4.2.2. Baterías de Níquel - Hidruro metálico

Las baterías de níquel-hidruro metálico (NiMH) fueron ampliamente utilizadas en los primeros vehículos eléctricos de producción en masa debido a su capacidad de almacenamiento de energía y su relativa seguridad. Estas baterías son más económicas que las de ion-litio y tienen una larga vida útil, lo que las hace adecuadas para aplicaciones donde se requiere una buena densidad de energía y un costo inicial más bajo. Sin embargo, las baterías NiMH tienen una menor densidad de energía en comparación con las Li-ion y pueden ser más pesadas y voluminosas para aplicaciones de alta potencia y rendimiento [22].

1.4.2.3. Baterías de Plomo - Ácido

Aunque menos comunes en vehículos eléctricos modernos debido a su menor densidad de energía y mayor peso, las baterías de plomo-ácido han sido utilizadas en algunos vehículos eléctricos ligeros y bicicletas eléctricas. Estas baterías son económicas y tienen una tecnología bien establecida, lo que las hace accesibles para aplicaciones de bajo costo y corto alcance. Sin embargo, su limitada capacidad de almacenamiento de energía y vida útil más corta en comparación con otras tecnologías las han relegado a nichos específicos dentro del mercado de movilidad eléctrica [22].

1.4.2.4. Baterías de estado sólido

Las baterías de estado sólido son una tecnología emergente que promete mejorar significativamente la densidad de energía, la seguridad y la vida útil de las baterías en comparación con las Li-ion tradicionales. Estas baterías utilizan electrolitos sólidos en lugar de líquidos, lo que reduce el riesgo de fugas y aumenta la estabilidad térmica, mejorando así la seguridad y la eficiencia del almacenamiento de energía en vehículos eléctricos. Aunque aún están en etapas de desarrollo y comercialización, las baterías de estado sólido tienen el potencial de revolucionar la movilidad eléctrica al ofrecer beneficios significativos en términos de autonomía y rendimiento [22].

Las baterías eléctricas proporcionan una fuente de energía más limpia y eficiente, con capacidades para ser recargadas mediante la red eléctrica o sistemas de carga rápida, reduciendo la dependencia de recursos no renovables y disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero [22]. Por otro lado, los vehículos de combustión interna requieren combustibles fósiles que son finitos y contribuyen significativamente a la contaminación atmosférica y al cambio climático [22].

1.4.3. Controladores electrónicos

Gestionan el flujo de energía entre la batería, el motor eléctrico y otros componentes del vehículo, optimizando la eficiencia y el rendimiento del sistema de propulsión. Los controladores avanzados también optimizan el uso de la energía para mejorar la eficiencia del vehículo [23]. Estos dispositivos emplean algoritmos de control avanzados para optimizar la eficiencia del sistema de propulsión, ajustando la entrega de potencia de acuerdo con las demandas de conducción y las condiciones operativas del vehículo [24].

Los controladores electrónicos permiten una respuesta dinámica y precisa, mejorando tanto

la eficiencia energética como la experiencia de conducción al proporcionar un control suave del acelerador y frenado regenerativo [23].



Figura 1.4: Controlador Electrónico [2].

1.4.4. Sistemas de gestión de energía (EMS)

Supervisan y controlan la carga y descarga de la batería, la eficiencia del motor y otros sistemas auxiliares para maximizar la autonomía y la vida útil de la batería. Los sistemas de gestión de energía (EMS) en VEs incluyen tecnologías avanzadas como los sistemas de gestión de baterías (BMS), que supervisan y controlan la carga y descarga de la batería, la temperatura de operación y la salud de cada celda. Los BMS son cruciales para asegurar una operación segura y eficiente de la batería, mejorando el rendimiento y prolongando su vida útil [23].

1.5. Otros sistemas importantes en el vehículo eléctrico

1.5.1. Convertidor de potencia (Inversor)

Convierte la corriente continua de la batería en corriente alterna para el motor, y viceversa durante el frenado regenerativo. El inversor ajusta la frecuencia y amplitud de la AC para controlar la velocidad y el par motor [20]. Componentes:

- Inversor: Convierte DC en AC para alimentar el motor.
- Rectificador: Convierte AC en DC durante la regeneración [20].



Figura 1.5: Convertidor de Potencia [3].

1.5.2. Sistema de transmisión

Transfiere la potencia del motor a las ruedas del vehículo. La transmisión reduce la velocidad de rotación del motor y aumenta el par para las ruedas, permitiendo una aceleración suave

y eficiente [20]. Componentes:

- Transmisión directa: A menudo utilizada en VEs debido a la amplia gama de velocidades de operación del motor eléctrico.
- Reductor: Ajusta la velocidad y el par motor para las ruedas [20].

1.5.3. Unidad de control del motor y el vehículo

Coordina el funcionamiento de todos los sistemas del vehículo además de que regula la velocidad y el par del motor según la entrada del acelerador. Recibe información de varios sensores y módulos, ajustando los parámetros de operación para mejorar rendimiento del vehículo [20]. Componentes:

- Controladores electrónicos: Gestionan la entrega de energía al motor, el frenado regenerativo, la climatización y otros sistemas.
- Software de gestión: Algoritmos que optimizan el rendimiento y la eficiencia energética [20].

1.5.4. Sistema de recarga

Recarga la batería del vehículo desde una fuente de alimentación externa. Al conectar el VE a una estación de carga, la corriente se transfiere a la batería a través del cargador de a bordo, gestionado por el BMS para asegurar una carga segura y eficiente [20]. Componentes:

- Conector de carga: Puerto de entrada para el cargador.

- Cargador de a bordo: Convierte la electricidad de la red en energía utilizable para la batería.
- Niveles de recarga:
 - Nivel 1: usando una toma de corriente estándar de 120V.
 - Nivel 2: utilizando un cargador específico que opera a 240V, comúnmente instalado en hogares y estaciones de recarga públicas.
 - Nivel 3: también conocida como carga rápida de corriente continua, permite recargar la batería mucho más rápido. [20].

1.5.5. Sistema de climatización y otros accesorios

Proporcionan comodidad al conductor y a los pasajeros además de operar accesorios eléctricos. La energía para estos sistemas se suministra desde la batería [20]. Componentes:

- Bomba de calor: Más eficiente para calefacción y refrigeración.
- Sistemas auxiliares: Luces LED, pantallas de entretenimiento, sistemas de navegación [20].

1.6. Tipos de motos eléctricas

Entre los tipos de motos eléctricas en la actualidad existen tres:

- Motos eléctricas de carreras
- Motos eléctricas urbanas

1.6.1. Motos Eléctricas de carreras

Está diseñado para circular por terrenos no pavimentados, ya sea para explorar caminos o realizar tareas en una granja en las colinas. Funciona con una batería de iones de litio de 50 V y 2,2 kWh, ofreciendo un alcance aproximado de 100 km, que se puede recargar en 3 a 5 horas utilizando un enchufe convencional. Su sistema de frenado regenerativo ajustable permite un excelente control en pendientes y recupera energía durante el proceso [25].

1.6.1.1. Moto Eléctrica BMW:

La marca BMW de Alemania se diferencia de resto por ser un modelo más sofisticado, dentro de la evolución de las motos eléctricas se encuentra la BMW C EVOLUCIÓN.



Figura 1.6: Moto BMW C EVOLUCIÓN [4].

1.6.1.2. Moto Eléctrica ZERO

Marca de California, Scotts Valley, es una línea de motocicletas a todo terreno y con diferentes tipos de modelo para motocicletas eléctricas como ZERO ZF11.4.



Figura 1.7: Moto ZERO ZF11.4 [5].

1.6.2. Motos Eléctricas Urbanas

Las motos eléctricas urbanas están diseñadas para desplazamientos cortos y medios en entornos urbanos congestionados. Estos vehículos generalmente ofrecen una conducción ágil y compacta, facilitando la navegación por calles estrechas y el estacionamiento en espacios reducidos. Su diseño prioriza la eficiencia energética y la maniobrabilidad. En el artículo de Zhang y Xie encontraron que estas motos suelen estar equipadas con baterías que proporcionan autonomías adecuadas para trayectos urbanos típicos, permitiendo cubrir distancias diarias sin necesidad de recargas frecuentes [26].

En cuanto al desarrollo de este trabajo nos enfocamos en este grupo de vehículos eléctricos, especialmente, las motos eléctricas. Estas se categorizan en varios tipos según su diseño, rendimiento y aplicación, abarcando desde modelos urbanos hasta motocicletas de alto rendimiento, cada uno adaptado para diferentes necesidades y condiciones de uso [27]. Por lo tanto se tiene muchas marcas, las más comunes o comercializadas en los mercados son:

1.6.2.1. Moto Eléctrica VECTRIX

Una marca derivada de Locked Martin una compañía dedicada a fabricar vehículos y motocicletas eléctricas.



Figura 1.8: Moto Eléctrica Vectrix [6].

1.6.2.2. Moto Eléctrica HONDA

Una marca muy rotada por el mundo y reconocida, ya que esta marca de Estados Unidos que empezó a fabricar motocicletas en 1979 y desde ahí sigue innovando con diferentes tipos de motocicletas eléctricas como HONDA EV NEO.



Figura 1.9: Moto Eléctrica HONDA EV NEO [7].

1.7. Funcionamiento de los vehículos eléctricos

- **Carga de la batería:** La batería del VE se carga mediante una conexión a una fuente de electricidad, como una toma de corriente doméstica o una estación de carga rápida. Durante la carga, la energía eléctrica se almacena en las celdas de la batería [28] .
- **Conversión de la Energía:** Cuando se enciende el vehículo y se presiona el acelerador, el controlador toma energía de la batería y la convierte en señales eléctricas que se envían al motor. El motor eléctrico convierte estas señales en energía mecánica para girar las ruedas del vehículo [24].
- **Recuperación de la Energía:** Muchos VEs están equipados con sistemas de frenado regenerativo, que recuperan parte de la energía cinética del vehículo durante el frenado y la convierten de nuevo en energía eléctrica, la cual se almacena en la batería. Esto mejora la eficiencia energética del vehículo y extiende su autonomía [29] .
- **Gestión de la Energía:** El sistema de gestión de la batería monitorea continuamente

el estado de carga, temperatura y voltaje de la batería para asegurar que funcione dentro de sus parámetros óptimos. Este sistema previene el sobrecalentamiento y la descarga profunda, lo que puede dañar la batería y reducir su vida útil [30] .

Capítulo 2

Demanda Energética de un Vehículo Eléctrico

2.1. Factores que influyen en la demanda energética de un vehículo eléctrico.

La demanda energética de un vehículo eléctrico es la cantidad de energía que necesita para operar de manera correcta en diferentes condiciones de conducción [11]. Esta demanda se ve afectada por varios factores como:

2.1.1. Capacidad de la batería

- Cantidad máxima de energía: La capacidad de la batería, medida en kilovatios-hora (kWh), determina cuánta energía puede almacenar y, por ende, la autonomía del

vehículo [11].

- Densidad energética: La densidad energética de la batería influye en su capacidad de almacenamiento en relación con su tamaño y peso. Baterías con alta densidad energética pueden almacenar más energía sin aumentar significativamente el tamaño o el peso del vehículo [11].

2.1.2. Eficiencia del motor y convertidor

- Conversión de energía: La eficiencia del motor eléctrico y del convertidor (inversor) afecta directamente la cantidad de energía que se convierte en movimiento útil. Por ejemplo, un motor con una eficiencia del 95 %) maximizan la energía utilizable y minimizan las pérdidas energéticas [11].
- Pérdidas en la conversión: Durante la conversión de energía de DC a AC y viceversa, puede haber pérdidas. Por esto es necesario minimizar estas pérdidas con tecnología avanzada y materiales de alta calidad [11].

2.1.3. Peso del Vehículo

- Influencia de la batería: Las baterías más grandes y con mayor capacidad aumentan el peso del vehículo, lo que puede afectar la demanda de energía. Cada kilogramo adicional requiere más energía para mover el vehículo [11].
- Construcción del vehículo: El uso de materiales ligeros pero resistentes, como el aluminio y las fibras de carbono, ayudan a reducir el peso del vehículo [11].

2.1.4. Estilo de conducción

- Aceleraciones bruscas: Conducir con aceleraciones rápidas y frenadas bruscas aumenta significativamente la demanda energética, ya que el motor necesita más energía para proporcionar el par motor necesario para estas maniobras [11].
- Velocidades altas: Conducir a altas velocidades también aumenta la resistencia aerodinámica, lo que incrementa la demanda de energía para mantener esas velocidades [11].

2.1.5. Condiciones Ambientales

- Temperaturas extremas: Las baterías de iones de litio y otros componentes de un vehículo eléctrico son sensibles a las temperaturas extremas. En climas cálidos, es necesario un sistema de refrigeración para mantener la batería en una temperatura adecuada [11].
- Terreno y clima: Conducir en terrenos montañosos o en condiciones de viento fuerte puede aumentar la resistencia y, por ende, la demanda energética [11].

2.1.6. Uso de sistemas auxiliares

- Luces y accesorios eléctricos: Accesorios como luces LED, cargadores de dispositivos son consumos relativamente pequeños pero pueden afectar la demanda energética [11].
- Sistema de información y entretenimiento: Pantallas táctiles, sistemas de navegación, y conectividad a internet pueden aumentar el consumo energético [11].

2.2. Moto Venus 2.0

La moto eléctrica VENUS 2.0 representa un avance significativo en la movilidad urbana sostenible, destacándose por su eficiencia energética, bajo costo operativo y reducido impacto ambiental. En un contexto donde las ciudades buscan soluciones para disminuir las emisiones de gases contaminantes y promover el uso de energías limpias, la VENUS 2.0 se posiciona como una opción viable y atractiva. Esta moto combina tecnología de punta y diseño ergonómico para satisfacer las demandas de los usuarios urbanos, proporcionando una experiencia de conducción suave, segura y respetuosa con el medio ambiente [6].

2.2.1. Componentes de la moto eléctrica Venus 2.0

2.2.1.1. Principales Componentes

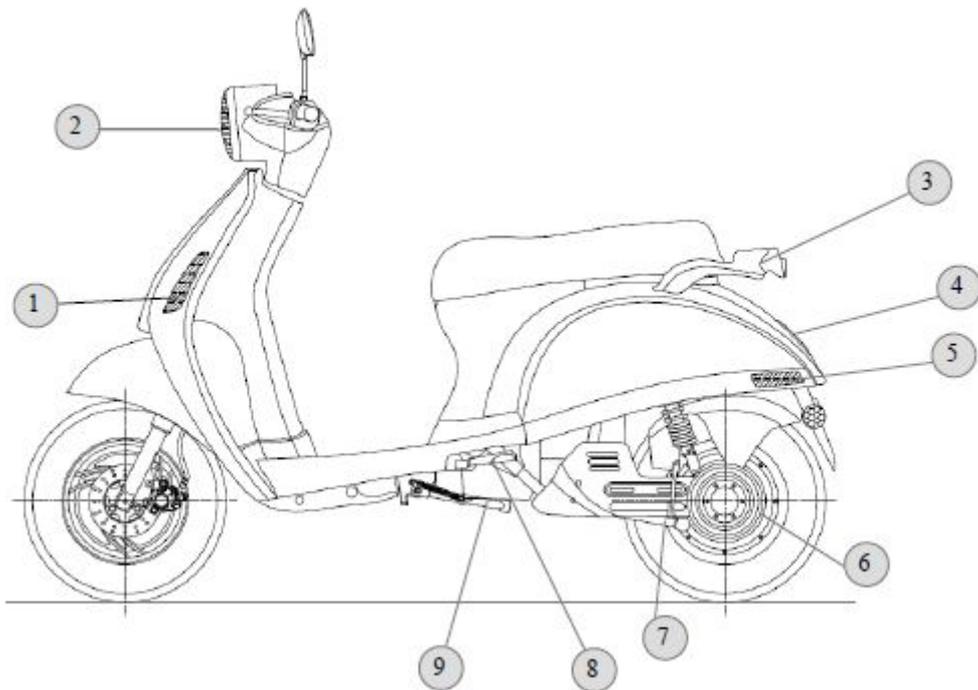


Figura 2.1: Moto eléctrica Venus 2.0. [6]

1. Indicadores delanteros
2. Faro delantero
3. Asidero de pasajeros
4. Luz trasera / Luz de freno
5. Indicadores traseros
6. Motor eléctrico
7. Soporte principal
8. Reposapiés del pasajero
9. Soporte lateral

2.2.1.2. Elementos de Control

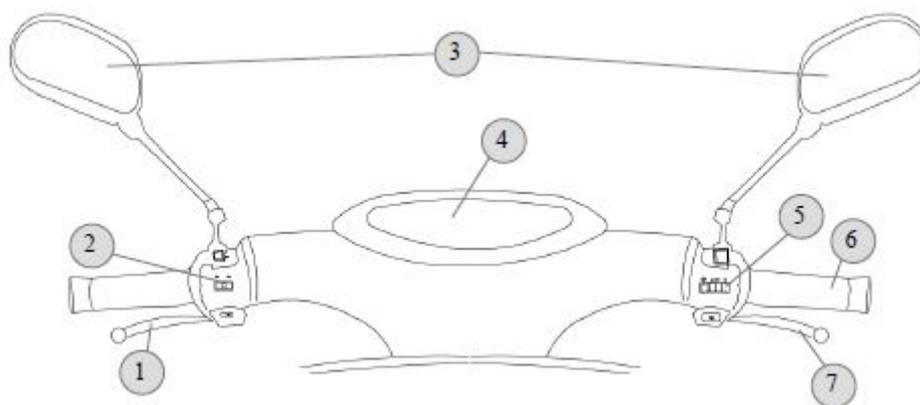


Figura 2.2: Elementos de control. [6]

1. Freno de la rueda trasera.
2. Interruptores de luz de cruce y direccionales.
3. Espejos Retrovisores.

4. Sistema de visualización/Velocímetro.
5. Interruptores de bocina e Iluminación del vehículo.
6. Empuñadora del acelerador.
7. Freno de Rueda delantera.

2.2.1.3. Indicadores

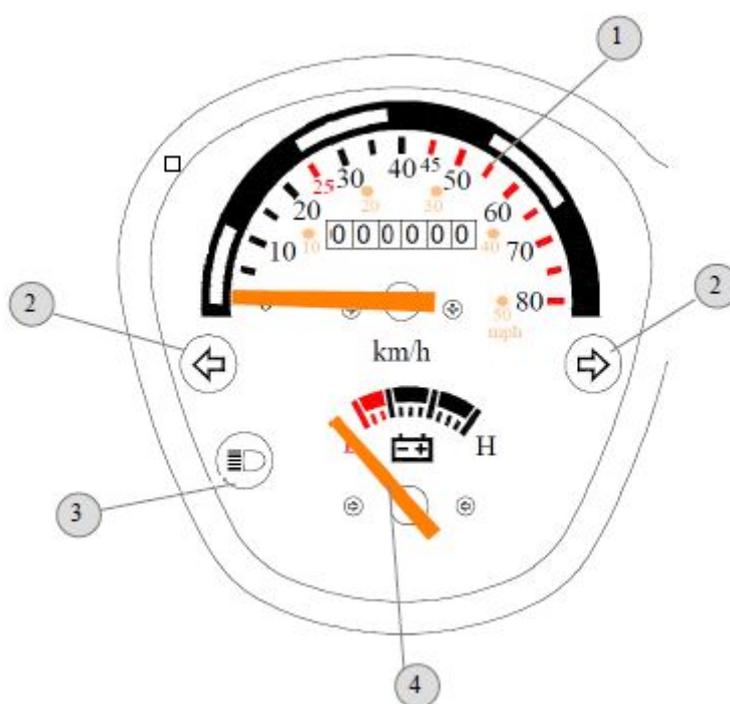


Figura 2.3: Instrumentos de visualización. [6]

1. Velocímetro.
2. Indicador luces direccionales.
3. Indicador de luz de carretera.
4. Indicador del nivel de carga de la batería.

2.2.1.4. Bloqueo de Encendido

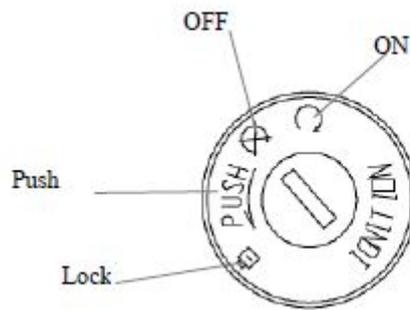


Figura 2.4: Bloqueo de Encendido. [6]

- **ON:** Se puede arrancar el motor y encender las luces.
- **OFF:** Circuito interrumpido el motor y las luces no pueden encenderse.
- **PUSH:** Bloqueo del manillar.
- **LOCK:** Posición final de bloqueo [6].

2.2.2. Funcionamiento de la moto eléctrica Venus 2.0

Se presenta el funcionamiento de la VENUS 2.0 el cual es diseñado para ser intuitivo y eficiente:

- Encendido y arranque: El proceso de encendido es inmediato, mediante un botón que activa el sistema eléctrico y el motor, listo para conducir en segundos.
- Aceleración: La transmisión directa desde el motor a la rueda trasera permite una aceleración suave y constante, sin los cambios bruscos de un motor de combustión interna.
- Frenado: El sistema de frenado detiene el vehículo eficientemente.[6].

2.2.3. Datos Técnicos de la moto eléctrica Venus 2.0

Marca (Nombre comercial del fabricante)	Trinity
Modelo	Venus 2.0
Tipo	ZMAJ05
Variante	ZM45A
Versión	ZMAJB
Número de ejes	2
Número de ruedas	2
Dimensiones - Largo	1780 mm
Dimensiones - Ancho	670 mm
Dimensiones - Alto	1094 mm
Distancia entre ejes	1310 mm
Masa en orden de marcha	60 Kg
Masa actual	148 Kg
Masa máx. en carga admisible	223 Kg
Masa máx. admisible eje delantero	70 Kg
Masa máx. admisible eje trasero	153 Kg
Consumo de Energía	28 Wh/Km
Motor	Buje sin escobillas
Batería	Litio
Potencia del motor	2000 W
Velocidad máxima	25 km/h a 45 km/h
Autonomía mínima por carga de batería	Mayor a 65 Km
Peso con batería	77 Kg aprox.
Carga útil máxima	160 Kg
Capacidad de la batería	60V / 28Ah (1,68 kWh)
Ciclos de carga (80% capacidad residual)	1000
Tiempo de carga	8 h
Batería Extraíble	Si
Suspensión	Amortiguadores Hidráulicos
Frenos	Disco delantero / Tambor trasero
Neumáticos	10 pulg.
Presión de los Neumáticos	2,5 - 3,0 bar

Tabla 2.1: Ficha Técnica Venus 2.0. [6]

2.3. Cálculo para la demanda energética de un vehículo eléctrico

Con el objetivo de estimar la demanda de energía de la moto eléctrica Venus 2.0 es necesario analizar las fuerzas que actúan sobre un vehículo eléctrico en movimiento. Por esta razón se realiza un diagrama de cuerpo libre sobre un plano inclinado, simulando con esto una situación real, en donde se analizará mediante ecuaciones las fuerzas que actúan sobre el vehículo eléctrico en general.

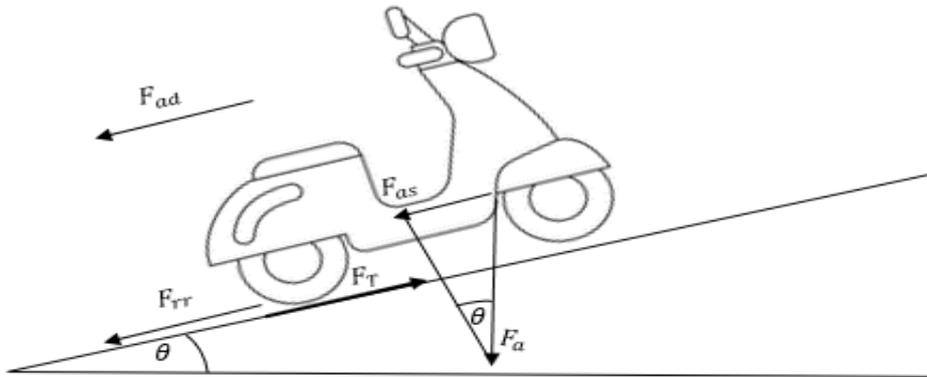


Figura 2.5: Fuerzas que actúan sobre la moto eléctrica.

2.3.1. Ecuaciones de movimiento del vehículo eléctrico

2.3.1.1. Distancia entre los puntos geográficos

El registro de los datos de posición tanto de latitud y longitud se realiza mediante un GPS Garmin. Estos datos se tratan en Microsoft Excel para llevar un registro ordenado de las rutas y el tráfico, y poder cargar el archivo al programa para el cálculo de la demanda de

energía de la moto Venus 2.0 . Para encontrar la distancia se utiliza la ecuación de Haversine 2.1 que permite encontrar la distancia entre dos puntos geográficos sobre la superficie de una esfera.

$$d = 2r \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right) \quad (2.1)$$

donde:

- d es la distancia entre los dos puntos (a lo largo de la superficie de la Tierra).
- r es el radio ecuatorial promedio de la Tierra (6378,1 Km).
- ϕ_1, ϕ_2 son las latitudes de los dos puntos en grados decimales.
- λ_1, λ_2 son las longitudes de los dos puntos en grados decimales.

2.3.1.2. Distancia Recorrida

Determinada la distancia d entre dos puntos , con la ecuación 2.2 se calcula la distancia recorrida.

$$D_i = \sum_{j=1}^i d_j \quad (2.2)$$

donde:

- D_i es la distancia total acumulada hasta el punto i .
- d_j es la distancia entre el punto j y el punto $j+1$.

2.3.1.3. Cálculos de Velocidad y Aceleración

Con las ecuaciones 2.3 y 2.4 se determinan la velocidad y aceleración de la ruta.

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} [m/s] \quad (2.3)$$

donde:

- v es la velocidad promedio,
- Δd es la variación de la posición (m).
- Δt es la variación del tiempo (s).

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} [m/s^2] \quad (2.4)$$

donde:

- a es la aceleración,
- Δv es el cambio en la velocidad (m/s).
- Δt es el cambio en el tiempo (s).

2.3.1.4. Cálculo de la pendiente o ángulo de elevación de la ruta

Considerando la diferencia de altitud y de distancia, con la ecuación 2.5 se determina el ángulo de elevación de la ruta.

$$\theta = \arctan\left(\frac{\text{elevación}}{\Delta d}\right) \text{ [rad/s]} \quad (2.5)$$

donde:

- elevación: es la diferencia en altura entre los dos puntos (m).
- Δd : es la distancia horizontal entre los dos puntos (m).

2.3.2. Fuerzas actuantes del vehículo eléctrico

Para el cálculo de la demanda se considera la resistencia aerodinámica, la resistencia a la rodadura y la variación de la velocidad debido a la topografía y las condiciones de tráfico interactúan entre sí. Utilizando ecuaciones que describen estas interacciones, el modelo estima la demanda de energía en tiempo real o a lo largo de una trayectoria determinada.

2.3.2.1. Fuerza de fricción de rodadura

Es la fuerza opuesta al movimiento, esto se debe al movimiento de un cuerpo sobre otro.

$$F_{rr} = mgC_r \cos \theta \text{ [N]} \quad (2.6)$$

donde:

C_r = Coeficiente de resistencia a la rodadura (Adimensional).

θ = Ángulo de elevación (rad/s).

m = masa (kg).

g = gravedad (m/s^2).

2.3.2.2. Fuerza de fricción aerodinámica

Es la fuerza que actúa en dirección opuesta al movimiento de un objeto (VE) que se mueve a través del aire. En otras palabras, es la resistencia que el aire ofrece al movimiento de un objeto.

$$F_{ad} = 0,5C_d A \rho v [N] \quad (2.7)$$

donde:

C_d = Coeficiente aerodinámico (Adimensional).

A = Área frontal del vehículo (m^2).

ρ = densidad del aire (kg/m^3).

v = velocidad (m/s).

2.3.2.3. Fuerza de gravedad o ascenso

$$F_{as} = mg \sin \theta [N] \quad (2.8)$$

donde:

m = masa (kg).

g = gravedad (m/s^2).

θ = Ángulo de elevación (rad/s).

2.3.2.4. Fuerza de aceleración

$$F_a = ma [N] \quad (2.9)$$

donde:

m = masa (kg).

a = aceleración (m/s^2).

2.3.2.5. Fuerza Tracción Total

Aplicando la segunda ley de Newton , que nos dice que la fuerza neta que actúa sobre un objeto es igual al producto de su masa por la aceleración que experimenta:

$$F = ma [N] \quad (2.10)$$

En el caso de la moto eléctrica, la fuerza neta o de aceleración es el resultado de la diferencia entre las fuerzas que impulsan el vehículo hacia adelante (fuerza de tracción) y las fuerzas que se oponen a su movimiento (fuerzas de resistencia).

$$F_T - F_{rr} - F_{ad} - F_{as} = ma [N] \quad (2.11)$$

Despejando F_T en 2.11 y sustituyendo 2.9 se tiene :

$$F_T = F_{rr} + F_{ad} + F_{as} + F_a \text{ [N]} \quad (2.12)$$

donde:

F_T = Fuerza de tracción generada por el motor eléctrico (N).

F_{rr} = Fuerza de fricción de rodadura (N).

F_{ad} = Fuerza de fricción aerodinámica (N).

F_{as} = Fuerza de gravedad (N).

F_a = Fuerza de aceleración (N).

2.3.2.6. Torque y velocidad en las ruedas

Una vez calculado la fuerza de tracción este se multiplica por el radio de la rueda, para obtener el torque necesario para impulsar el vehículo.

$$T_w = \frac{F_T r}{1000} \text{ [Nm]} \quad (2.13)$$

donde:

F_T = Fuerza de tracción generada por el motor eléctrico.

r = Radio de las Ruedas en milímetros.

1000 = Factor de conversión (Nmm a Nm).

Para convertir la velocidad lineal a velocidad angular se utiliza la ecuación 2.14:

$$N_w = \frac{v}{r/1000} \frac{60}{2\pi} [rpm] \quad (2.14)$$

donde:

v = Velocidad (m/s).

r = Radio de las ruedas (mm).

1000 = Factor de conversión (mm a m).

2π = Numero de radianes en una revolución.

60 = Factor de conversión (segundos a minutos)

2.3.2.7. Potencia Mecánica

La potencia mecánica se calcula a partir de las características del motor eléctrico y su rendimiento en la transmisión de energía a las ruedas.

$$P_m = T_w N_w \frac{2\pi}{60} [W] \quad (2.15)$$

donde:

P_m = Potencia mecánica en el motor.

T_w = Torque en las ruedas (Nm).

N_w = Velocidad en las ruedas (rpm).

2π = Numero de radianes en una revolución.

60 = Factor de conversión (minutos a segundos).

2.3.2.8. Potencia Eléctrica

La potencia eléctrica suministrada al motor se puede calcular a partir de la potencia mecánica y la eficiencia del sistema, usando la siguiente fórmula:

$$P_e = \frac{P_m}{\eta} [W] \quad (2.16)$$

donde:

P_m = Potencia mecánica (W).

η = Eficiencia del motor (Adimensional).

2.3.2.9. Modelo Matemático para la Demanda Energética

Con la ecuación 2.17 (Área bajo la curva Potencia vs tiempo), se determina la energía utilizada en cada ruta.

$$E = \sum_{i=1}^n \frac{F_{Ti}(t)v_i(t)}{\eta} \Delta t_i [kJ] \quad (2.17)$$

donde:

F_T = Fuerza de tracción generada por el motor eléctrico (N).

v = velocidad (m/s).

t = tiempo (s).

η = Eficiencia del motor (Adimensional).

2.3.2.10. Cálculo del Estado de carga

$$SoC = \left(\frac{E_{actual}}{C_B} \right) \times 100 \% \quad (2.18)$$

donde:

SoC = Estado de carga de la batería (%),

E_{actual} = Energía actual almacenada en la batería (Wh),

C_B = Capacidad total de la batería (Wh).

2.4. Software para el cálculo de la Demanda de Energía de la Moto Eléctrica Venus 2.0

2.4.1. Procedimiento

Para la recolección y registro de los datos topográficos:

- Mediante un GPS Garmin se realizó la toma de datos para la duración de las rutas con un intervalo de 1 segundo. Se tienen 9 archivos con extensión (.gpx).

- Se utilizó la aplicación de Map Source para abrir los archivos, observar los datos y el perfil de la carretera, además se cambió el formato de salida para tener archivos con extensión (.txt).
- Se abrieron los archivos en Microsoft Excel con los datos de origen.
- Se creó una nueva hoja de Excel, se ordenaron y discriminaron los datos necesarios para los cálculos de la demanda de energía.
- Se procesaron los datos para obtener el perfil de la ruta a probar, con el fin de graficar el perfil de la carretera.
- Se guardó el archivo con extensión (.xlsx), de tal manera que se pudiera acceder a los datos desde MATLAB.

Para acceder a la App y código de MATLAB se realizó lo siguiente:

- Se revisó que estuvieran instaladas las librerías necesarias para poder trabajar con datos topográficos.
- Se creó un script en MATLAB.
- Se importaron los datos de las rutas necesarios para obtener los valores de velocidad, aceleración y elevación.
- Se ingresaron los parámetros físicos, eléctricos y mecánicos de la moto eléctrica Venus 2.0 necesarios para realizar los cálculos requeridos.
- Se definió una función para calcular las fuerzas que actúan sobre el vehículo eléctrico.
- Se definió una función para calcular la potencia mecánica de la moto eléctrica. Esta función tiene como parámetros el Torque y Velocidad.
- Se definió una función para calcular la potencia eléctrica de la moto. Esta función tiene como parámetros la potencia mecánica y la eficiencia del motor eléctrico.

- Se definió una función para calcular la demanda de energía eléctrica al obtener el área bajo la curva de la Potencia Eléctrica.
- Se creó una App Designer en MATLAB.
- En App Designer se creó la interfaz de usuario, para el ingreso de parámetros y visualización de resultados gráficos y numéricos.
- Se definió una función para calcular el estado de carga de la batería, con el propósito de poder comparar con el indicador existente en la moto Venus 2.0 .
- Se ejecutó la aplicación para analizar los resultados.

El diagrama de flujo de la figura 2.6 representa la estructura del programa para el cálculo de la estimación de Demanda de Energía y el estado de carga de la Batería al finalizar cada ruta con los niveles de tráfico que se analizarán posteriormente.

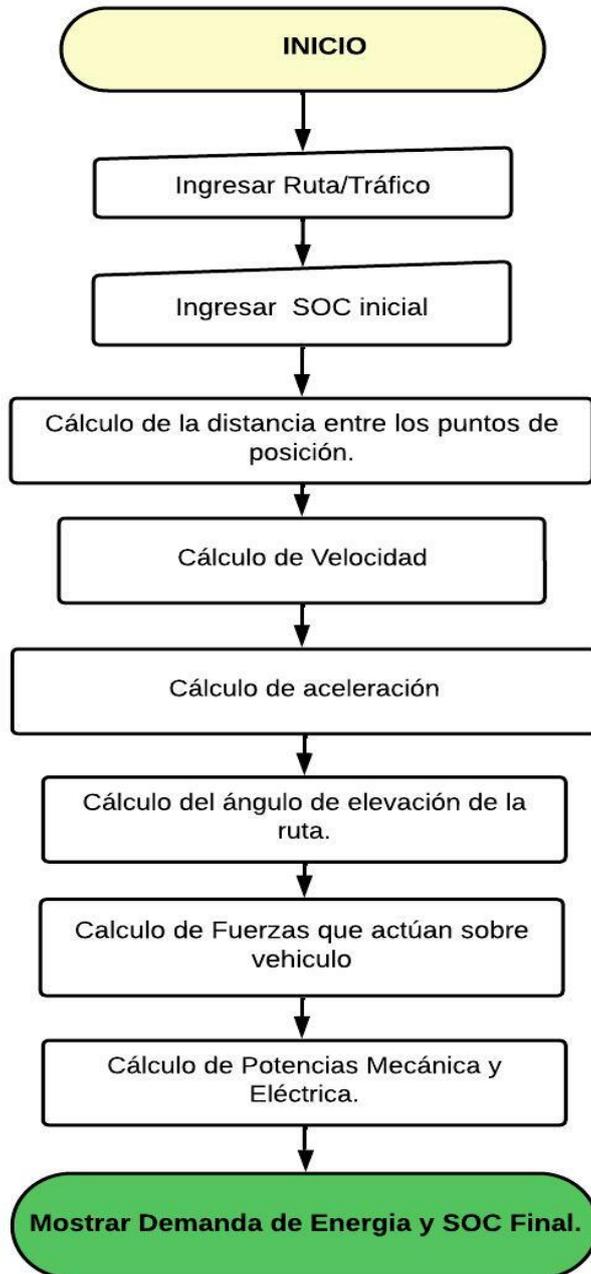


Figura 2.6: Diagrama de Flujo

2.5. Elección del Punto de Origen y Destino para las Pruebas de Demanda de Energía

Para seleccionar una trayectoria para las pruebas de demanda de energía, es necesario en primer lugar seleccionar el punto de origen y de destino. Como punto de origen la Universidad Politécnica Salesiana, siendo este lugar de donde se encuentra la moto eléctrica y desde donde empezará el análisis. Para determinar el punto de destino, se hallará el centroide de la parroquia urbana con mayor densidad poblacional, con el objetivo de obtener el promedio de la posición de todos los puntos de la forma de la parroquia.

La densidad poblacional se obtiene de dividir el número de habitantes por unidad de superficie

Los datos de superficie de las parroquias urbanas se obtienen del estudio realizado por la Unidad de Gestión Estratégica Cantonal del GAD Municipal de Cuenca.[31].

Los datos de número de habitantes por cada parroquia se obtienen de la documentación de la Dirección Nacional del Registro Electoral del Consejo Nacional Electoral [32].

En la Tabla 2.2 y la figura 2.7, se puede identificar que la Parroquia con mayor densidad poblacional es la Parroquia Gil Ramirez Davalos con un 12 %, seguida por la parroquia Totoracocha con un 11 % y Cañaribamba con un 10 %. De la misma manera se puede identificar que la parroquia con menor densidad poblacional es la parroquia Machángara con un 2 %.

Parroquia	Área (Km ²)	Población	Densidad (Población/km ²)
Bellavista	4,9927	30752	6159,392713
Cañaribamba	1,1438	11867	10375,06557
El Batan	4,8561	23713	4883,136673
El Sagrario	0,7467	6773	9070,577206
El Vecino	3,3675	29945	8892,353378
Gil Ramírez Dávalos	0,6252	7101	11357,96545
Hermano Miguel	6,5556	17386	2652,083715
Huayna Capác	3,7119	16262	4381,044748
Machángara	14,6793	23193	1579,979972
Monay	5,4391	16842	3096,468166
San Blas	1,2262	9759	7958,734301
San Sebastián	8,3087	39048	4699,652172
Sucre	2,6084	22780	8733,32311
Totoracocha	2,8503	30441	10679,92843
Yanuncay	10,6064	51673	4871,869814

Tabla 2.2: Superficie de Parroquias Urbanas de Cuenca

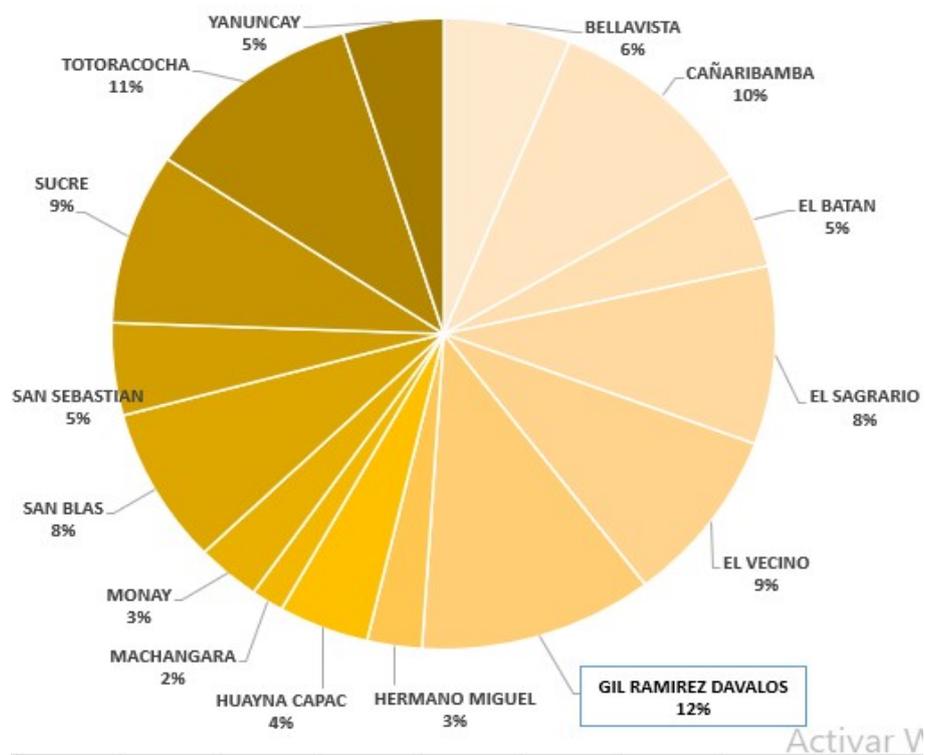


Figura 2.7: Densidad Poblacional Parroquias Urbanas

2.5.1. Centroide de la Parroquia Gil Ramírez Dávalos

Para el cálculo del centroide es necesario conocer las delimitaciones y las distancias que tiene la parroquia urbana para lo cual se utiliza la aplicación de Google Maps, así como el Visor de mapas del Geoportal Web del Municipio de Cuenca, para poder corroborar la información obtenida.

Las esquinas que delimitan la parroquia serán identificadas por los números del 1 al 4 para simplificar nombres.

Las delimitaciones de la parroquia Gil Ramírez Dávalos según la última Ordenanza de división de las parroquias urbanas de la ciudad de Cuenca son las siguientes:

1. Vereda oriental de la calle Coronel Tálbot y la vereda sur de la calle Vega Muñoz, localización (S2 53 28.3 W79 00 36.1)
2. Vereda sur de la carrera Vega Muñoz, hasta llegar a la vereda occidental de la calle Benigno Malo, localización (S2 53 33.9 W79 00 14.7)
3. Vereda occidental de la calle Benigno Malo, hasta la margen Norte del Río Tomebamba localización (S2 54 06.3 W79 00 21.9)
4. Margen norte del Río Tomebamba hasta la prolongación de la vereda oriental de la calle Coronel Tálbot, localización (S2 53 54.1 W79 00 41.9)

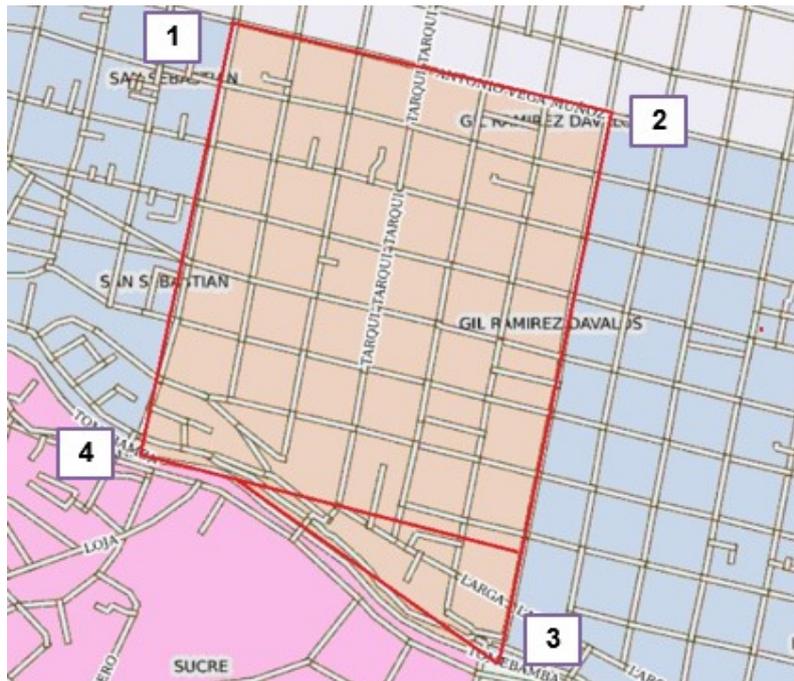


Figura 2.8: Parroquia Gil Ramirez Davalos.
Fuente: Geoportal Municipio de Cuenca.

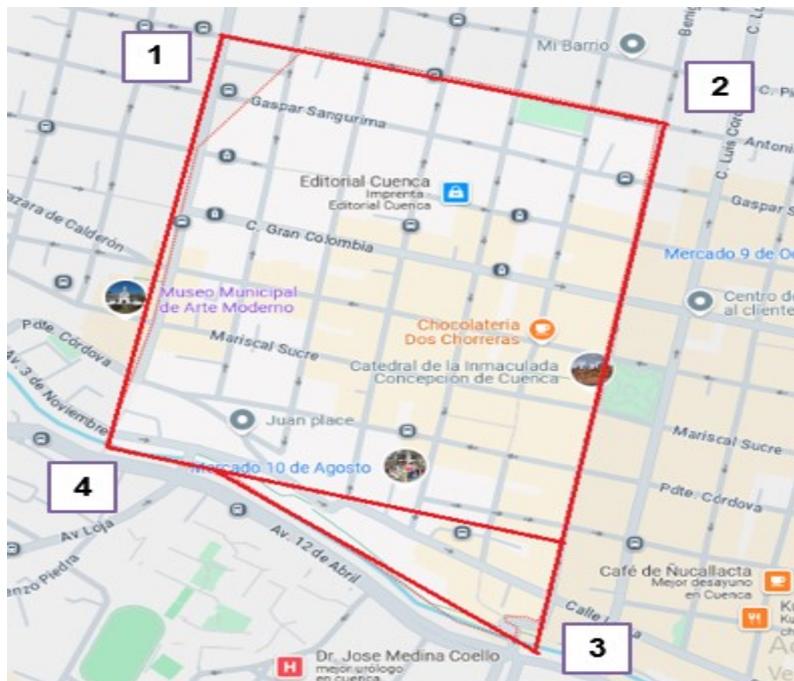


Figura 2.9: Parroquia Gil Ramirez Davalos
Fuente: Google Maps.

Para obtener las distancias generales de la parroquia Gil Ramírez Dávalos utilizando los datos de posición (latitud y longitud), se utiliza la ecuación de Haversine que tiene en cuenta la esfericidad del planeta:

$$d = 2r \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right) \quad (2.19)$$

Donde:

- d es la distancia entre los dos puntos (a lo largo de la superficie de la Tierra).
- r es el radio ecuatorial promedio de la Tierra (6378,1 Km).
- ϕ_1, ϕ_2 son las latitudes de los dos puntos en grados decimales.
- λ_1, λ_2 son las longitudes de los dos puntos en grados decimales.

Los datos obtenidos utilizando la ecuación 2.19 son los siguientes:

- Distancia entre los puntos 1 y 2
 $d_{12} = 0,6824$ km
- Distancia entre los puntos 2 y 3
 $d_{23} = 1,0251$ km
- Distancia entre los puntos 3 y 4
 $d_{34} = 0,7229$ km
- Distancia entre los puntos 1 y 4
 $d_{14} = 0,8167$ km

Para el cálculo del centroide es necesario tratar la forma de la parroquia como una figura geométrica reconocible, en este caso se analizará el centroide de una figura irregular que se divide en dos obteniendo un rectángulo y un triángulo rectángulo, como se observa en la figura 2.10.

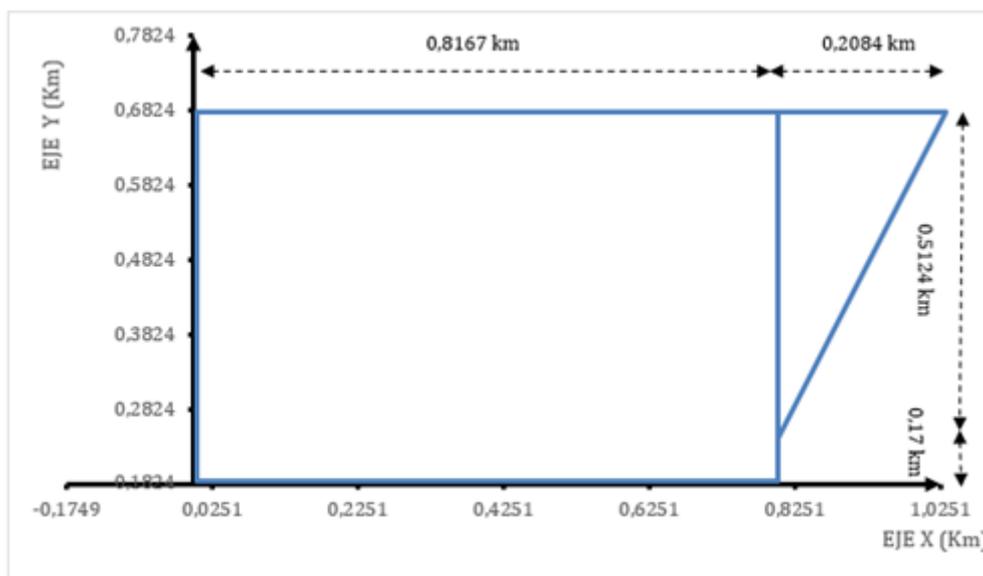


Figura 2.10: Figuras Geométricas.

Centroide Rectángulo

Se determina el área del rectángulo, mediante la ecuación 2.20.

$$A = b \times h \quad (2.20)$$

Posteriormente se calcula el centro de masa del rectángulo, mediante la ecuación 2.21:

$$\bar{x} = \frac{1}{2}b, \bar{y} = \frac{1}{2}h \quad (2.21)$$

Centroide Triángulo Rectángulo

Se determina el área del triángulo rectángulo, mediante la ecuación 2.22:

$$A = \frac{b \times h}{2} \quad (2.22)$$

Posteriormente se calcula el centro de masa del triángulo rectángulo, mediante la ecuación 2.23:

$$\bar{x} = \frac{1}{3}b, \bar{y} = \frac{1}{3}h \quad (2.23)$$

En la Tabla 2.3 se registran los resultados de área, centro de masa para el rectángulo y triángulo rectángulo con las ecuaciones mencionadas anteriormente. Además se realiza un producto de las áreas por el centro de masa y la sumatoria de dichos productos y del área de las figuras.

Figura	Área	\bar{x}	\bar{y}	$A \bar{x}$	$A \bar{y}$
Rectángulo	557316,080	408,35	341,20	227580021,3	190156246,5
Triángulo Rectángulo	53392,080	886,166	511,600	47314245,97	27315388,13
Sumatoria	610708,160			274894267,3	217471634,6

Tabla 2.3: Resultados para el centroide de la parroquia.

Para calcular el punto en el eje x del centroide utilizamos la ecuación 2.24 con los datos calculados de la Tabla 2.3:

$$X = \frac{\sum A\bar{x}}{\sum Area} [m] \quad (2.24)$$

Reemplazando valores se tiene:

$$X = \frac{274894267,3}{610708,160} = 450,123 \text{ m}$$

De la misma manera para calcular el punto en el eje y del centroide utilizamos la ecuación 2.25 con los datos calculados de la Tabla 2.3:

$$Y = \frac{\sum A\bar{y}}{\sum Area} [m] \quad (2.25)$$

Reemplazando valores se tiene:

$$Y = \frac{217471634,6}{610708,160} = 356,097 \text{ m}$$

El centroide de la Parroquia Gil Ramírez Dávalos es el siguiente:

$$X = 450,123m \quad Y = 356,097m$$

Con estas distancias se aproxima gráficamente la intersección de las calles, que son el punto de destino.

Para la aproximación se utiliza las herramientas de medición de Google Maps, y del Visor de mapas del Geoportal del Municipio de Cuenca:

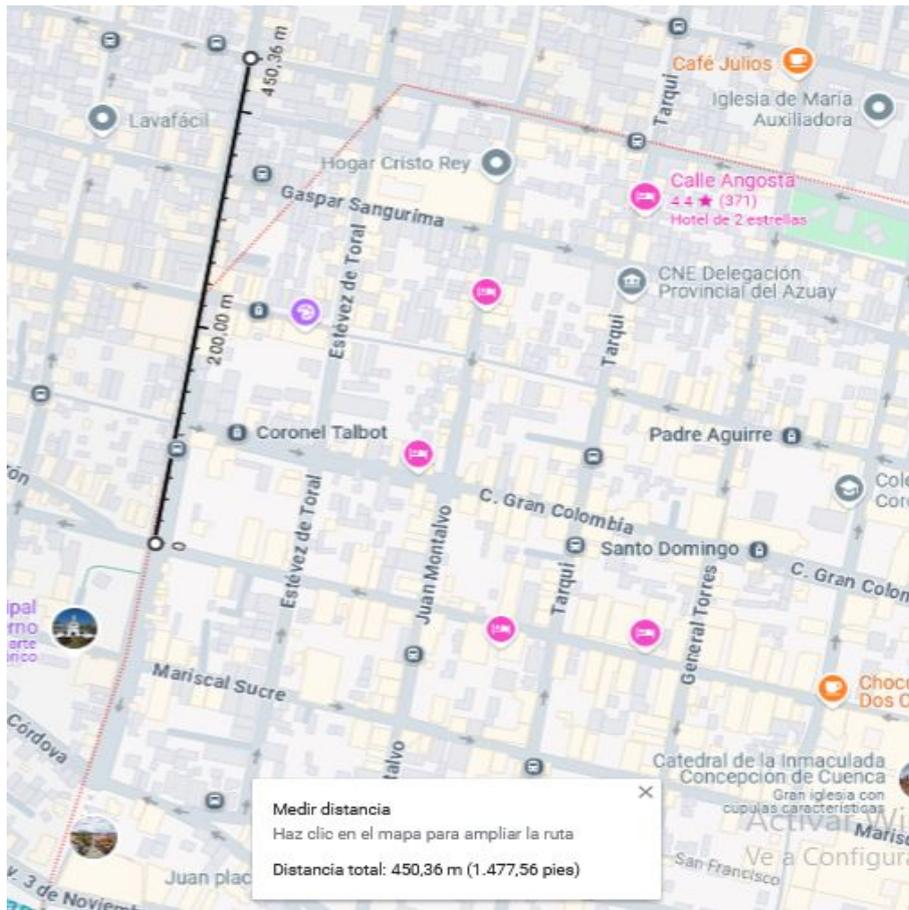


Figura 2.11: Medición en X del centroide de la Parroquia Gil Ramírez Dávalos.
Fuente: Google Maps.

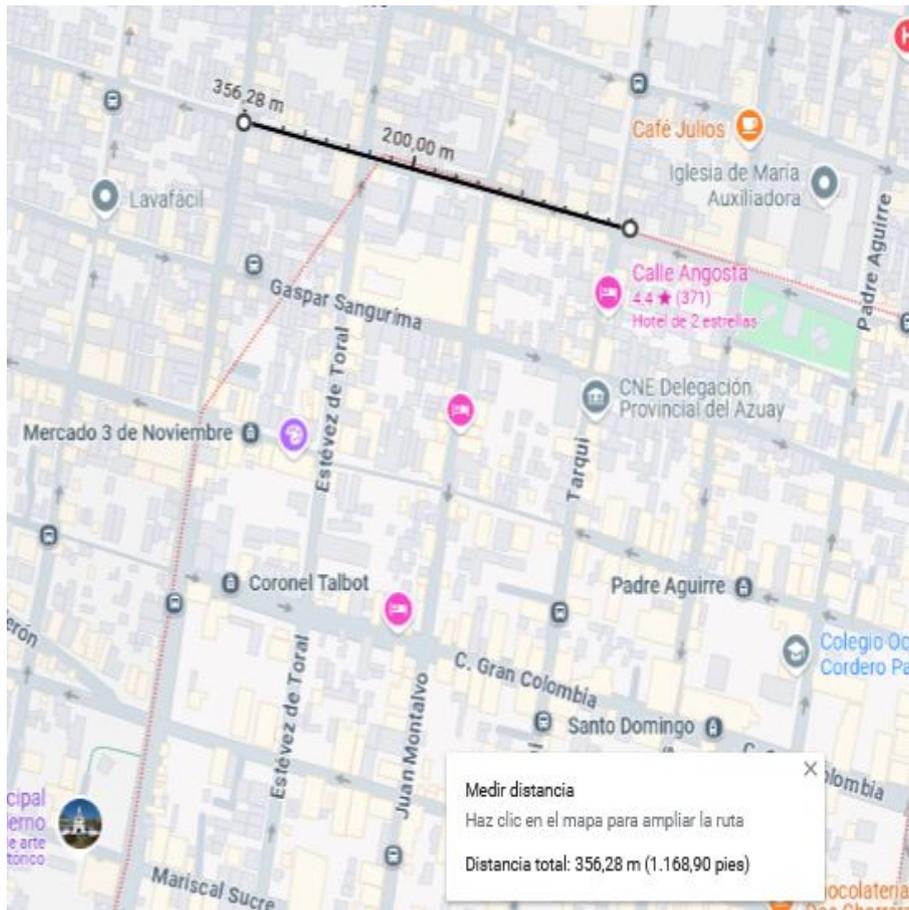


Figura 2.12: Medición en Y del centroide de la Parroquia Gil Ramírez Dávalos.
Fuente: Google Maps.

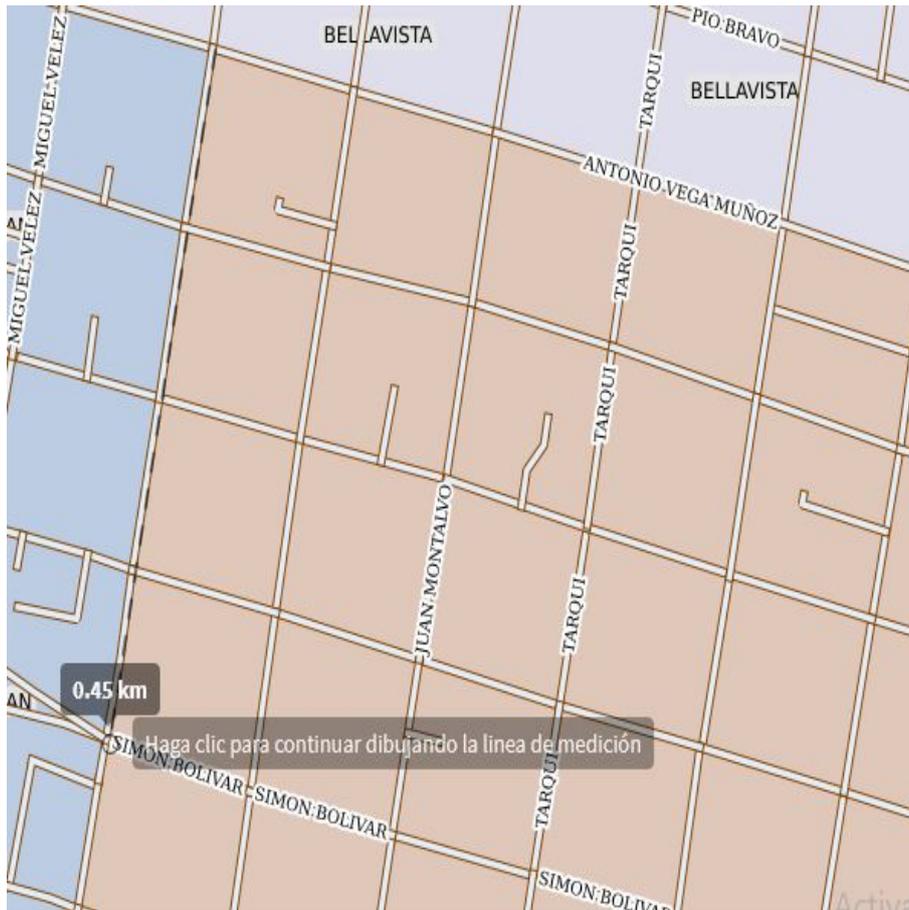


Figura 2.13: Medición en X del centroide de la Parroquia Gil Ramírez Dávalos.
Fuente: Geoportal Municipio de Cuenca.

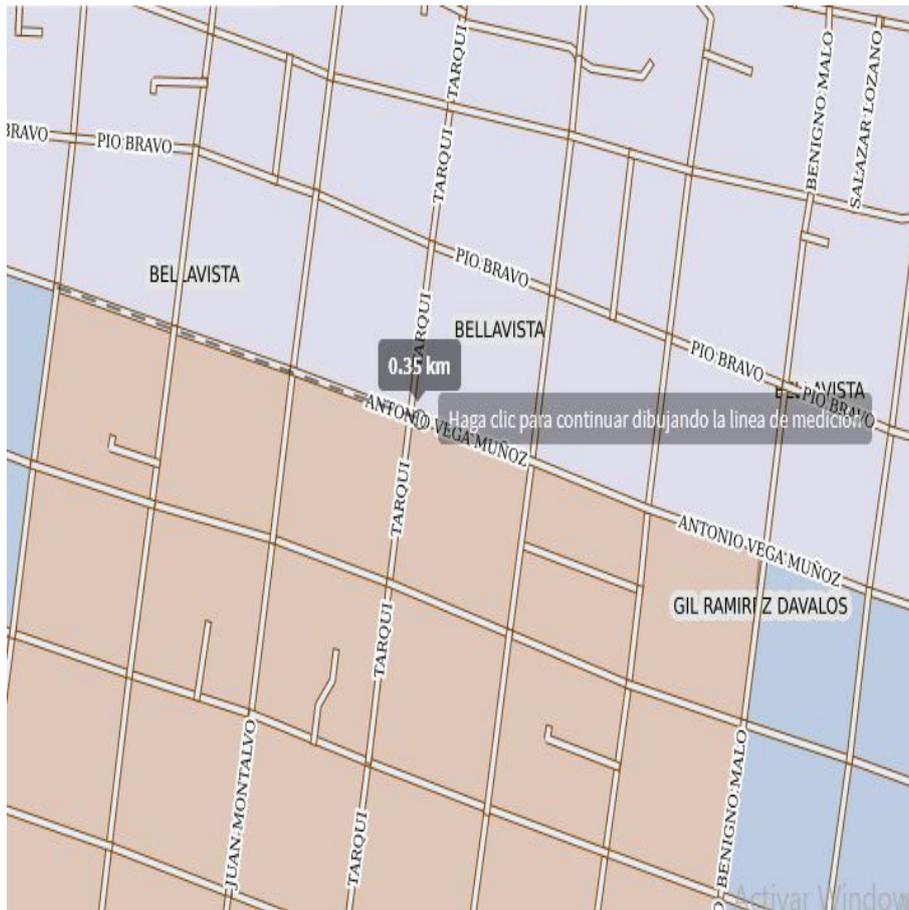


Figura 2.14: Medición en Y del centroide de la Parroquia Gil Ramírez Dávalos.
Fuente: Geoportal Municipio de Cuenca.

Al observar las gráficas 2.11 2.12 2.13 2.14, se aproxima el punto de destino, teniendo como resultado la siguiente intersección:

$$X = \text{Calle Simon Bolivar} \quad Y = \text{Calle Tarqui}$$

Los puntos de origen y destino determinados en esta sección son fundamentales para las pruebas realizadas, pero el modelo debe operar de manera indistinta, independientemente del trayecto.

Capítulo 3

Método de Validación del Programa de Simulación para la Demanda Energética

3.1. Análisis del Tráfico

3.1.1. Movilidad Urbana

El Centro de la ciudad es una de las principales zonas de atracción y recepción de viajes diarios en relación con la superficie Urbana [8]. La zona que concentra mayor viajes de destino es el Centro Histórico, con más del 26% del total, seguida por la zona de El Ejido con el 14%. El centro urbano atrae la mayor cantidad de viajes de la zona urbana, mientras que Capulispamba, Narancay, Paccha-Rayoloma, Turi y El Cajas son las zonas con menor destino de viajes [8].

MACROZONAS - DESTINOS DE VIAJES	DESTINOS TOTALES	DESTINOS TOTALES (%)
Centro Historico	177095	26%
El Ejido	94726	14%
Norte De Av. Americas	33347	5%
Aeropuerto	30115	4%
Cañaribamba	28496	4%
Pumapungo	18874	3%
Yanuncay	46473	7%
Camino Viejo A Baños	10171	1%
Feria Libre	41966	6%
Pencas - Cebollar	15973	2%
Basilica - Abelardo J. Andrade	24420	4%
Miraflores	32454	5%
Parque Industrial - Patamarca	13972	2%
Totoracocho	25066	4%
Monay	22517	3%
Control Sur - Borja	17484	3%
Sayausi - Rio Amarillo	13207	2%
Ricaurte	16170	2%
Capulispamba	8020	1%
Paccha - Rayoloma	6577	1%
Turi	1415	0,2%
Narancay	5709	1%
Cajas	832	0,1%
Total Destinos	685080	100%

Figura 3.1: Distribución de Destinos en Cuenca[8].

3.1.2. Demanda del Tráfico Motorizado

Para estudiar las características principales del tráfico motorizado es necesario disponer de los aforos de vehículos que pasan por determinados puntos de la red vial de Cuenca [8]. Según el PMEP se tienen dos técnicas para obtener dichos aforos:

- **Aforos Automáticos:** mediante 257 detectores del sistema semafórico, ubicados en las 126 intersecciones de la Ciudad, que permite tener datos de tráfico diario, porcentaje de saturación, etc [8].
- **Aforos Manuales:** realizado en las intersecciones por personal calificado para la obtención del volumen del tráfico vehicular [8].

3.1.3. Intensidades Horarias del Tráfico Motorizado

Es la característica más relevante de la circulación vehicular, referida a la intensidad de tráfico o al número de vehículos que pasan por una zona durante un determinado periodo de tiempo [8].

Hora	Veh / h
7:00 - 8:00	7563
8:00 - 9:00	9019
9:00 - 10:00	8728
10:00 - 11:00	7942
11:00 - 12:00	8403
12:00 - 13:00	8445
13:00 - 14:00	8873
14:00 - 15:00	7931
15:00 - 16:00	9769
16:00 - 17:00	8268
17:00 - 18:00	8470
18:00 - 19:00	8539

Figura 3.2: Tráfico por Horas en el Centro Histórico[8].

Para el proyecto se selecciona de la Figura 3.2, tres rangos horarios en donde el tráfico sea alto, medio y bajo acorde con el número de vehículos que circulan por hora.

- **Horario Tráfico Bajo:** 07:00 - 08:00
- **Horario Tráfico Medio:** 12:00 - 13:00
- **Horario Tráfico Alto:** 15:00 - 16:00



Figura 3.3: Intensidad Horaria del Tráfico[8].

3.2. Rutas para las Pruebas de Demanda de Energía considerando el tráfico de la Carretera

Las rutas para recorrer el trayecto determinado que tiene como punto de Origen la Universidad Politécnica Salesiana y punto de destino la intersección de la calles Tarqui y Simón

Bolívar se obtienen mediante las 3 mejores opciones que nos brinda la aplicación de Google Maps.

Se utiliza el equipo GPS Garmin, con el fin de obtener datos topográficos de latitud, longitud y altitud, de cada trayecto. Los datos se tomarán cada segundo con el fin de realizar un análisis más exacto. Estos datos se migran a Microsoft Excel para ser tratados y se pueda cargar al programa con el fin de obtener la demanda de energía para las distintas trayectorias.

Para incorporar el tráfico al análisis, las pruebas de cada ruta se realizan en tres diferentes horarios previamente determinados.

Los datos de las Tablas 3.1, 3.2, 3.3 se obtuvieron mediante el GPS Garmin y de la base de datos en Excel. El porcentaje final de Batería se obtiene al observar el indicador de consumo de la moto eléctrica.

3.2.1. Ruta 1

La ruta empieza en la parte frontal de la Universidad Politécnica Salesiana, Calle Vieja - Avenida Héroes de Verdeloma - General Torres - Simón Bolívar - hasta la intersección con la calle Tarqui.

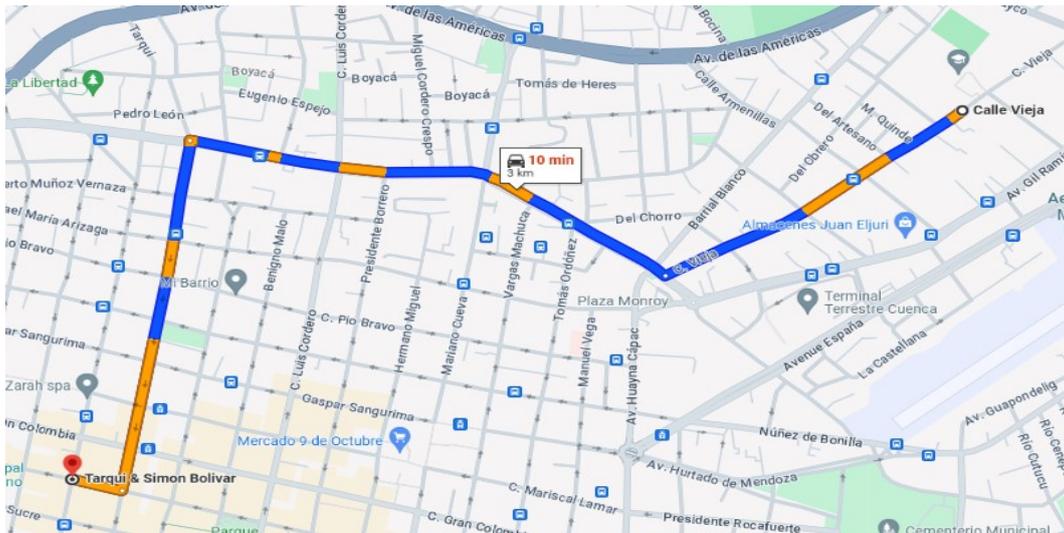


Figura 3.4: Ruta 1 dado por Google Maps.
Fuente: Google Maps.

Parámetro	Tráfico Bajo	Tráfico Medio	Tráfico Alto
Distancia Recorrida	3 Km		
Velocidad Promedio	23,35 Km/h	23,51 Km/h	22,79 Km/h
Tiempo Google Maps	7 min	10min	12min
Tiempo Prueba	8 min	10 min	11 min

Tabla 3.1: Datos de la Ruta 1.

3.2.2. Ruta 2

La ruta empieza en la parte frontal de la Universidad Politécnica Salesiana, Calle Vieja - Héroes de Verdeloma - Del Rollo - Rafael Maria Arizaga - General Torres - Simón Bolívar - hasta la intersección con la calle Tarqui.

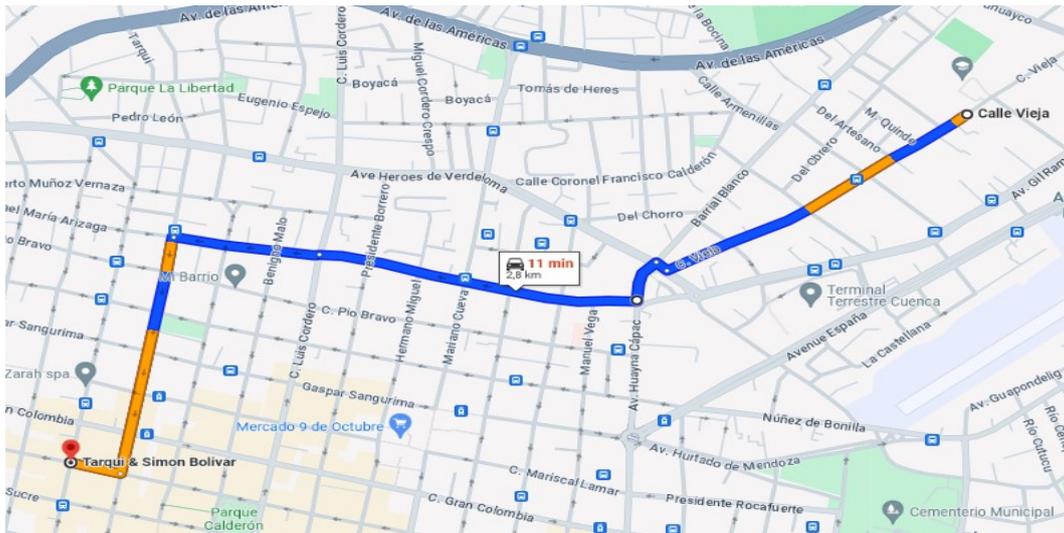


Figura 3.5: Ruta 2 dado por Google Maps.
Fuente: Google Maps.

Parámetro	Tráfico Bajo	Tráfico Medio	Tráfico Alto
Distancia Recorrida	2,8 Km		
Velocidad Promedio	19,12 Km/h	15,63 Km/h	16,04 Km/h
Tiempo Google Maps	8 min	12 min	15 min
Tiempo Prueba	10 min	14 min	18 min

Tabla 3.2: Datos de la Ruta 2.

3.2.3. Ruta 3

La ruta empieza en la parte frontal de la Universidad Politécnica Salesiana, Calle Vieja - Avenida Héroes de Verdeloma - Presidente Borrero - Simón Bolívar hasta la intersección con la de la calle Tarqui

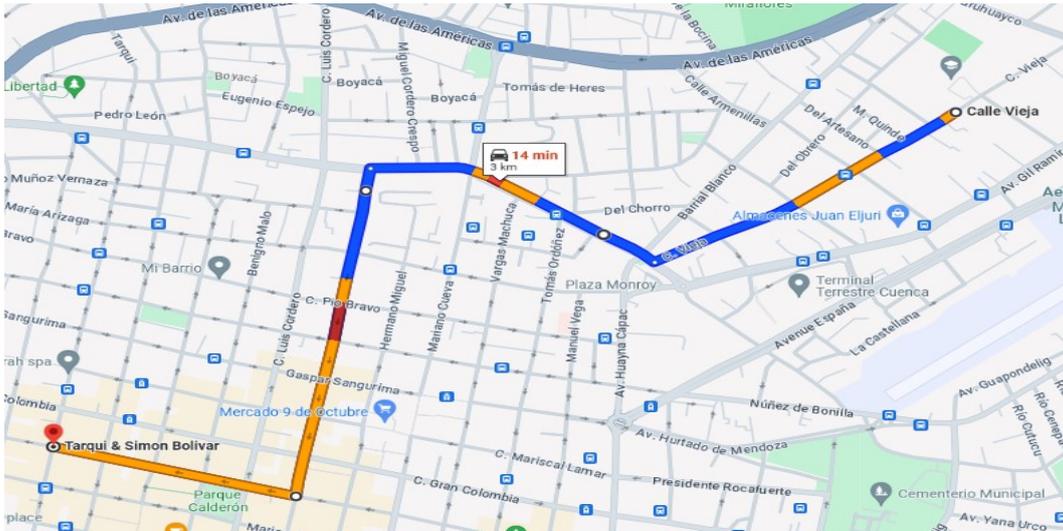


Figura 3.6: Ruta 3 dado por Google Maps.
Fuente: Google Maps.

Parámetro	Tráfico Bajo	Tráfico Medio	Tráfico Alto
Distancia Recorrida	3 Km		
Velocidad Promedio	23,08 Km/h	18,70 Km/h	15,51 Km/h
Tiempo Google Maps	12 min	12 min	16 min
Tiempo Prueba	12 min	15 min	18 min

Tabla 3.3: Datos de la Ruta 3.

3.3. Resultados de la Simulación para la estimación de la Demanda de Energía del vehículo eléctrico

El desarrollo del entorno de simulación elaborada en Matlab permite estimar la demanda de energía de un vehículo eléctrico. Para este cálculo se utiliza la trayectoria determinada con los 3 niveles de tráfico. Los datos topográficos serán registrados mediante un GPS físico y exportados a Microsoft Excel, estos son necesarios para el cálculo de la demanda de energía mediante las ecuaciones expuestas en el capítulo 2.

En la figura 3.7 se puede observar la interfaz elaborada en MATLAB para la estimación de la demanda de energía de la moto eléctrica Venus 2.0. En la interfaz se puede observar los datos de entrada como las rutas y el estado de carga inicial de la batería, así como los datos de salida como el estado de carga final y la demanda de energía. Además se observa las gráficas del mapa de la ruta, perfil de la ruta, velocidad y potencia eléctrica.

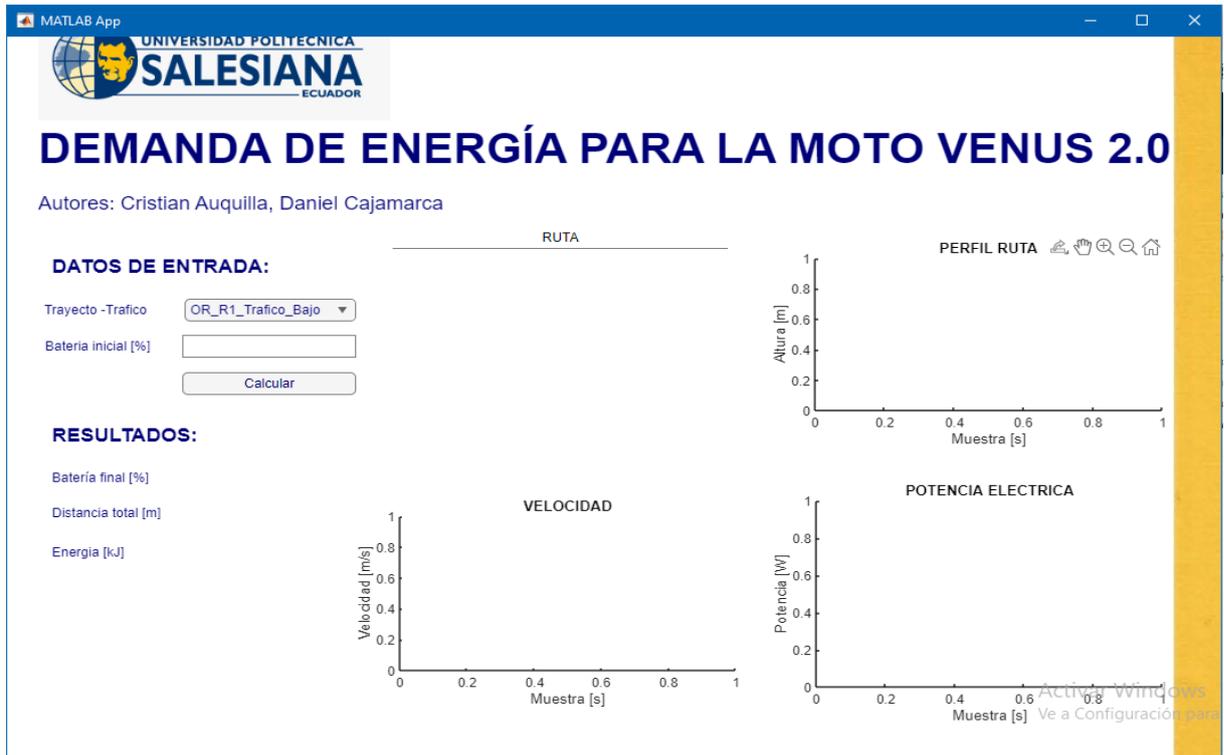


Figura 3.7: Interfaz Elaborada en Matlab.

Para la validación del programa se realizarán pruebas de conducción y se observará en el panel de visualización de la moto, cada barra representa un 10% del nivel de carga total, para la comparación con los resultados simulados se observará el número de barras al final de cada recorrido. En la figura 3.8 se observa en el panel de carga de la batería cargada al 100%.

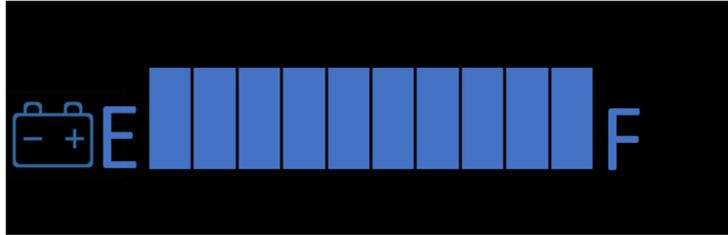


Figura 3.8: Panel de carga de la batería de la moto eléctrica Venus 2.0.

3.3.1. Resultados Simulación Ruta 1

3.3.1.1. Tráfico Bajo

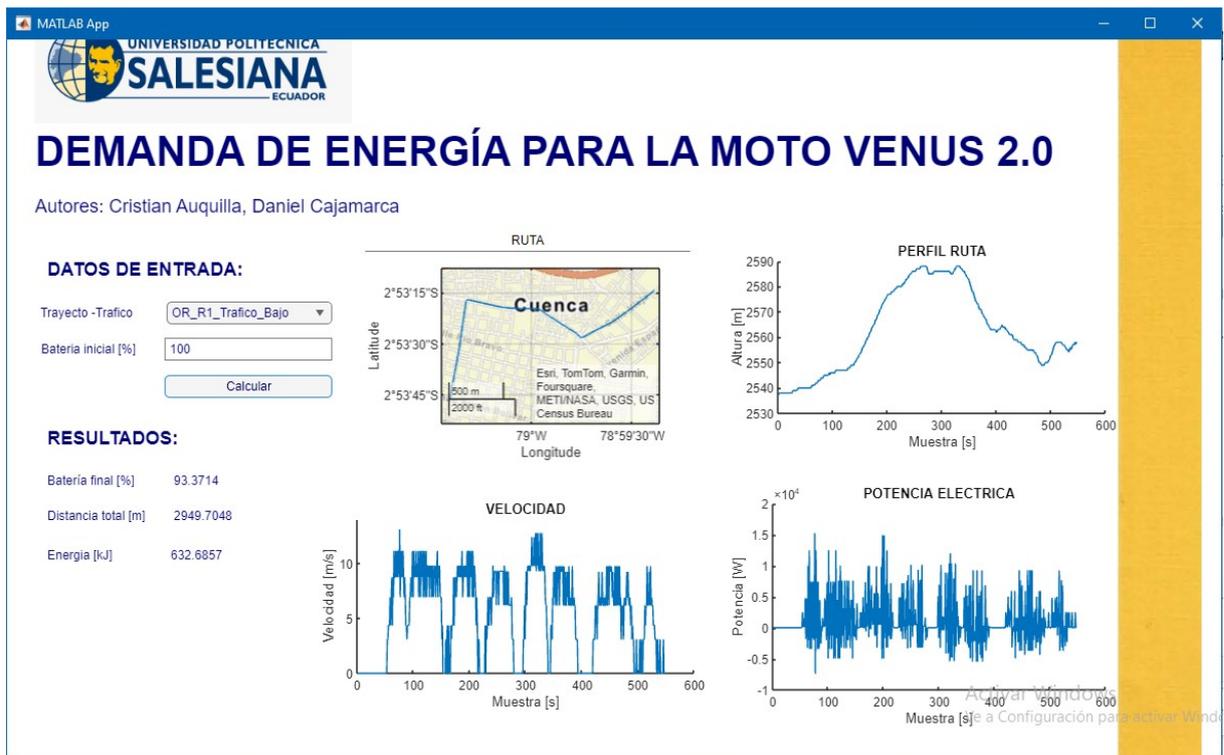


Figura 3.9: Resultados MATLAB Ruta 1 Tráfico Bajo.

SOC Inicial (%)	SOC Calculado(%)	SOC Real (%)
100	93,3714	

Tabla 3.4: SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 1 en Tráfico Bajo.

En tráfico bajo se tiene un estado de carga final al manejar la moto de 90 %, mientras que el valor calculado es de 93,3714 %.

3.3.1.2. Tráfico Medio

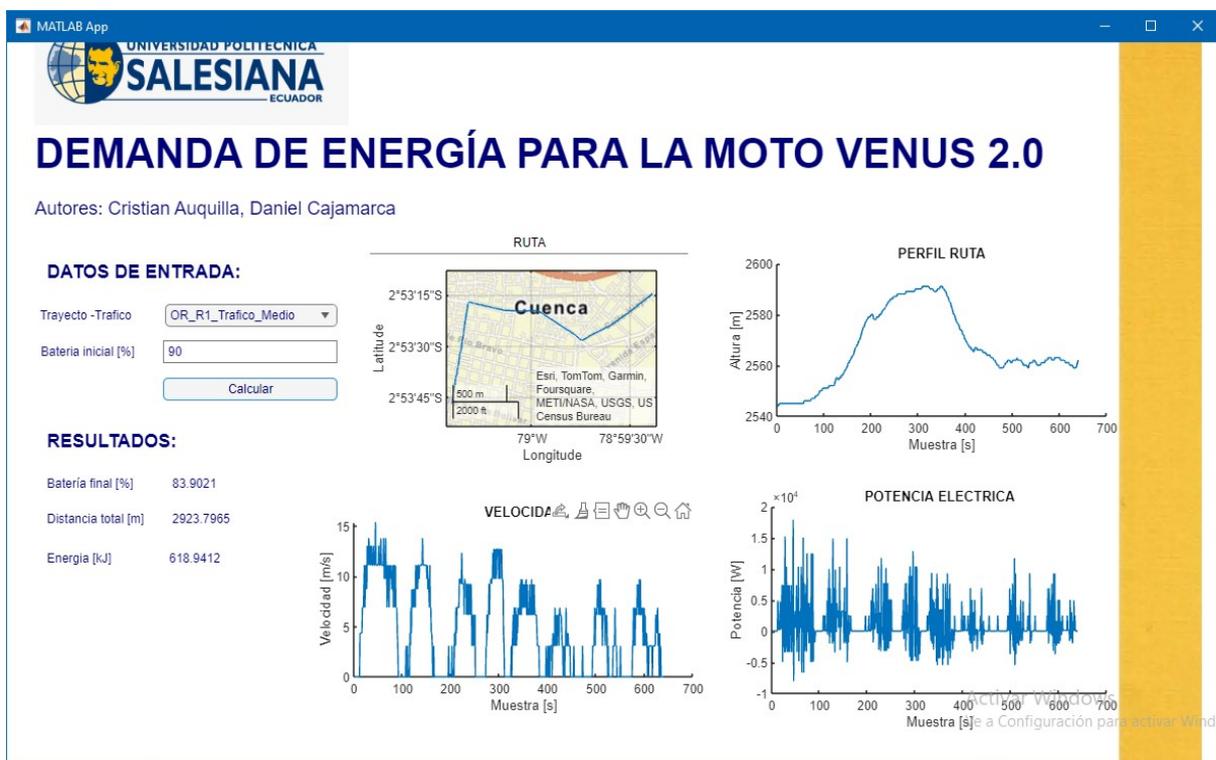


Figura 3.10: Resultados MATLAB Ruta 1 Tráfico Medio.

SOC Inicial (%)	SOC Calculado(%)	SOC Real (%)
90	83,9021	

Tabla 3.5: SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 1 en Tráfico Medio.

En tráfico medio se tiene un estado de carga final al manejar la moto de 80 %, mientras que el valor calculado es de 83,9021 %.

3.3.1.3. Tráfico Alto

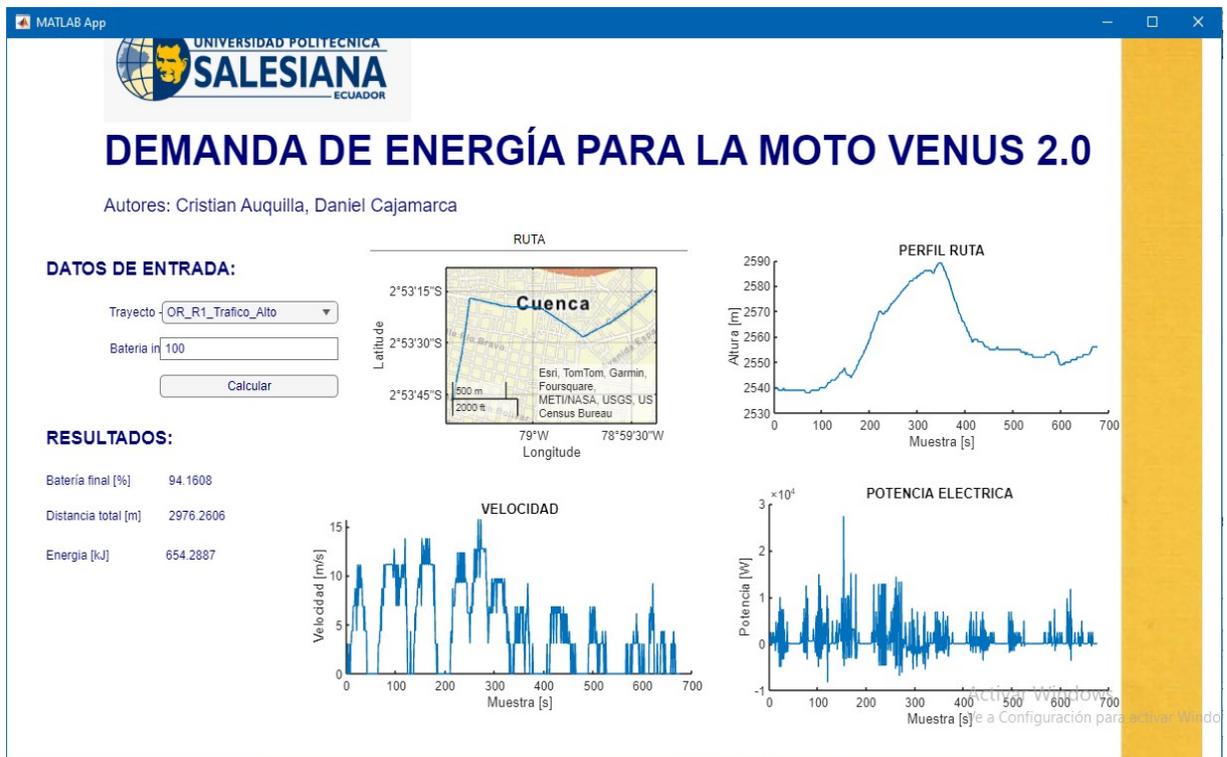


Figura 3.11: Resultados MATLAB Ruta 1 Tráfico Alto.

SOC Inicial (%)	SOC Calculado(%)	SOC Real (%)
100	94,1608	

Tabla 3.6: SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 1 en Tráfico Alto.

En tráfico alto se tiene un estado de carga final al manejar la moto de 90 %, mientras que el valor calculado es de 94,1608 %.

En los resultados se observa lo siguiente:

- La menor demanda de energía se da en el tráfico medio, debido a que la velocidad media es la más alta pero tiene un mayor tiempo de recorrido, lo que provoca mayores paradas y arranques.
- La media demanda de energía se da en el tráfico bajo, debido a que la velocidad media es la más baja y el tiempo de recorrido es el más corto lo que provoca menor número de paradas y arranques y una velocidad más constante.
- La mayor demanda de energía se da en el tráfico alto, debido a que la velocidad media es la más baja y el tiempo de recorrido alto, lo que ocasiona mayor número de paradas y arranques.

3.3.2. Resultados Simulación Ruta 2

3.3.2.1. Tráfico Bajo

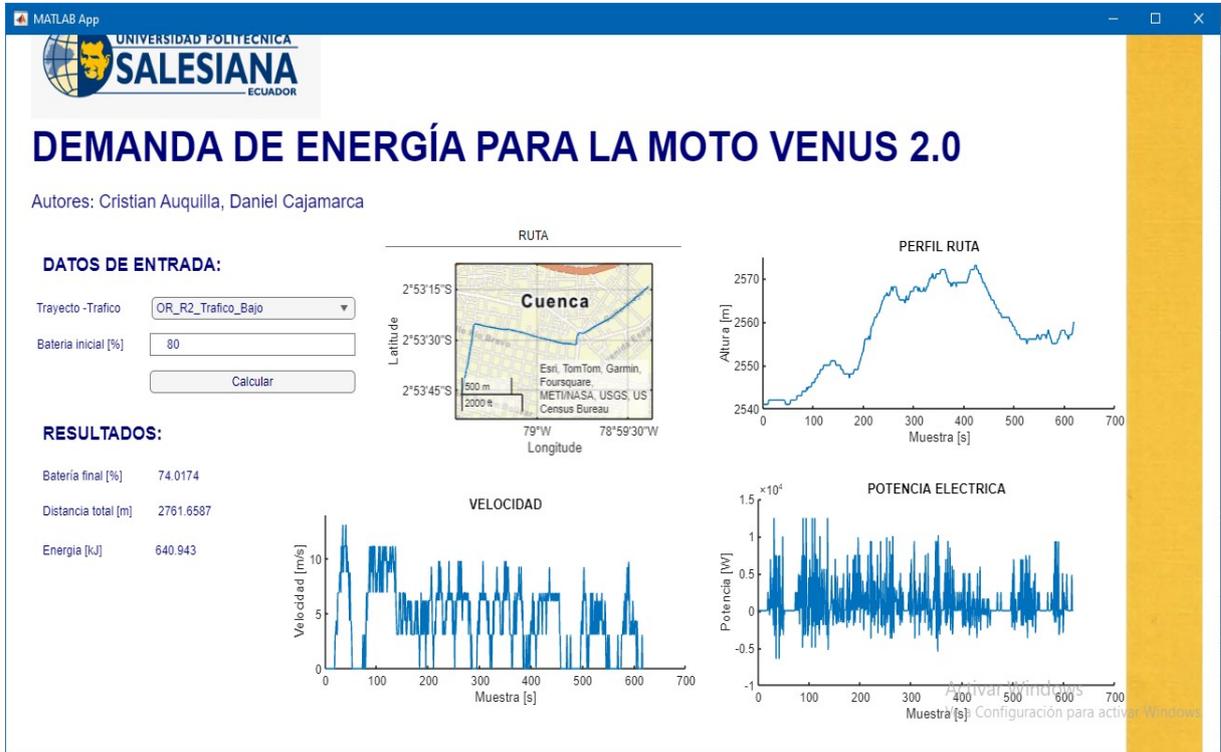


Figura 3.12: Resultados MATLAB Ruta 2.

SOC Inicial (%)	SOC Calculado (%)	SOC Real (%)
80	74,0174	

Tabla 3.7: SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 2 en Tráfico Bajo.

En tráfico bajo se tiene un estado de carga final al manejar la moto de 70 %, mientras que el valor calculado es de 74,0174 %.

3.3.2.2. Tráfico Medio

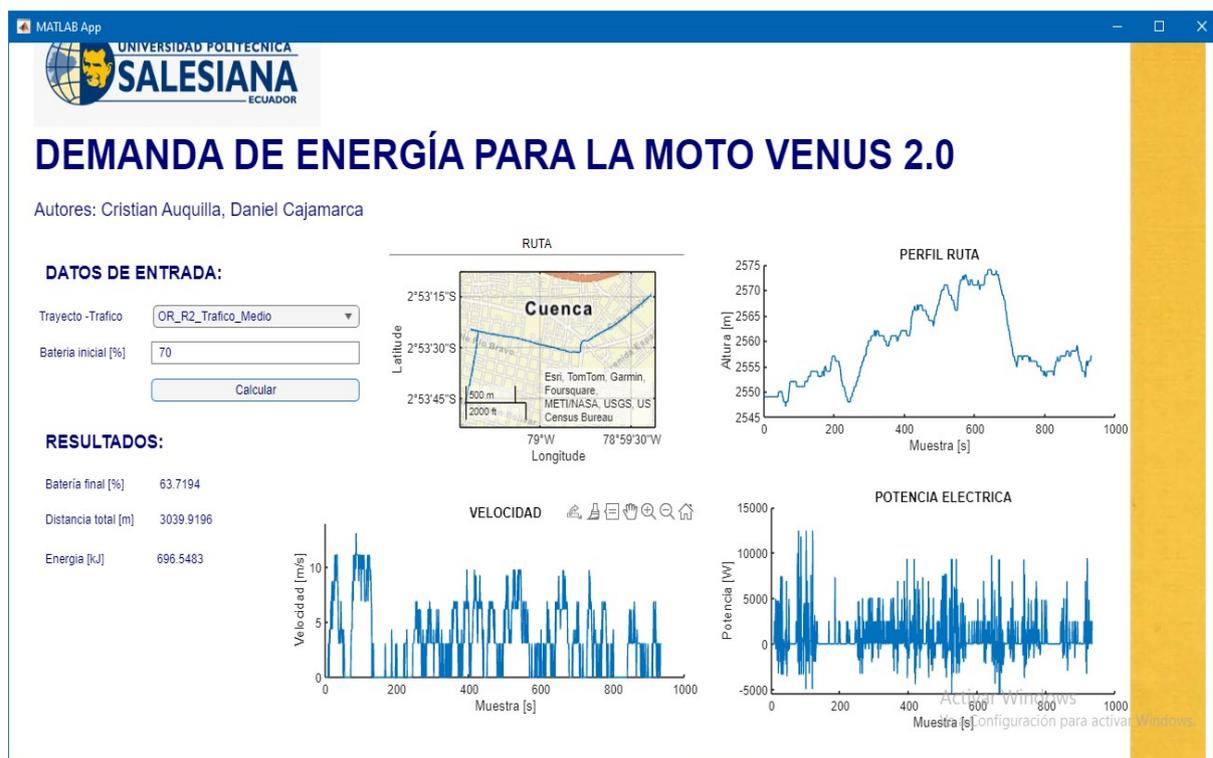


Figura 3.13: Resultados MATLAB Ruta 2.

SOC Inicial (%)	SOC Calculado(%)	SOC Real (%)
70	63,7194	

Tabla 3.8: SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 2 en Tráfico Medio.

En tráfico medio se tiene un estado de carga final al manejar la moto de 60 %, mientras que el valor calculado es de 63,7194 %.

3.3.2.3. Tráfico Alto

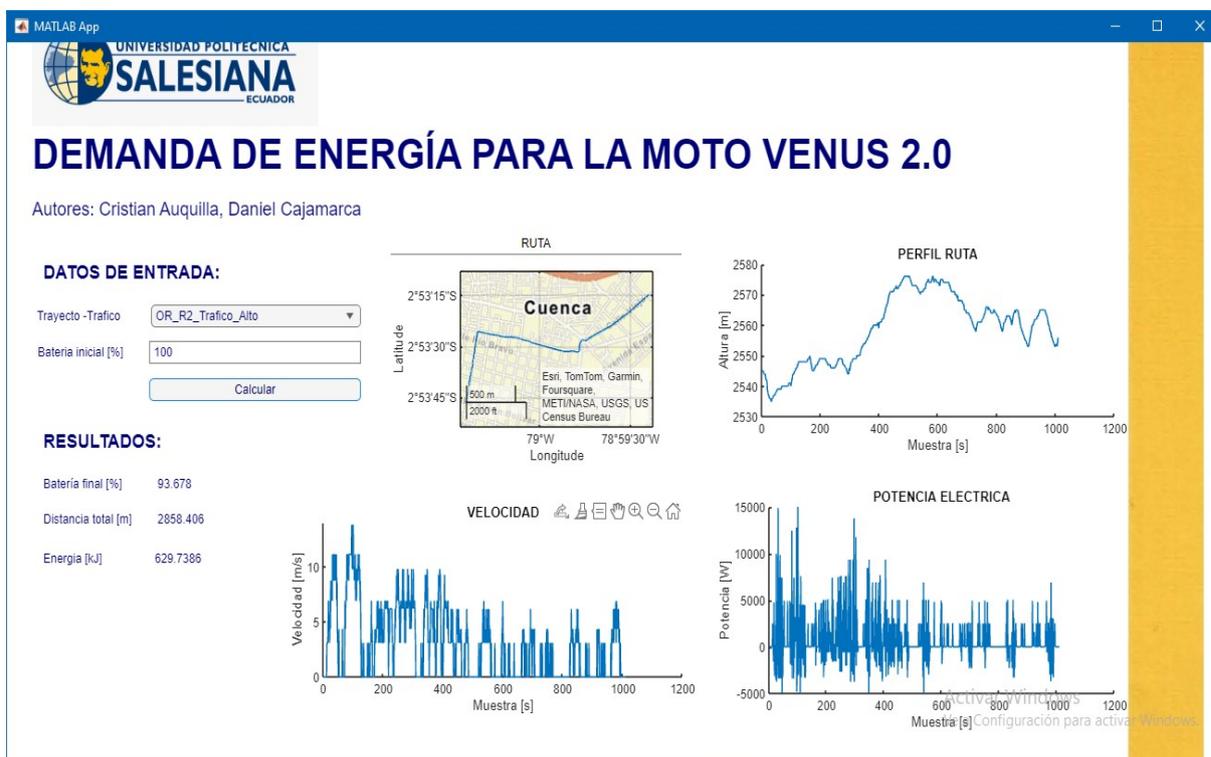


Figura 3.14: Resultados MATLAB Ruta 2.

SOC Inicial (%)	SOC Calculado(%)	SOC Real (%)
100	93,678	

Tabla 3.9: SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 2 en Tráfico Alto.

En tráfico alto se tiene un estado de carga final al manejar la moto de 90 %, mientras que el valor calculado es de 93,678 %.

En los resultados se observa lo siguiente:

- La menor demanda de energía se da en el tráfico alto, debido a que la velocidad es la media y el tiempo de recorrido el más alto. Tiene una velocidad constante por ende menor número de paradas y arranques.
- La media demanda de energía se da en el tráfico bajo, debido a que la velocidad es la más alta y el tiempo de recorrido el más corto. Se requieren menos paradas y arranques y la velocidad es más constante.
- La mayor demanda de energía se da en el tráfico medio, a pesar de tener la velocidad más baja el tiempo de recorrido es medio, provocando que la velocidad sea más constante y se requieran paradas y arranques menos frecuentes.

3.3.3. Resultados Simulación Ruta 3

3.3.3.1. Tráfico Bajo

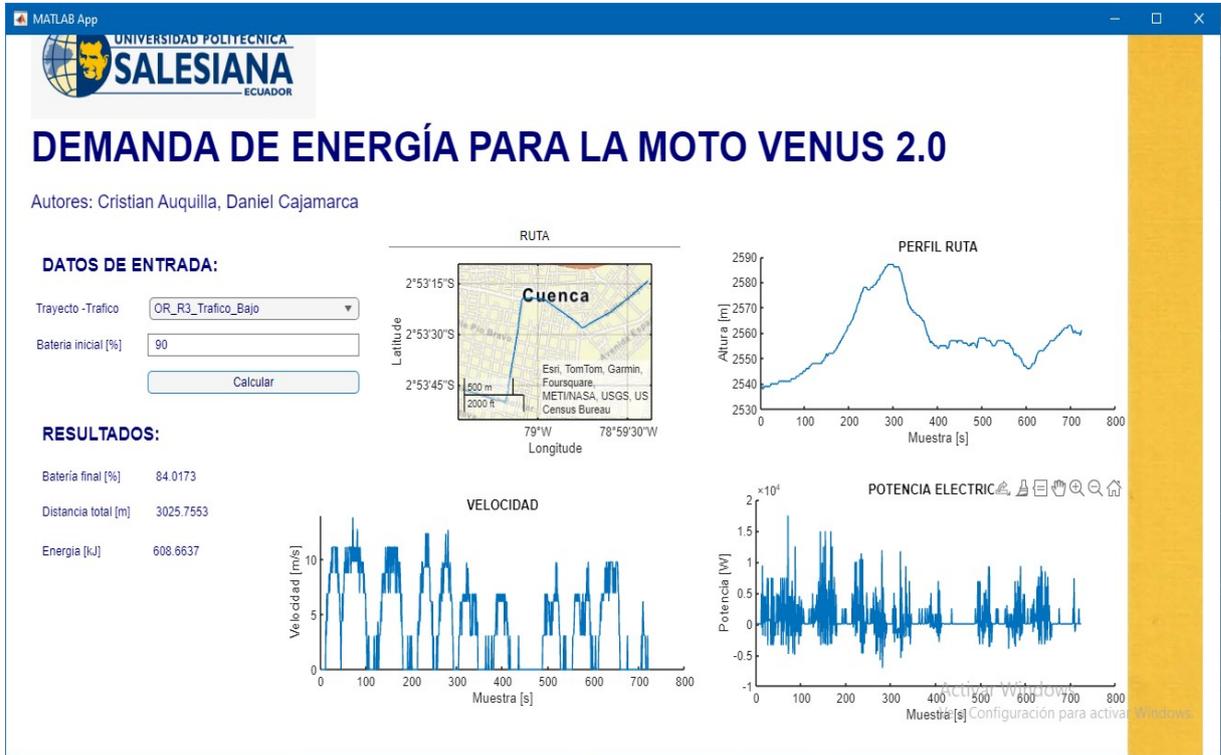


Figura 3.15: Resultados MATLAB Ruta 3 en tráfico Bajo.

SOC Inicial (%)	SOC Calculado (%)	SOC Real (%)
90	84,0173	

Tabla 3.10: SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 3 en Tráfico Bajo.

En tráfico bajo se tiene un estado de carga final al manejar la moto de 80 %, mientras que el valor calculado es de 84,0173 %.

3.3.3.2. Tráfico Medio

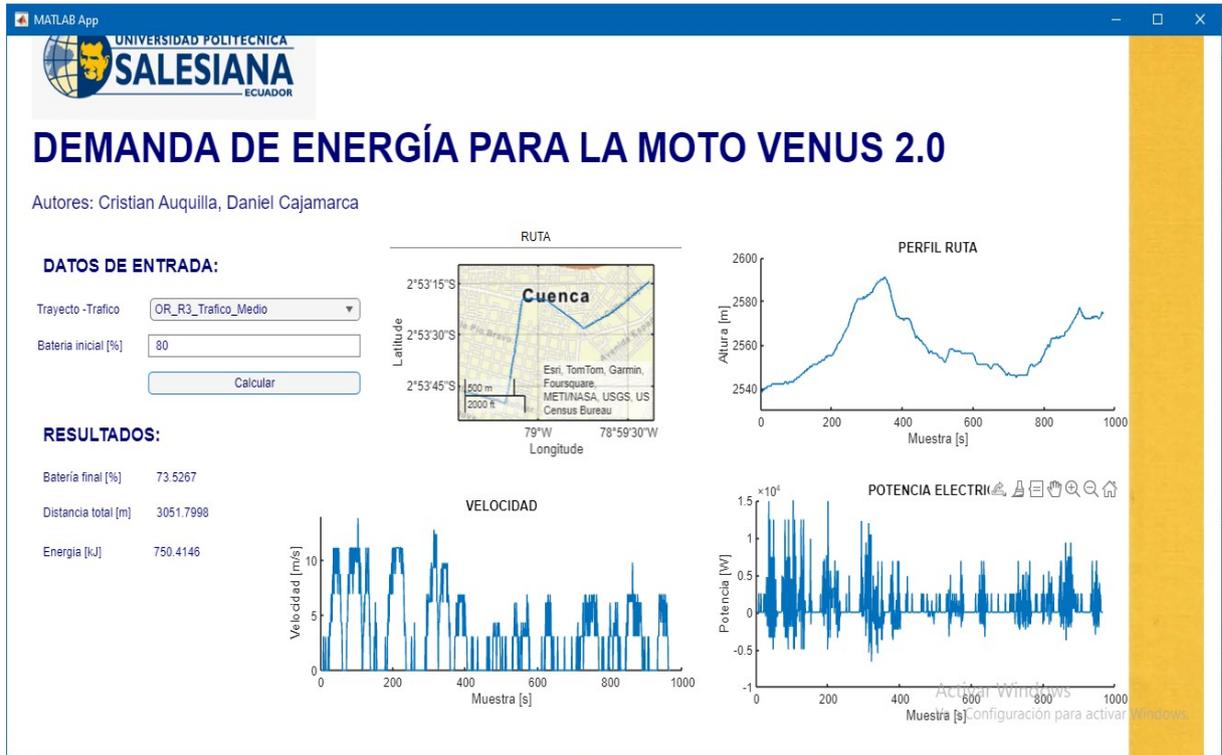


Figura 3.16: Resultados MATLAB Ruta 3 en tráfico Medio.

SOC Inicial (%)	SOC Calculado(%)	SOC Real (%)
80	73,5267	

Tabla 3.11: SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 3 en Tráfico Medio.

En tráfico medio se tiene un estado de carga final al manejar la moto de 70 %, mientras que el valor calculado es de 73,5267 %.

3.3.3.3. Tráfico Alto

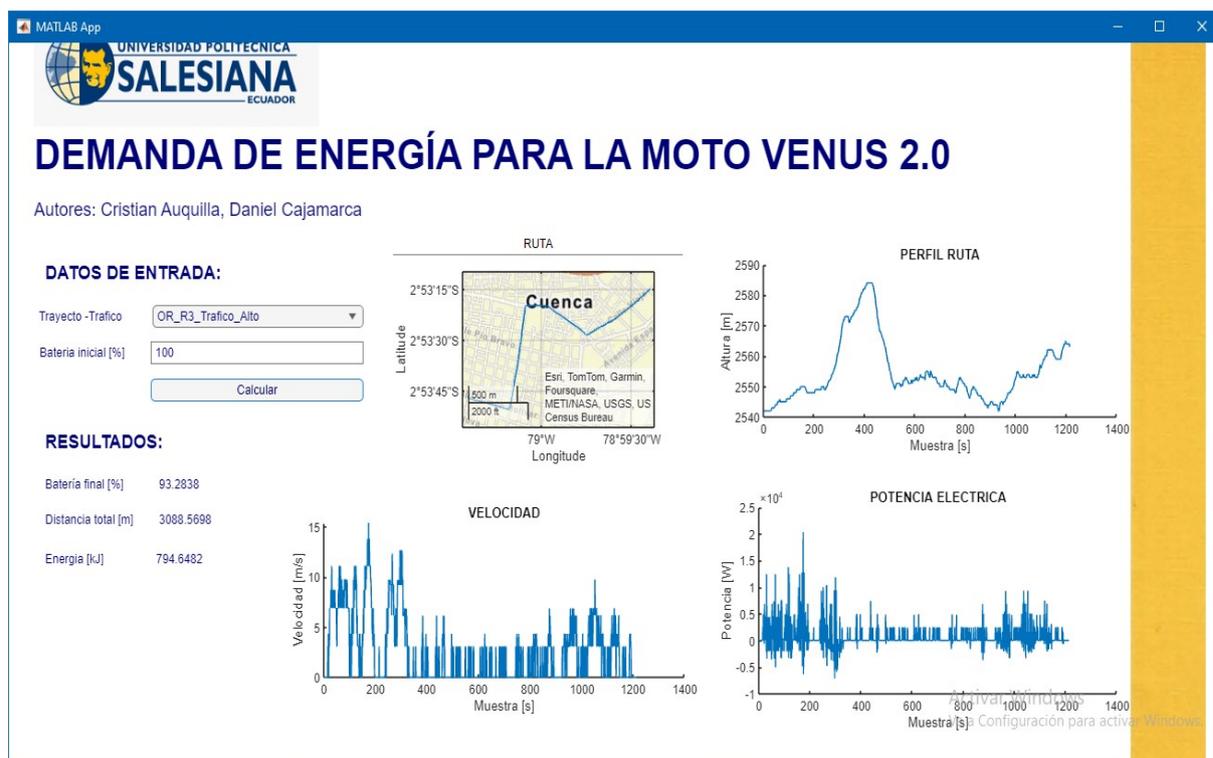


Figura 3.17: Resultados MATLAB Ruta 3 en tráfico Alto.

SOC Inicial (%)	SOC Calculado(%)	SOC Real (%)
100	93,2838	

Tabla 3.12: SoC Calculado vs SoC Real en la Ruta 3 en Tráfico Alto.

Para la Ruta 3 en tráfico alto se tiene un estado de carga final al manejar la moto de 90 %, mientras que el valor calculado es de 93,2838 %.

En los resultados se observa lo siguiente:

- La menor demanda de energía se da en el tráfico bajo, debido a que la velocidad media es la más alta pero el tiempo de recorrido el más bajo, requiriendo menos paradas y arranques y provocando que el motor funcione de manera eficiente.
- La media demanda de energía se da en el tráfico medio, debido a que la velocidad es la intermedia con un tiempo de recorrido intermedio. Las paradas y arranques serán menores y velocidad más constante.
- La mayor demanda de energía se da en el tráfico alto, debido a que la velocidad es la más baja y el tiempo de recorrido el más alto. Las paradas y arranques serán más frecuentes.

Una vez obtenido el SOC Real, con la ecuación 3.1 se obtiene la demanda de energía real para los 3 niveles de tráfico, la cuales se hará una comparación con el valor simulado :

$$E_{actual} = \frac{SOC}{100} C_B \quad (3.1)$$

Para la validación de resultados, con la ecuación 3.2 se determina el error porcentual entre los 2 valores.

$$error = \frac{|E_{simulado} - E_{real}|}{E_{real}} \times 100\% \quad (3.2)$$

Tráfico Bajo	Simulado	Real	Error(%)
Demanda de Energía (kWh)	0,1757	0,1764	0,397
Tráfico Medio	Simulado	Real	Error(%)
Demanda de Energía (kWh)	0,1719	0,1764	2,551
Tráfico Alto	Simulado	Real	Error(%)
Demanda de Energía (kWh)	0,1817	0,1848	1,677

Tabla 3.13: Validación de Resultados Simulados vs Reales en la Ruta 1.

Tráfico Bajo	Simulado	Real	Error(%)
Demanda de Energía (kWh)	0,1780	0,168	5,9523
Tráfico Medio	Simulado	Real	Error(%)
Demanda de Energía (kWh)	0,1934	0,1848	4,6537
Tráfico Alto	Simulado	Real	Error(%)
Demanda de Energía (kWh)	0,1749	0,168	4,1071

Tabla 3.14: Validación de Resultados Simulados vs Reales en la Ruta 2.

Tráfico Bajo	Simulado	Real	Error(%)
Demanda de Energía (kWh)	0,1690	0,168	0,5952
Tráfico Medio	Simulado	Real	Error(%)
Demanda de Energía (kWh)	0,2084	0,2016	3,3730
Tráfico Alto	Simulado	Real	Error(%)
Demanda de Energía (kWh)	0,2207	0,2268	2,6895

Tabla 3.15: Validación de Resultados Simulados vs Reales en la Ruta 3.

CONCLUSIONES

Al analizar los resultados, no se observa una relación directa entre la demanda energética y el tráfico vehicular en las diferentes rutas de prueba. Esto se debe a que la demanda de energía depende de diversos factores, como la pendiente del recorrido, los estilos de conducción y la eficiencia del motor, además de otras variables como el estado del pavimento, las condiciones climáticas y el uso de sistemas auxiliares del vehículo.

Tras las pruebas se observa que en la Ruta 1 y 3, bajo las condiciones de tráfico alto, la velocidad promedio disminuye, debido a un mayor número de paradas. Esto implica que la moto eléctrica debe realizar el mismo número de arranques, lo que puede justificar un aumento en la demanda energética debido a los picos de corriente generados durante arranque. Sin embargo no es el único factor que influye en la demanda energética ya que arrancar en un terreno plano no es lo mismo que hacerlo en una pendiente.

En las pruebas realizadas en la ruta 2, tanto en condiciones de tráfico medio como alto, se observa que las velocidades promedio son similares, en este caso la demanda energética más baja se obtiene en el tráfico medio. Es importante tener en cuenta que este resultado podría variar en futuras pruebas, ya que la demanda de energía depende de otros factores previamente mencionados.

Luego de las pruebas en las tres rutas seleccionadas para el destino indicado, se observa que el tiempo estimado en minutos por Google Maps varía entre -8% y 25%. Esto se traduce en una diferencia de -1min a 3 min entre las pruebas y la estimación de la aplicación de Google.

Al incorporar el tráfico y la topografía en el análisis de la demanda energética de la moto Venus 2.0, se observa que la ruta con menor demanda de energía es la número 3, cuando el nivel de tráfico es bajo. En contraste, la misma ruta presenta la mayor demanda energética cuando el tráfico es alto, como hemos mencionado anteriormente el tráfico no afecta direc-

tamente a la demanda de energía, pero si otros factores como las características del terreno, además de las paradas y arranques que crecen o decrecen dependiendo del estilo y tiempo de conducción.

Para mayor fiabilidad y consistencia de los resultados es recomendable realizar varias pruebas para la recolección de datos, ya que nos permite evaluar el desempeño del vehículo bajo diversas condiciones de velocidad, clima, terrenos, niveles de tráfico, etc. Además de ayudar con la identificación de errores al momento de observar alguna anomalía en los patrones de datos.

Bibliografía

- [1] “Green line - vehiculos eléctricos,” 2020, accedido el 26 de Agosto, 2024. [Online]. Available: <https://glperu.com/tienda/motor-hub-1000w-aro-10/>
- [2] “Made in china- conneting buyers with chinese suppliers,” 2020, accedido el 26 de Agosto, 2024. [Online]. Available: https://es.made-in-china.com/co_chinahccv/product_400V-Electric-Car-Motor-Controller-Module-for-Electric-Vehicle-Car-Truck-Bus_ysohsyrgyg.html
- [3] “Nuevos inversores de 800 voltios: más potencia y más autonomía para los coches eléctricos,” 2022, accedido el 26 de Agosto, 2024. [Online]. Available: https://www.hibridosyelectricos.com/coches/nuevos-inversores-800-voltios-mas-potencia-mas-autonomia-coches-electricos_55818_102.html
- [4] Riderly, “Bmw c evolution electric a2,” 2024, accedido el 2 de Octubre, 2024. [Online]. Available: https://riderly.com/rentals/details/bmw-c-evolution-electric-a2-paris-france-j777sgd7tm/?date_range=05/10/2024+-+06/10/2024
- [5] —, “Zero ds,” 2024, accedido el 2 de Octubre, 2024. [Online]. Available: <https://zeromotorcycles.com/es-es/model/zero-ds>
- [6] T. E. Vehicles. Manual de usuario venus 2.0. (2024). [Online]. Available: https://www.trinity-electric-vehicles.de/bilder/kk_dropper_uploads/6_Bedienungsanleitung_VENUS.pdf

- [7] Riderly, "Honda," 2024, accedido el 2 de Octubre, 2024. [Online]. Available: <https://www.honda.es/motorcycles/range/scooter/em1-e/specifications.html>
- [8] G. M. de Cuenca, *Plan de Movilidad y Espacios Públicos*. GAD Cuenca, 2015-2025.
- [9] D. Martínez and J. D. Poveda, "Li- ion battery management system based in fuzzy logic for improving electric vehicle autonomy," *Universidad de los Andes*, 2017.
- [10] D. S. D. Andrés and R. Y. J. Andrés, "Determinacion de la autonomia del vehiculo electrico mediante ciclos controlados," *Cuenca*, 2008.
- [11] H. A. Theresia Perger, "Energy efficient route planning for electric vehicles with special consideration of the topography and battery lifetime," <https://doi.org/10.1007/s12053-020-09900-5>, 2020.
- [12] A. R. Rami Yamin, "Embedded state of charge and state of health estimator based on kalman filter for electric scooter battery management system," *University of Picardie Jules Verne*, 2020.
- [13] B. Luin, S. Petelin, and F. Al-Mansour, "Predictive energy consumption model for electric vehicles based on road grade and traffic conditions." *University of Ljubljana, Slovenia*, 2019.
- [14] M. Y. Raza, B. Lin, and X. Liu, "Energy consumption and emission impacts of plug-in hybrid electric vehicles under real-world driving conditions." *Xiamen University, Fujian, 361005, China*, 2021.
- [15] H. Tian, P. Qin, K. Li, and Z. Zhao, "A review of the state of health for lithium-ion batteries: Research status and suggestions," *University of China*, 2020.
- [16] M. Y. Raza, B. Lin, and X. Liu, "Energy consumption and range modeling of electric motorcycles for commuter use." *Xiamen University, Fujian, 361005, China*, 2021.
- [17] D. Gohlke and Y. Zhou, "Assessment of light-duty plug in electric vehicles in the united states, 2010 -2019." *Energy Systems Division , Argonne National Laboratory*, 2020.

- [18] M. A. Hannan, M. M. Hoque, A. Mohamed, and A. Ayob, "Battery energy-storage management system: A review of modeling techniques and control strategies." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, 352-367., 2019.
- [19] A. Florini, "The international energy agency in global energy governance." *Global Policy*, 2(1), 40-50., 2011.
- [20] K. Chau, "Electric vehicle machines and drives : design, analysis and application," *International Research Centre for Electric Vehicles*, Hong Kong, 2017.
- [21] M. R. Palacín and A. de Guibert, "Batteries: Why do batteries fail?" *Association for the Advancement of Science*, 2016.
- [22] C. L. Zhen Zhu, "Life cycle assessment of shared electric bicycle on greenhouse gas emissions in china," *University, Xi'an, China*, 2023.
- [23] M. A. Hannan, M. M. Hoque, A. Mohamed, and A. Ayob, "Battery energy-storage management system: A review of modeling techniques and control strategies. renewable and sustainable energy reviews," 104, 352-367., 2019.
- [24] L. Fang, Y. Liu, L. Zheng, and X. Li, "A comprehensive review of electric motor drive control strategies for electric vehicles." *Energy Reports*, 6, 250-263, 2020.
- [25] L. V. M. Saúl, "Propuesta del uso de la motocicleta eléctrica para el mototurismo en la ciudad de guayaquil," *UIDE*, 2023.
- [26] H. He, C. Zhang, and R. Xiong, "A comprehensive overview of hybrid electric vehicle battery modeling, management, and optimization." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 139, 110710., 2021.
- [27] L. I. Sánchez Loor, "Modelo para la proyección de vehiculos eléctricos particulares en el ecuador y sus requerimientos de demanda, utilizando patrones de crecimiento logístico y simulación de montecarlo," *Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica*, Quito, 2022.

- [28] X. Liu and Y. Zhang, Z. and Zhou, “Electric motorcycles: Review and research perspectives.” *Environmental Research Letters*, 13(4), 044002., 2020.
- [29] Z. Gao, Y. Ma, L. He, and W. Chen, “Electric motorcycles in china: Emission reductions and health co-benefits.” *Environmental Research Letters*, 13(4), 044002., 2018.
- [30] M. Khalid and S. Dubey, “A comprehensive review on electric vehicles charging technologies and batteries.” *Journal of Energy Storage*, 40, 102676., 2021.
- [31] C. de Cuenca, “Plan de trabajo de las concejalías del distrito sur cuenca 2023 - 2027.” 2023.
- [32] D. N. de Registro Electoral, “Modelo de la circunscripción urbana,” 2022.

ANEXO 1

Registro de Datos Topográficos



Figura 3.18: Registro de Coordenadas Geográficas punto 1, Calle Antonio Vega Muñoz y Calle Coronel Talbot (S2 53 28.3 W79 00 36.1).

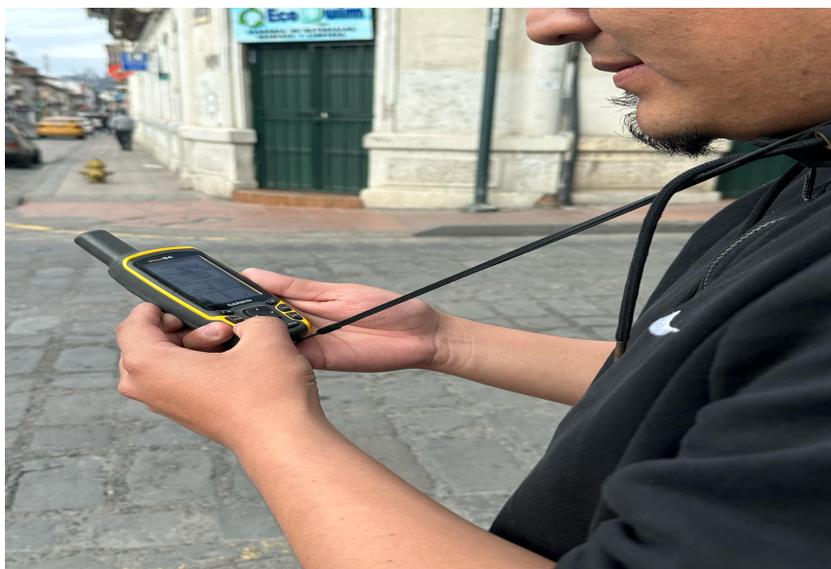


Figura 3.19: Registro de Coordenadas Geográficas punto 2, Calle Antonio Vega Muñoz y Calle Benigno Malo (S2 53 33.9 W79 00 14.7).



Figura 3.20: Registro de Coordenadas Geográficas punto3, Calle Benigno Malo y Margen Norte del Rio Tomebamba (S2 54 06.3 W79 00 21.9).



Figura 3.21: Registro de Coordenadas Geográficas punto 4, Margen Norte del Rio Tomebamba y Prolongación de la Calle Coronel Talbot (S2 53 54.1 W79 00 41.9).

ANEXO 2

Moto Eléctrica Venus 2.0



Figura 3.22: Moto Eléctrica Venus 2.0 .



Figura 3.23: Carga de la Moto Eléctrica Venus 2.0 .

ANEXO 3

Conducción Moto Eléctrica Venus 2.0



Figura 3.24: Conducción desde el punto origen, Universidad Politécnica Salesiana.



Figura 3.25: Conducción hasta el punto de destino, calle Tarqui Y Simón Bolívar.



Figura 3.26: Conducción Ruta 1.



Figura 3.27: Conducción Ruta 2.



Figura 3.28: Conducción Ruta 3.