



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

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CORREDOR ELÉCTRICO**  
**EN LA VÍA CUENCA-LOJA**

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

**AUTORES: DANNY STEVEEN PACHECO AUQUILLA**

**LUIS ALBERTO PERALTA BUENO**

**TUTOR: ING. NÉSTOR DIEGO RIVERA CAMPOVERDE, MSc.**

Cuenca - Ecuador

2023

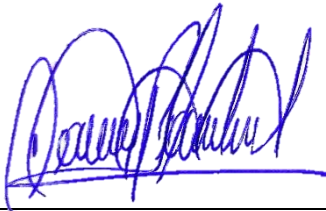
## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Danny Steveen Pacheco Auquilla con documento de identificación N° 1105095630 y Luis Alberto Peralta Bueno con documento de identificación N° 0106087125; 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, 27 de junio del 2023


Atentamente,



---

Danny Steveen Pacheco Auquilla

1105095630



---

Luis Alberto Peralta Bueno

0106087125

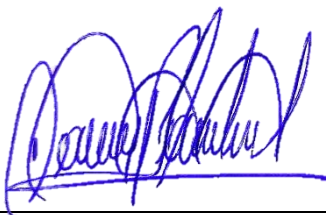
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Danny Steven Pacheco Auquilla con documento de identificación N° 1105095630 y Luis Alberto Peralta Bueno con documento de identificación N° 0106087125, 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: “Propuesta para la implementación de un corredor eléctrico en la vía Cuenca-Loja”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, 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, 27 de junio del 2023

Atentamente,



---

Danny Steven Pacheco Auquilla

1105095630



---

Luis Alberto Peralta Bueno

0106087125

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Néstor Diego Rivera Campoverde con documento de identificación N° 0103898995, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CORREDOR ELÉCTRICO EN LA VÍA CUENCA-LOJA, realizado por Danny Steveen Pacheco Auquilla con documento de identificación N° 1105095630 y por Luis Alberto Peralta Bueno con documento de identificación N° 0106087125, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 de junio del 2023

Atentamente,



---

Ing. Néstor Diego Rivera Campoverde, MSc.

0103898995

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto de investigación es dedicado a la memoria de mi padre Miguel Ángel, quien un día con palabras sabias y lágrimas en sus ojos puso toda su fe en mí para que pueda ser más que un profesional una gran persona, y aunque hoy no pueda ver el fruto de su esfuerzo estoy seguro de que se siente orgulloso de verme culminando una de tantas metas en mi vida y feliz por haber cumplido la promesa que un día le hice.*

*A mi madre Dolores Esperanza, por su constancia, esfuerzo, sabiduría, valor, fortaleza y palabras de aliento que día tras día me animaban a seguir adelante y me motivaban a no rendirme en este arduo camino.*

*A mi esposa Lorena que, con su amor, su paciencia, esmero y apoyo me ayudo siempre a caminar firme, y me enseñó que el ser constante tarde o temprano tiene su recompensa.*

*A mi hermano Diego por sus palabras de aliento que me levantaban el ánimo y me ayudaban a continuar; y por enseñarme que quien triunfa al final es quien nunca se rinde.*

*A mi hermana Jhuliana, por haberse convertido en la mejor compañía de los momentos difíciles que la vida nos puso, y por extender siempre su mano para ayudarme a levantar y mantenerme firme en mis metas.*

*A mi hermano Fernando, por su apoyo, palabras de ánimo y consejos que de una forma u otra me ayudaron a ser más fuerte en este largo camino.*

*A Sammy por ser mi fiel compañera en aquellas noches de estudio que parecían eternas, y por todo el cariño que siempre me brindo.*

*Finalmente, a toda mi familia y amigos que de una u otra forma me motivaron a culminar mi carrera.*

***Danny Steveen Pacheco Auquilla***

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto de investigación le dedico a Dios quien me brindo la fuerza, sabiduría y animo necesario para salir adelante en mis metas; a mis padres Lurdes Bueno y Luis Peralta quienes me han sabido guiar de distintas maneras para poder salir adelante en mis estudios y mi vida, a mi hermanda Vanessa Reiban quien me ha sabido apoyar en mis decisiones a mis abuelitos y tío que a pesar de no estar en cuerpo presente me acompañan espiritualmente para salir adelante.*

***Luis Alberto Peralta Bueno***

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por cuidarme y brindarme la fortaleza, sabiduría y temple para continuar en los momentos más difíciles de mi vida.*

*A mis padres por siempre creer en mis capacidades y haberme obsequiado el regalo más grande que son mis estudios, y que, aunque han trascurrido muchos años hoy pueden ver el fruto de su esfuerzo.*

*A mis hermanos por cada muestra de afecto a lo largo de estos años y por motivarme siempre a continuar y ser mejor.*

*A mi esposa por haber sido pilar fundamental en cada paso que daba y por brindarme su amor y su apoyo incondicionalmente.*

*A Luis Alberto, por ser un gran amigo, por sus palabras, su amistad y por haber confiado en mí para que este proyecto hoy sea realidad.*

*A nuestro tutor Ing. Nestor Rivera, por su confianza y paciencia, ya que con sus conocimientos y sabiduría nos guio por el*



*mejor camino para que este proyecto sea posible.*

*A Gabriela Merino por ser una gran amiga y por toda la ayuda que me brindo a lo largo de este camino.*

*A Christian y Darwin por ser amigos excepcionales y por brindarme su amistad incondicionalmente a lo largo de estos años.*

*Finalmente, a mi persona, que con sacrificio y dedicación aprendí que el que persevera alcanza, y que lo que un día fue un sueño hoy se convierte en realidad*

*Gracias por no rendirte.*

***Danny Steveen Pacheco Auquilla***

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios que me supo dar la fe y las fuerzas necesarias para cumplir con esta meta tan grande y significativa en mi vida*

*A mi madre Lurdes Bueno quien se merece este triunfo porque gracias a ella he conseguido alcanzar y cumplir muchos de mis sueños por su gran sacrificio y dedicación.*

*A mi padre Luis Peralta quien siempre me ha sabido apoyar hasta en lo más mínimo de mis decisiones confiando en que puedo salir adelante, gracias por su gran sacrificio para lograr que este gran momento se diera.*

*A mi hermana Vanessa Reiban quien siempre está a mi lado y pendiente de mí.*

*A Danny Steveen por su gran amistad y por la confianza ya que con trabajo y esfuerzo logramos culminar este proyecto.*

***Luis Alberto Peralta Bueno***

## RESUMEN

La presente investigación se centra en la implementación de un corredor eléctrico en la vía Cuenca-Loja; mediante el modelado de un vehículo eléctrico en un software de ingeniería, tomando en consideración la autonomía y estado del SoC del vehículo Kia Soul EV modelo 2014 perteneciente a la Universidad Politécnica Salesiana, esto con el fin de analizar y reconocer los factores claves que permitirán establecer las estaciones de recarga a lo largo de la vía.

Mediante la simulación, se pudo evaluar y analizar de manera correcta el impacto que tiene la autonomía del vehículo eléctrico en consideración al perfil altimétrico de la vía; así se pudo determinar la ubicación de tres estaciones de recarga, mismas que permitirán a los propietarios de vehículos eléctrico realizar la recarga de estos, lo que asegurara una autonomía adecuada a lo largo de toda la vía.

La investigación realizada contribuye de manera significativa al campo de la movilidad eléctrica, ya que se considera de relevancia el brindar una guía clave para los planificadores de infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos.

Los resultados obtenidos a través del estudio muestran la ubicación de 3 estaciones de recarga a lo largo de vía Cuenca-Loja, siendo estos puntos los definidos en el siguiente proyecto, además las recomendaciones ofrecen una base con buena estructura para futuros proyectos en implementación de corredores eléctricos, así se promoverá la adopción y el desarrollo de una movilidad sostenible en la región.

**Palabras Claves:** *altimetría, autonomía, corredor eléctrico, movilidad, SoC, simulación, vehículos eléctricos.*

## ABSTRACT

This research focuses on the implementation of an electrical corridor on the Cuenca-Loja road; through the modeling of an electric vehicle in an engineering software, taking into account the autonomy and state of the SoC of the vehicle Kia Soul EV model 2014 belonging to the Salesian Polytechnic University, this in order to analyze and recognize the key factors that will allow to establish charging stations along the road.

Through the simulation, it was possible to correctly evaluate and analyze the impact that the autonomy of the electric vehicle has in consideration of the altimetric profile of the road; Thus, it was possible to determine the location of three charging stations, which will allow owners of electric vehicles to recharge them, which will ensure adequate autonomy along the entire road.

The research carried out contributes significantly to the field of electric mobility, since it is considered relevant to provide a key guide for electric vehicle charging infrastructure planners.

The results obtained through the study show the location of 3 recharging stations along the Cuenca-Loja road, these points being those defined in the following project, in addition, the recommendations offer a base with a good structure for future projects in the implementation of corridors. electric vehicles, thus promoting the adoption and development of sustainable mobility in the region.

**Keywords:** *altimetry, autonomy, electric corridor, mobility, SoC, simulation, electric vehicles.*

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VIII
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
1. Introducción.....	1
2. Problema.....	3
2.1 Antecedentes.....	3
2.2 Importancia y Alcances .....	4
2.3 Delimitaciones .....	5
3. Objetivos.....	6
3.1 Objetivo General.....	6
3.2 Objetivos Específicos .....	6
4. CAPITULO 1 Definición de la ruta de estudio Cuenca-Loja y su perfil altimétrico mediante la utilización de Google Earth y software de ingeniería .....	7
4.1 Metodologías aplicadas a implementación de corredores eléctricos.....	7
4.1.1 Métodos de localización .....	8
4.1.2 Optimización por colonia de hormigas.....	8
4.1.3 Algoritmo genético .....	9
4.1.4 Método espacial.....	10
4.1.5 Modelo de tráfico.....	10
4.1.6 Metodología O-D por distancias reguladas .....	10

4.2 Transición energética.....	12
4.2.1 Barreras para la implementación de la electromovilidad .....	12
4.2.2 Amenazas para implementación de la electromovilidad .....	13
4.2.3 Movilidad.....	13
4.2.4 Electromovilidad .....	14
4.2.5 Mercado de Vehículos Eléctricos en el mundo .....	14
4.2.6 La experiencia de Santiago de Chile .....	14
4.2.7 Definición de Vehículo Eléctrico.....	15
4.2.8 Vehículos eléctricos e infraestructura de recarga. ....	15
4.2.9 Tipos de configuración de un vehículo eléctrico.....	17
4.2.10 Tipos de recarga.....	17
4.2.11 Sistemas de suministro eléctrico.....	18
4.2.12 Electrolinerías .....	19
4.2.13 Autonomía de un vehículo eléctrico .....	19
4.2.14 Transición a vehículos eléctricos.....	20
4.2.15 Corredores eléctricos .....	20
4.2.16 Estado de recarga de la batería (SoC).....	21
4.3 Definición de ruta mediante tramos.....	22
4.3.1 Descripción de la ruta .....	22
5. CAPITULO 2 Estimación de la autonomía actual y determinación del SOC del vehículo eléctrico KIA SOUL EV mediante la utilización de un software de ingeniería o métodos matemáticos. ....	26

5.1 Definición autonomía Kia Soul EV modelo 2014.....	26
5.2 Método aplicado para la determinación de la autonomía de un vehículo eléctrico. .....	27
5.3 Aplicación de modelado de vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014 para la determinación del SoC en ruta.....	28
5.3.1 Presentación del modelado del vehículo eléctrico en Simulink .....	28
5.3.2 Definición de parámetros del modelado .....	29
5.3.3 Definición de parámetros del vehículo eléctrico para el modelado.....	32
5.3.4 Presentación de parámetros del vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014 .....	33
5.3.5 Presentación de parámetros del vehículo eléctrico en Model Workspace.....	34
5.3.6 Instrumentos para la adquisición de datos de ruta.....	34
5.4 Validación de modelado del vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014 .....	35
6. CAPITULO 3 Análisis de los resultados obtenidos mediante el uso de tablas de datos en documentos de Office para determinar la autonomía actual de vehículo KIA SOUL EV a la ruta establecida. ....	39
6.1 Análisis de resultados .....	39
6.1.1 Aplicación por tramos .....	39
6.1.2 Aplicación del VSS de la ruta Cuenca-Loja al modelado .....	41
6.1.3 Determinación del SoC de la ruta Cuenca-Loja .....	43
6.1.4 Aplicación del VSS de la ruta Loja-Cuenca al modelado .....	45
6.1.5 Aplicación del VSS de la ruta Loja-Cuenca al modelado .....	47
6.1.6 Determinación del SoC de la ruta Loja-Cuenca .....	48

6.2 Determinación de valores obtenidos.....	50
7. CAPITULO 4 Definición geográfica los puntos de recarga a lo largo de la vía Cuenca-Loja en base a la autonomía definida por los métodos empleados. ....	53
7.1 Estación de recarga.....	53
7.2 Puntos de recarga candidatos a la implementación de un corredor eléctrico. ....	53
7.2.1 Tramos sentido Cuenca-Loja.....	55
7.2.2 Tramos sentido Loja-Cuenca.....	58
7.3 Puntos específicos para la implementación de un corredor eléctrico en la vía Cuenca-Loja.....	60
7.3.1 Empresa Eléctrica Regional Centro sur.....	62
7.7.2 Estación de servicios “Reina de La Paz” .....	63
7.7.3 Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro” .....	64
7.7.4 Terminal Terrestre “Reina de El Cisne” .....	65
8. Conclusiones.....	67
9. Recomendaciones .....	68
10. Referencias .....	69



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ruta de estudio Cuenca-Loja.....	5
<b>Figura 2.</b> Pasos del método de implementación de la estación de carga entre ciudades. 7	
<b>Figura 3.</b> Hormigas artificiales.....	9
<b>Figura 4.</b> Matriz de Políticas y Normativas en Ecuador.....	13
<b>Figura 5.</b> Comparativa tipos de recarga.....	18
<b>Figura 6.</b> Tramos de ruta Cuenca-Loja.....	22
<b>Figura 7.</b> Punto más alto del tramo Centro Sur - La Jarata .....	23
<b>Figura 8.</b> Punto más bajo del tramo Centro sur - La Jarata .....	23
<b>Figura 9.</b> Punto más alto del tramo La Jarata – Cazadores de los Ríos.....	23
<b>Figura 10.</b> Punto más bajo del tramo La Jarata – Cazadores de los Ríos.....	24
<b>Figura 11.</b> Punto más alto del tramo Cazadores de los Ríos - Santiago.....	24
<b>Figura 12.</b> Punto más bajo del tramo Cazadores de los Ríos - Santiago .....	24
<b>Figura 13. Punto más alto del tramo Santiago - Loja .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 14.</b> Punto más bajo del tramo Santiago - Loja .....	25
<b>Figura 15.</b> Vehículo Kia Soul EV 2014.....	26
<b>Figura 16.</b> Modelado de un vehículo eléctrico por DIYGURU .....	29
<b>Figura 17.</b> Estimación de la velocidad de la rueda.....	30
<b>Figura 18.</b> Estimación de torque en la rueda .....	30
<b>Figura 19.</b> Parámetros de vehículo para la estimación de velocidad y torque en las ruedas.....	30
<b>Figura 20.</b> Modelo de Transmisión de un vehículo eléctrico .....	31
<b>Figura 21.</b> Modelo de un motor eléctrico .....	31
<b>Figura 22.</b> Modelo de las baterías de un vehículo eléctrico .....	32
<b>Figura 23.</b> Modelo para determinar el SoC de las baterías.....	32

<b>Figura 24.</b> Model Workspace para Simulink.....	33
<b>Figura 25.</b> Parámetros insertados en Model workspace .....	34
<b>Figura 26.</b> OBD Link-Adquisición de datos.....	34
<b>Figura 27.</b> Freematics ONE +.....	35
<b>Figura 28.</b> VSS de la Ruta con el vehículo Kia Soul EV 2014 .....	36
<b>Figura 29.</b> VSS ruta Kia Soul EV 2014.....	36
<b>Figura 30.</b> SoC definido por el vehículo Kia Soul EV 2014.....	37
<b>Figura 31.</b> SoC de ruta Kia Soul EV 2014 simulación.....	38
<b>Figura 32.</b> Gráfica de velocidad vs tiempo Tramo 1 (Cuenca-Loja).....	40
<b>Figura 33.</b> Gráfica de velocidad vs tiempo Tramo 2 (Cuenca-Loja).....	40
<b>Figura 34.</b> Gráfica de velocidad vs tiempo Tramo 2 (Cuenca-Loja).....	41
<b>Figura 35.</b> VSS Scope Simulación Tramo 1 ruta (Cuenca-Loja).....	42
<b>Figura 36.</b> VSS Scope Simulación Tramo 2 ruta (Cuenca-Loja).....	42
<b>Figura 37.</b> VSS Scope Simulación Tramo 3 ruta (Cuenca-Loja).....	43
<b>Figura 38.</b> SoC correspondiente al tramo 1 Ruta (Cuenca-Loja).....	44
<b>Figura 39.</b> SoC correspondiente al tramo 2 Ruta (Cuenca-Loja).....	44
<b>Figura 40.</b> SoC correspondiente al tramo 3 Ruta (Cuenca-Loja).....	45
<b>Figura 41.</b> Gráfica de velocidad vs tiempo Tramo 1 (Loja-Cuenca).....	46
<b>Figura 42.</b> Gráfica de velocidad vs tiempo Tramo 2 (Loja-Cuenca).....	46
<b>Figura 43.</b> Gráfica de velocidad vs tiempo Tramo 3 (Loja-Cuenca).....	47
<b>Figura 44.</b> VSS Scope Simulación Tramo 1 ruta (Loja-Cuenca).....	47
<b>Figura 45.</b> VSS Scope Simulación Tramo 2 ruta (Loja-Cuenca).....	48
<b>Figura 46.</b> VSS Scope Simulación Tramo 3 ruta (Loja-Cuenca).....	48
<b>Figura 47.</b> SoC correspondiente al tramo 1 Ruta (Loja-Cuenca).....	49
<b>Figura 48.</b> SoC correspondiente al tramo 2 Ruta (Loja-Cuenca).....	49

<b>Figura 49.</b> SoC correspondiente al tramo 3 Ruta (Loja-Cuenca).....	50
<b>Figura 50.</b> Estación de recarga para vehículos eléctricos.....	54
<b>Figura 51.</b> Estación de servicios "Reina de La Paz".....	55
<b>Figura 52.</b> Terminal Terrestre "San Pedro de Saraguro".....	56
<b>Figura 53.</b> Terminal Terrestre "Reina de El Cisne".....	57
<b>Figura 54.</b> Urdaneta.....	58
<b>Figura 55.</b> Las Nieves (Chaya-Vía Panamericana.....	59
<b>Figura 56.</b> Empresa Eléctrica Centro sur.....	59
<b>Figura 57.</b> Estación de recarga Empresa Eléctrica Centro sur. ....	63
<b>Figura 58.</b> Estación de Servicios "Reina de La Paz".....	64
<b>Figura 59.</b> Terminal Terrestre "San Pedro de Saraguro".....	65
<b>Figura 60.</b> Terminal Terrestre "Reina de El Cisne". ....	65
<b>Figura 61.</b> Parámetros de corredor eléctrico.....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Avance en infraestructura de recarga en América Latina.....	16
<b>Tabla 2.</b> Puntos más altos y puntos más bajos de los tramos .....	22
<b>Tabla 3.</b> Parámetros de vehículo Kia Soul EV 2014 .....	33
<b>Tabla 4.</b> Resultados obtenidos ruta Cuenca-Loja .....	50
<b>Tabla 5.</b> Resultados obtenidos ruta Loja-Cuenca .....	51
<b>Tabla 6.</b> Tramos de estudio con puntos más altos y puntos más bajos.....	54
<b>Tabla 7.</b> Especificación del total de recorrido Cuenca-Loja.....	58
<b>Tabla 8.</b> Especificación del total de recorrido Loja-Cuenca.....	60
<b>Tabla 9.</b> Puntos seleccionados para estaciones de recarga. ....	61
<b>Tabla 10.</b> Latitud y Longitud de Ubicaciones de estaciones de recarga.....	66

## **1. Introducción**

En el área de lo académico y científico contribuir a la investigación juega un papel importante en su desarrollo aportando al conocimiento y la solución de problemas. En este contexto, el presente proyecto de investigación tiene como objetivo proponer la implementación de un corredor eléctrico en la vía Cuenca-Loja. La implementación de estaciones de recarga para vehículos eléctricos en Ecuador busca generar un impacto a la transición temprana a este tipo de vehículos por lo que se requiere generar un estudio minucioso a la construcción de estas debido a que no sería favorable sobredimensionar en el número de estaciones o que resulten escasas lo que conllevaría a generar distintos problemas siendo uno de ellos lo económico y no solo para el estado sino también para la sociedad y propietarios de este tipo de vehículos.

Este proyecto de investigación tiene como propósito plantear mediante estudios la colocación de una red de estaciones de recarga que contemplen una vía considerada de alto tráfico para transportistas y comerciantes garantizando que los vehículos eléctricos puedan circular sin ningún tipo de apremio.

En primer lugar, debido a la altimetría y distancia que posee la vía estatal Cuenca-Loja se considerara su estudio por tramos en los que se especifica las características que posee la vía tanto como pendientes, sectores, distancias, perfiles técnicos, etc. También se detalla estudio de las diferentes aplicaciones que se han implementado para la determinación de corredores eléctricos en diferentes partes del mundo y cuan favorables han resultado.

Seguidamente, se pretenderá definir la autonomía actual del vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014 el cual se utilizará para generar pruebas de ruta o pruebas en el banco dinámico que permitan establecer los parámetros ya enunciados y aplicarlos a la

ruta de estudio definida para la implementación de un corredor eléctrico en base a la autonomía del vehículo eléctrico. También se generará un modelado en un software de ingeniería que permita simular el comportamiento del vehículo eléctrico en ruta para generar distintos puntos de estudio para su respectivo análisis.

Posteriormente, una vez obtenidos los lugares se realizará un estudio para optimizar el corredor eléctrico según los puntos generados lo cuales deberán resultar no solo como puntos de recarga si no también como lugares de descanso que garanticen que los usuarios obtengan comodidad y seguridad, para ello se pretenderá aprovechar las diferentes estaciones de servicio siempre y cuando se garantice que el vehículo cumpla con la autonomía necesaria para cubrir la ruta.

Por último, una vez definidos los puntos de estudio se procederá a concretar geográficamente los lugares destinados a la implementación de estaciones de recarga los que deberán resultar óptimos y fiables para garantizar que los vehículos eléctricos logren completar la ruta en sentido Cuenca-Loja y viceversa.

## **2. Problema**

La implementación de vehículos eléctricos enchufables y no enchufables se ha incrementado en los últimos años en la ciudad de Cuenca y Loja (*ANUARIO-2015*, n.d.), lo que ha generado diferentes necesidades de movilidad, siendo una de ellas la falta de puntos de recarga que contemplen grandes distancias de recorrido en las vías estatales del país, esto debido a que no existen estudios en los cuales se considere el perfil altimétrico de la vía y la autonomía de un vehículo eléctrico sea nuevo o usado, ya que puede variar según el modo de conducción, un determinado kilometraje alcanzado, y las diversas condiciones climáticas a las cuales pueda estar sometido. La empresa regional eléctrica CENTROSUR en el año 2022 implementó el primer corredor eléctrico para la vía Cuenca-Guayaquil, el cual no está considerado para la autonomía de un vehículo eléctrico usado, lo que ha generado inconvenientes para los usuarios. De igual manera en la vía Cuenca-Loja no existe ningún tipo de estudio que garantice la correcta implementación de un corredor eléctrico.

### **2.1 Antecedentes**

Los vehículos eléctricos tuvieron sus primeras apariciones a finales del siglo XIX, pero con la aparición de los vehículos con motores de combustión interna su popularidad disminuyó notablemente.; es así como en el año 1990 la preocupación por el medio ambiente y los avances tecnológicos en los distintos tipos de batería resurgieron el interés en los vehículos eléctricos.

En cuanto a los corredores eléctricos o electro-corredores son infraestructuras de recarga, los cuales permite una recarga rápida y que se implementan alrededor del mundo con la finalidad de aumentar e incentivar el uso de vehículos eléctricos. Muchos gobiernos han animado el uso de vehículos eléctricos, todo esto mediante la

construcción de corredores eléctricos, incentivos financieros, disminución en aranceles de importación y mayor apoyo para la construcción de infraestructuras de recargas públicas.

## **2.2 Importancia y Alcances**

El beneficio a la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana; con la información proporcionada acerca de la implementación de un corredor eléctrico se podrá generar conciencia sobre la sostenibilidad ambiental, fomentando el uso de vehículos eléctricos, reduciendo así las emisiones contaminantes; además contribuirá a la diversificación energética, bajando los índices de dependencia de combustibles fósiles.

Mejoramiento en el desarrollo e innovación tecnológica, con la implementación de infraestructuras de recarga, generación de estudios para almacenamiento y sistemas de gestión de la red eléctrica y modelados para vehículos con diferentes porcentajes de SoC, además de poder adquirir distintas habilidades y comienzos sobre las infraestructuras y modos de recarga.

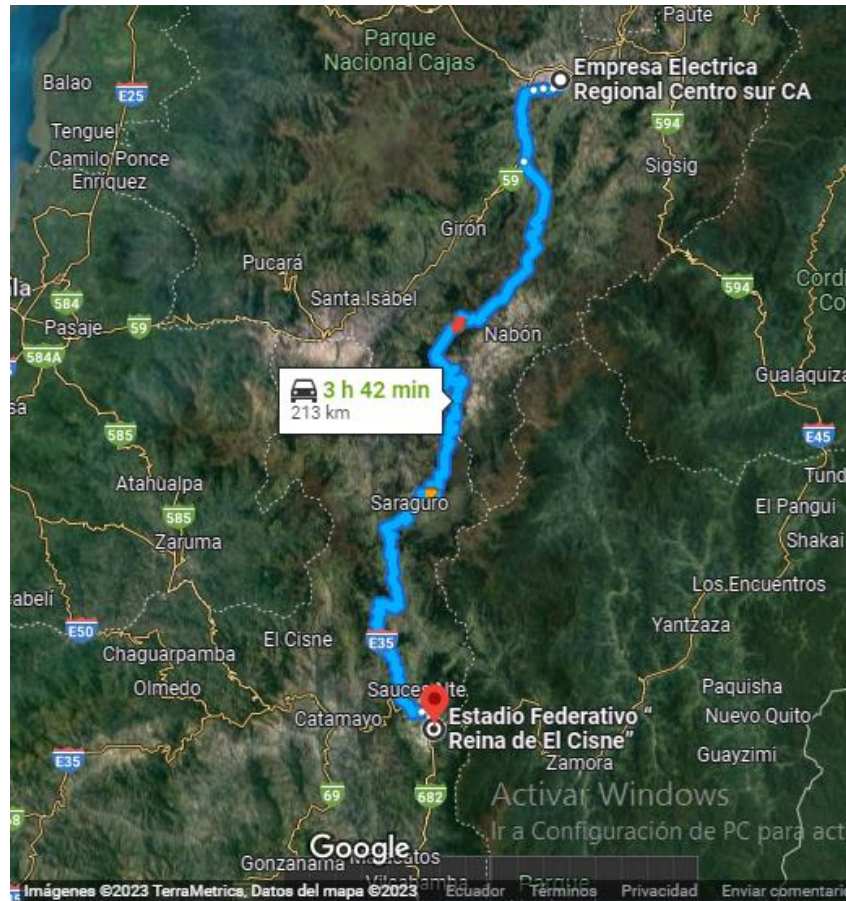
Es así como la implementación de un corredor eléctrico reunirá diversos aspectos como la cobertura geográfica, interoperabilidad, infraestructuras, promoción de la movilidad entre otros para facilitar y contribuir a la reducción de emisiones contaminantes mediante la transición segura y confiable hacia los vehículos eléctricos.



### 2.3 Delimitaciones

El presente proyecto técnico, se realizará al sur del Ecuador, en la vía estatal comprendida entre las ciudades de Cuenca y Loja, misma que consta de una distancia de 212 kilómetros.

*Figura 1. Ruta de estudio Cuenca-Loja*



### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Proponer la implementación de un corredor eléctrico en la vía Cuenca-Loja basado en la autonomía del vehículo eléctrico Kia SOUL EV 2014

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Definir la ruta de estudio Cuenca-Loja y su perfil altimétrico mediante la utilización de Google Earth y software de ingeniería.
- Establecer la autonomía actual y determinación del SOC del vehículo eléctrico KIA SOUL EV mediante la utilización de un software de ingeniería o métodos matemáticos.
- Analizar los resultados obtenidos mediante la utilización de tablas de datos en documentos de Office para determinar la autonomía actual del vehículo KIA SOUL EV a la ruta establecida.
- Definir geográficamente los puntos de recarga a lo largo de la vía Cuenca-Loja en base a la autonomía definida por los métodos empleados.

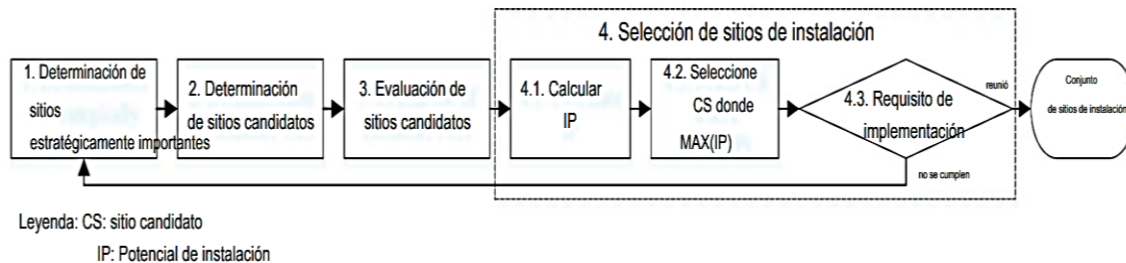
#### 4. CAPITULO 1 Definición de la ruta de estudio Cuenca-Loja y su perfil altimétrico mediante la utilización de Google Earth y software de ingeniería.

##### 4.1 Metodologías aplicadas a implementación de corredores eléctricos.

Existen diferentes tipos de metodologías que los países desarrollados aplican para la implementación de corredores eléctricos en base a distintos tipos de factores, es por ello por lo que (Csonka & Csiszár, 2017) elaboran un método el cual está diseñado para soportar viajes que comprenden grandes distancias llamado método multicriterio el cual puede evaluar factores cuantificables y no cuantificables.

**Figura 2.** Pasos del método de implementación de la estación de carga entre ciudades.

Fuente: (Csonka & Csiszár, 2017)



Este método determina los puntos de instalación de recarga en lugares que comprendan una infraestructura eléctrica adecuada dando como resultado un conjunto de lugares determinados como candidatos a la instalación. Este método despliega una cantidad específica de cargadores que abarque toda la carretera.

Definición de los puntos de importancia estratégica: la definición de los puntos se definirá por los sitios con importancia en el que se justificará del porque la instalación del cargador considerando las especialidades de un área.

Definición de puntos candidatos: en este punto se definirán por lugares de descanso los cuales deberán comprender una distancia no mayor a 250m de la vía

nacional. La distancia comprendida entre los lugares de descanso no deberá sobrepasar la autonomía del vehículo eléctrico con respecto al SOC (estado de la batería).

Los lugares de descanso se definen de la siguiente manera:

- Lugar de descanso común (Estacionamientos, baños)
- Lugar de descanso mínimo (tiendas)
- Lugar de descanso medio (restaurantes, farmacias, supermercados)
- Lugar de descanso superior (hosterías, hotel)

(Csonka & Csiszár, 2017) emplea este método en la autopista M3 la cual enlaza a la ciudad e Budapest con Nyíregyháza que comprende una distancia de 215 km dando como resultado la obtención de 34 puntos candidatos a la instalación de cargadores eléctricos, estos puntos comprenden diferentes instalaciones de descanso siendo estas accesibles en ambas direcciones.

#### **4.1.1 Métodos de localización**

Existen algunos métodos utilizados para la localización adecuada de las estaciones de recarga para EV, estos son aplicados dependiendo los problemas que pueden darse por tráfico vehicular, demanda en la recarga de vehículos o el tiempo de espera. Es por esto por lo que se han planteado métodos como algoritmo genético, modelo por tráfico, algoritmo de búsqueda directa secuencial, método espacial y optimización por colonia de hormigas (Cañar, 2022a).

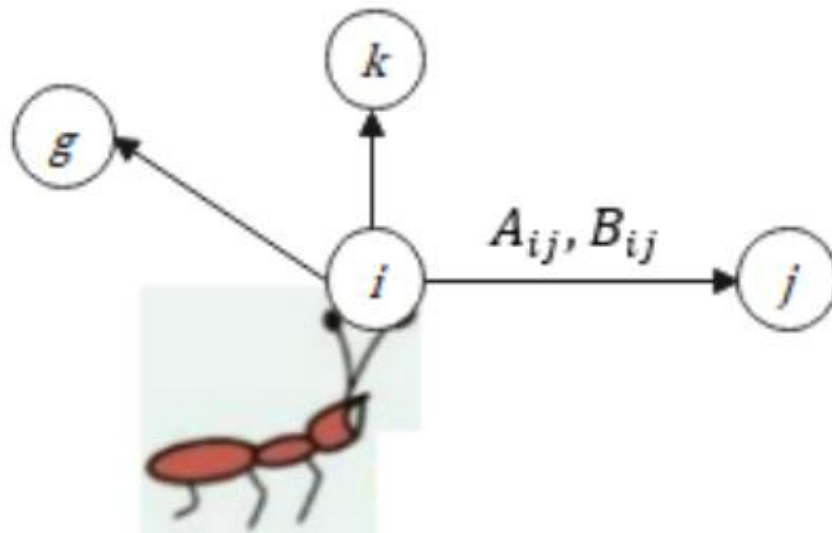
#### **4.1.2 Optimización por colonia de hormigas**

Este algoritmo consiste en una metaheurística que basa su comportamiento en hormigas reales, esto con la finalidad de encontrar la ruta más pequeña hacia su alimento el cual

se basa en una comunicación indirecta por medio de rastro o por caminos de feromonas (Cañar, 2022a).

**Figura 3. Hormigas artificiales.**

Fuente: (Cañar, 2022b)



Es así como la generación de iteraciones a través de hormigas artificiales brindará una solución efectiva contra el problema a resolver, la colocación de nodos representa los posibles caminos que podrá seleccionar la hormiga.

#### 4.1.3 Algoritmo genético

Los AG son métodos probabilísticos que parten de un conjunto de soluciones para problemas que se denominan fenotipos, esto con una búsqueda guiada que va evolucionando ante iteraciones, donde la última propone una de las mejores soluciones para el problema de optimización. Se define los puntos donde posiblemente se colocarán las estaciones de recarga, además de determinar la configuración óptima máxima o mínima para dicha colocación; la información antes de aplicar este AG deberá detallar los puntos de interés, tráfico y de población, identificando las zonas prioritarias y las zonas prohibidas (Cañar, 2022a).

#### **4.1.4 Método espacial**

Este método es basado en un análisis que ayuda a resolver problemas que se enfocan en la localización de objetos para de esta manera buscar patrones, evaluarlos y tomar una decisión; en este método se estudian características de los lugares y las relaciones entre ellos. Es así como mediante este método se realiza un análisis a través de imágenes que ayudan a definir la mejor ubicación de cualquier objeto.

De cierta manera esta metodología es aplicable ya que las distancias podrían comprender lugares desinados al descanso lo cuales deberán estar cercanos a la carretera

#### **4.1.5 Modelo de tráfico**

Este método se basa en la colocación en lugares estratégicos en un conjunto de rutas, lo que permitiría la recarga de los EV antes de sufran una descarga completa de las baterías, y así minimizar el tiempo de espera para la recarga (Cañar, 2022a).

#### **4.1.6 Metodología O-D por distancias reguladas**

La infraestructura para puntos de recarga y la ubicación de sus instalaciones han sido un problema que ha llegado a clasificarse como demanda de puntos de cobertura y demanda de capturas de origen-destino O-D (Nie & Ghamami, 2016). Es así como la ubicación de estos puntos de recarga para EV mantiene un enfoque puntual en cuanto a lugares específicos, como domicilios, centros comerciales, parqueaderos y en algunos casos lugares de trabajo, esperando que de esta forma se genere un interés mayor por la adquisición de EV y se pueda minimizar la contaminación ambiental.

Para una movilidad interurbana, el modelo de ubicación de instalaciones de captura de flujo FCLM es considerado el más adecuado, ya que se puede aplicar para dar solución al problema de reabastecimiento de recarga para EV con autonomías

limitas, este modelo de ubicación tiene como principal objetivo la colocación de electrolineras para así maximizar los flujos de vehículos reabastecidos; por otra parte el modelo de capturas O-D busca minimizar el costo de las instalaciones y a su vez garantizar que los todos los flujos se atiendan de manera correcta con una lógica de reabastecimiento.

Un modelo propuesto por (Nie & Ghamami, 2016) plantea un análisis de viaje a lo largo de un corredor que comprenda grandes distancias, este modelo tiene como objetivo el poder seleccionar de mejor manera el tamaño de batería y la mejora en la capacidad de recarga buscando un mejor desarrollo en un determinado servicio y a su vez minimizar los costos totales.

El modelo propuesto para grandes distancias hace énfasis en que los usuarios no tendrán que esperar para poder realizar la recarga respectiva, ya que menciona que en sus instalaciones existirá un número de cargadores capaces de abastecer a todos los usuarios; es importante mencionar que el dimensionamiento de las estaciones de recarga será de acorde a la ubicación, es decir al flujo vehicular y demanda que exista en esa zona.

En el modelo O-D la instalación de estaciones de recarga con distancia iguales busca la reducción de costos en la infraestructura, así como la movilidad efectiva en largas distancias, se debe mencionar que la altimetría de la zona juega un papel importante, ya que los EV pueden llegar a sufrir una mayor pérdida de energía en pendientes elevadas, mientras que la recuperación de esta al usar el freno regenerativo no representa un valor significativo de energía.

Es por esto por lo que el método O-D no es viable para la ruta de estudio, además la infraestructura debe estar dotada de cargadores rápidos, para así minimizar el tiempo de recarga y que la afluencia vehicular sea lo más optima posible

## **4.2 Transición energética**

Según (Mañez et al., 2019) la tasa de urbanización más grande del mundo la posee América Latina y El Caribe, a esto debe agregársele el incremento de la tasa de motorización, el aumento de la población, y la necesidad del desplazamiento de mercancías, la cual ha llegado a convertir al transporte público en el responsable del 22% de emisiones contaminantes; el estudio Carbono Cero realizado en el año 2019 menciona que en el año 2018 el 15% de las emisiones de gases de efecto invernadero fue generado por el transporte en general, es por esto que la electrificación del transporte generaría una mejora en términos de salud y una disminución en los efectos del cambio climático.

Algunas ciudades han tomado el liderazgo para la implantación y el desarrollo de la electromovilidad, poniendo en marcha los planes pilotos, intensificando la introducción de vehículos eléctricos como autobuses, motocicletas y scooter, además de la implementación de puntos de recarga y la expansión de estos para garantizar una cobertura de rutas más amplias, esto a fin de incentivar la adquisición o el uso de este tipo de vehículos (Mañez et al., 2018).

### **4.2.1 Barreras para la implementación de la electromovilidad**

Unas de las principales causas para que no exista una implementación de electromovilidad plena son los distintos costos de inversión tanto en vehículos particulares como vehículos destinados a transporte público, la poca información que se proporciona con respecto a la vida útil y mantenimiento de este tipo de



vehículos, el desinterés por parte de los organismos correspondientes los cuales no cuentan con un plan de inversión correcto para la instalación de infraestructuras y equipos de recarga y la poca formación técnica hacia conductores y mecánicos especializados (ARDANUY INGENIERÍA, 2019a).

***Figura 4. Matriz de Políticas y Normativas en Ecuador***

***Fuente:(Mañez et al., 2018)***

Política Energetica

#### **4.2.2 Amenazas para implementación de la electromovilidad**

De acuerdo a (ARDANUY INGENIERÍA, 2019b) estas son:

- Costo elevado en la adquisición de EV
- Tiempo de importación de vehículos, y repuestos
- Baja autonomía
- Falta de infraestructura y equipos de recarga
- Topografía de las ciudades

#### **4.2.3 Movilidad**

Es el desplazamiento de personas o mercancías, los cuales se realizan mediante diversos métodos de transporte, esto con el fin de cubrir una necesidad y así crear oportunidades de trabajo, salud, educación, entre otros. La movilidad ha llegado a ser una necesidad básica en los seres humanos, esto debido a que el desplazarse de un punto a otro permite realizar diversas actividades cotidianas (*LEY DE*

*MOVILIDAD DEL DISTRITO FEDERAL, 2014).*

#### **4.2.4 Electromovilidad**

Su definición nace a partir de la mezcla que existe entre electricidad y movilidad, haciendo referencia a tecnologías que permite el traslado de un lugar a otro de un usuario y que se tiene como energía motriz la electricidad (Nava et al., 2017).

#### **4.2.5 Mercado de Vehículos Eléctricos en el mundo**

En los últimos años los mercados automotrices y los distintos fabricantes de vehículos han apostado por la transición a vehículos eléctricos puros e híbridos enchufables. En el año 2010 existían alrededor de 17000 vehículos eléctricos en el mundo; distribuidos principalmente en países como China, Japón, Reino Unido, Estados Unidos y Noruega, pero para el año 2019 las cifras aumentaron hasta alcanzar los 7,2 millones siendo China, Europa y Estados Unidos los mercados principales (International Energy Agency IEA, 2020).

En cuando a avances tecnológicos, se puede notar una gran diferencia entre estos países, es así como la implementación de movilidad eléctrica ha empezado a generar un mayor interés, siendo China líder en la producción e implementación de la movilidad eléctrica tantos en vehículos como en sistemas e infraestructuras para recarga de estos (Mañez et al., 2018).

#### **4.2.6 La experiencia de Santiago de Chile**

En Santiago de Chile la contaminación ambiental es uno de los problemas más significativos en las últimas décadas, siendo el transporte el principal autor de las emisiones contaminantes y del efecto invernadero, razón por la cual el sistema de transporte público trabaja continuamente para lograr una reducción de las emisiones de sus flotas (Saka et al., 2021).

En el año 2008, el 100% de la flota de buses en Santiago de Chile cumplía con la Norma Euro III, cuatro años después el 50% de dicha flota logro cumplir con normas más exigente, y para el año 2018 superaba el 60% (Directorio de Transporte Público Metropolitano, 2019).

Para el año 2019 se dio una incorporación masiva de buses eléctricos que utilizaban el 100% de energía producida por baterías y de buses diésel Euro VI que en aquel entonces era la normativa con mayores exigencias, esta incorporación genero ventajas como la reducción de emisiones de contaminantes ambientales y ruido, esta incorporación genero un nuevo estándar en cuanto a calidad para los usuarios, conocido como “Red Metropolitana de Movilidad”, la cual incorporo accesos de pisos bajos y rampas para personas con capacidades diferentes, una mejor distribución interna para comodidad de los usuarios, aire acondicionado, puertos de recarga USB, conectividad mediante Wifi, mayor seguridad en todas las unidades mediante la instalación de cámaras de video vigilancia y sistema de pánico (Directorio de Transporte Público Metropolitano, 2019).

#### **4.2.7 Definición de Vehículo Eléctrico**

Un vehículo eléctrico es un tipo de vehículo que se mueve gracias a un motor 100% eléctrico el cual se alimenta con energía proveniente de baterías. Las baterías se recargan en la corriente eléctrica o mediante frenadas regenerativas. Actualmente los vehículos eléctricos han incrementado su autonomía lo que les permite recorrer grandes distancias dentro de la ciudad siendo la mejor opción para el tráfico urbano (ZonaECo, 2021).

#### **4.2.8 Vehículos eléctricos e infraestructura de recarga.**

Entre los años 2016 y 2019 se registraron alrededor de 6000 vehículos eléctricos de tipo liviano en América Latina y El Caribe, el mayor volumen de estos registros se

dio en Colombia, México, República Dominicana y Costa Rica (Salazar, 2022).

Los segmentos del sector del transporte de recarga, de mercancías y de reparto han iniciado su cambio hacia la electrificación, esto como parte de proyectos pilotos para poder evaluar el rendimiento y desempeño de la tecnología.

Algunos países ya cuentan con redes para la recarga de vehículos eléctricos, mientras que algunos otros aún se encuentran en proceso; la implementación de estas redes posibilitara la habilitación de sistemas de gestión y facturación de los servicios de recarga (Mañez et al., 2019).

Las electrolinerías son instalaciones de recarga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables, estas pueden estar ubicadas en domicilios, centros comerciales, espacios públicos, entre otros, y se alimentan de la red eléctrica, lo que garantizara que estas puedan ser utilizadas en todo momento (PAESE, 2018).

**Tabla 1.** Avance en infraestructura de recarga en América Latina.

**Fuente:** (Gómez et al., 2016)

País	Infraestructura de recarga	Nivel de avance
México	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo CFE</li> <li>• Proyecto de 100 electrolinerías</li> </ul>	Alto
Costa Rica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrolinería ICE</li> <li>• Descuento en equipamiento</li> </ul>	Alto
Uruguay	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corredor interurbano</li> <li>• Descuentos</li> </ul>	Alto
Chile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulación SEC</li> <li>• Proyectos</li> </ul>	Medio
Colombia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto EPM</li> </ul>	Medio
Brasil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulación</li> <li>• Proyectos</li> </ul>	Medio

Ecuador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobro diferenciado</li> <li>• Proyectos</li> </ul>	Medio
Argentina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto YPF</li> <li>• Pocas electrolinerías</li> </ul>	Poco
Panamá	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pocas electrolinerías</li> </ul>	S/A
República Dominicana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pocas electrolinerías</li> </ul>	S/A

Las electrolinerías tienen la característica de brindar tipos de recargas variados según las necesidades y especificaciones de los vehículos, por ejemplo las de recarga rápida que dará la posibilidad de realizar la recarga hasta un 70% en 30 minutos, de igual manera el conector variará dependiendo del modelo del vehículo y el uso de corriente continua para el proceso de recarga deberá brindar las especificaciones adecuadas; la recarga semi rápida se ejecuta en corriente alterna, este empleará postes de recarga rápida en el cual el proceso de recarga será lo más eficiente posible (Barros & Ortega, 2018).

#### **4.2.9 Tipos de configuración de un vehículo eléctrico.**

Este tipo de vehículos según su configuración pueden llegar a utilizar uno o más motores eléctricos los cuales podrían llegar a ser motor generador o motor de tracción según sea el caso. Existen tres tipos de vehículos eléctricos de este tipo los cuales se alimentan directamente de una estación de alimentación externa, con electricidad almacenada (baterías) y alimentados por un generador a bordo como un motor a combustión, o una célula de combustible de hidrógeno (Jaramillo & Uchuari, 2021).

#### **4.2.10 Tipos de recarga**

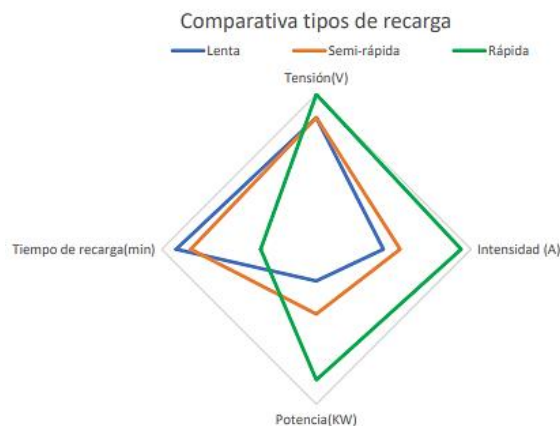
Uno de los principales inconvenientes para los usuarios de vehículos eléctricos es el tiempo que se emplea para la recarga, mismo que tarda alrededor de 6 a 8 horas para

completarse en su totalidad. En los últimos años se ha enfatizado en el desarrollo de nuevas tecnologías con el fin de acelerar este proceso y el sistema de recarga sea más eficiente, los tipos de recarga son:

- **Recarga convencional o lenta:** En este tipo de recarga se emplea el mismo voltaje que una residencia (16 A), mismo que demanda cerca de 3,5 kW de potencia, lo que genera que el tiempo de recarga completo sea de 7.5 horas aproximadamente (Miranda Hernández & Iglesias González, 2015).
- **Recarga semi-rápida:** De 32 A y 230 V de corriente alterna, demanda una potencia de 7,3 kW, con un tiempo aproximado de 4 horas, este tipo de recarga es soportado únicamente por vehículos que utilizan baterías de ion-litio, con un uso común de conector Mennekes.(Miranda Hernández & Iglesias González, 2015).
- **Recarga rápida:** Este tipo de recarga necesita una potencia que oscila entre 44 y 50 kW, puede recargar un 65% de la batería en un tiempo de entre 15 y 18 minutos. (Miranda Hernández & Iglesias González, 2015).

*Figura 5. Comparativa tipos de recarga.*

*Fuente:* (Serna & Bogarra Rodríguez, 2021)



#### 4.2.11 Sistemas de suministro eléctrico

Los vehículos eléctricos según su configuración pueden ser conectados a la red de

suministro eléctrico cuando estos no estén en uso existiendo la posibilidad de equilibrar la demanda de alimentación de las baterías durante los periodos de máximo uso mientras se hace la mayor parte de su recarga por la noche. Los sistemas de suministro de energía requieren de un enorme almacenamiento y de potenciales de recarga lo que puede llegar a ser manipulado según la velocidad y potencia de salida que se llegase a requerir durante los periodos de escasez, los generadores Diesel se utilizan por periodos cortos para lograr estabilizar algunas redes nacionales (Roás, 2011).

#### **4.2.12 Electrolineras**

Son estaciones en las que se pueden realizar recargas a vehículos eléctricos e híbridos enchufables, se ubican en espacios públicos y representan una posible solución para una correcta implementación de movilidad eléctrica (Cañar, 2022a).

Las electrolineras forman parte importante en la cadena logística urbana, que busca la incorporación de EV en el sistema de movilidad, esto ha generado la necesidad de que exista mayor cantidad de puntos de recarga para satisfacer a los usuarios interesados en una movilidad sostenible (Trashorras, 2019).

#### **4.2.13 Autonomía de un vehículo eléctrico**

Un vehículo eléctrico puro define su autonomía con respecto al tamaño de sus baterías por lo cual su alcance es limitado debido a que la baja densidad de energía es mínima a comparación de un vehículo de combustión interna. Los vehículos eléctricos requieren largos tiempos de recarga a comparación con el proceso rápido de recarga que tiene un tanque de combustible. La autonomía es uno de los puntos pendientes de la gama de los eléctricos. La capacidad de las baterías según su uso se va reduciendo con el paso de tiempo y al cumplir ciclos de recarga debido a que se deben soportar con frecuencia el estrés de las recargas y descargas rápidas estos dos

aspectos definen un problema para obtener una buena autonomía sin considerar el gasto de electricidad que supone activar los elementos auxiliares (calefacción), esto suponen un aumento desmedido en el consumo de un vehículo eléctrico que experimenta fuera de su entorno urbano cuando ha de mantener una velocidad crucero elevada durante un largo periodo de tiempo (Fiori et al., 2016).

#### **4.2.14 Transición a vehículos eléctricos**

En países de Latinoamérica como Argentina, Brasil y México se cuenta con fabricantes automotrices de gran importancia, además de contar con las condiciones necesarias para que la movilidad eléctrica sea impulsada de manera adecuada. “Move” es una entidad virtual que es impulsada por la ONU Medio Ambiente la cual acelera la transición hacia una movilidad eléctrica en la región; este plan tiene como objetivos estratégicos acelerar la eficiencia energética, eliminar distorsiones en el mercado, crear incentivos adecuados para vehículos eléctricos y el desarrollo de infraestructuras de recargas. Los corredores eléctricos tienen la finalidad de conectar puntos o áreas de importancia para aminorar impactos negativos provocados por la emisión de gases contaminantes (Santaella, s.f.).

#### **4.2.15 Corredores eléctricos**

Las infraestructuras de recarga son un pilar fundamental dentro de los objetivos que se plantean, mismas que consideran desde los accesorios hasta la potencia de recarga que exista; una de las preocupaciones entre los usuarios es el rango de autonomía de los vehículos eléctricos, quizás esta es una de las razones por la cual la transición de vehículos con motores de combustión interna a eléctricos no se ha podido consolidar de la mejor manera. En Latinoamérica al ser una región en la cual las distancias para conectar un punto con otro son demasiadas extensas se ha pensado en el estudio para la implementación de un corredor eléctrico en el cual contara con equipos de recarga



homologados (Ghamami et al., 2016).

Los corredores eléctricos comprenden estaciones comunes y corrientes, similares a una estación convencional, con la diferencia de que esta suministraría electricidad para vehículos eléctricos y vehículos híbridos enchufables; además de que contarán con servicios como recarga de baterías, cambios de baterías y distintos servicios para necesidades de los usuarios, las electrolinerías incluirán el sistema de control, las canalizaciones eléctricas, los equipos especializados y cuadros eléctricos que necesitarán los vehículos para poder recargar sus baterías de forma segura y eficiente..

#### **4.2.16 Estado de recarga de la batería (SoC)**

Para determinar el estado de recarga SOC que define el nivel de recarga al cual se encuentra la batería expresada como un porcentaje del total de capacidad máxima que tienen los vehículos eléctricos se definirá mediante un software de ingeniería que determinará matemáticamente el consumo de energía y la capacidad de recarga mediante la frenada regenerativa (Ortiz et al., 2022).

### 4.3 Definición de ruta mediante tramos.

*Figura 6. Tramos de ruta Cuenca-Loja*



#### 4.3.1 Descripción de la ruta

En la figura de 6 se presenta la ruta de estudio Cuenca-Loja, misma que se encuentra segmentada por conveniencia del software, para generar con precisión las mediciones de altimetría y distancia, mismas que se presentan a continuación:

*Tabla 2. Puntos más altos y puntos más bajos de los tramos*

N. Tramo	TRAMO	Punto más alto "PMA"	Punto más bajo "PMB"
Tramo 1	Centro Sur-La Jarata	3451 msnm	2477 msnm
Tramo 2	La Jarata-Cazadores de los Ríos	3327 msnm	1874 msnm
Tramo 3	Cazadores de los Ríos-Santiago	2987 msnm	2257 msnm
Tramo 4	Santiago-Loja	2809 msnm	2033 msnm

## TRAMO 1 CentroSur – La Jarata

La figura 7 muestra la altimetría del tramo Centro sur - La Jarata, en el cual se muestra que el punto mas alto del tramo con 3451 msnm desde el punto de inicio.

*Figura 7. Punto más alto del tramo Centro Sur - La Jarata*



En la figura 8, se muestra el punto más bajo del tramo que es de 2477 msnm.

*Figura 8. Punto más bajo del tramo Centro sur - La Jarata*



## TRAMO 2 La Jarata – Cazadores de los Ríos

En la figura 9 se muestra la altimetría del tramo La Jarata-Cazadores de los Ríos, en este tramo el punto más alto es 3327 msnm.

*Figura 9. Punto más alto del tramo La Jarata – Cazadores de los Ríos*



En la figura 10 del tramo La Jarata-Cazadores de los Ríos, el punto más bajo es 1874 msnm

*Figura 10. Punto más bajo del tramo La Jarata – Cazadores de los Ríos*



### **TRAMO 3 Cazadores de los Ríos – Santiago**

La figura 11 muestra el punto mas alto del tramo que es 2987 msnm

*Figura 11. Punto más alto del tramo Cazadores de los Ríos - Santiago*



En la figura 12 se muestra el punto mas bajo del tramo que es 2257 msnm

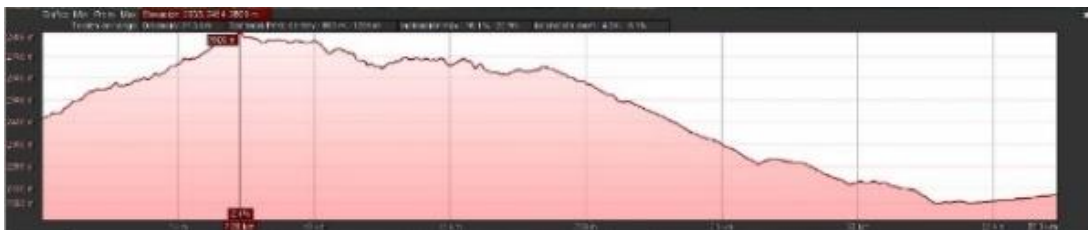
*Figura 12. Punto más bajo del tramo Cazadores de los Ríos - Santiago*



En la figura 13 se muestra el punto más alto del tramo que es 2809 msnm.

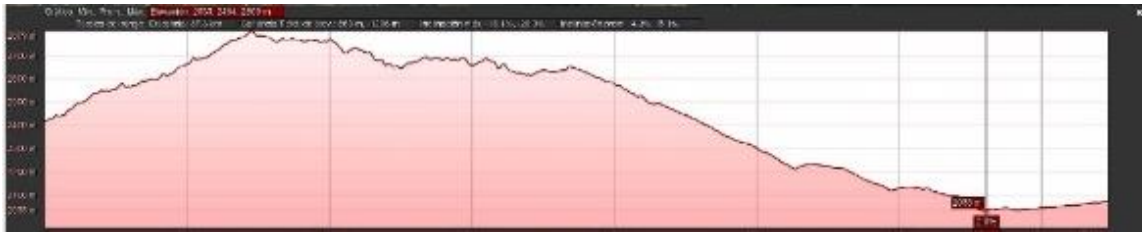
### **TRAMO 4 Santiago – Loja**

*Figura 13. Punto más alto del tramo Santiago - Loja*



La figura 14 muestra el punto más bajo del último tramo con un valor de 2083 msnm.

**Figura 14. Punto más bajo del tramo Santiago - Loja**



## **5. CAPITULO 2 Estimación de la autonomía actual y determinación del SOC del vehículo eléctrico KIA SOUL EV mediante la utilización de un software de ingeniería o métodos matemáticos.**

La autonomía de un vehículo eléctrico se define por varios parámetros siendo alguno es estos el estilo de conducción y ruta que se puede llegar a tener es por ello por lo que, una vez realizadas varias pruebas en el dinamómetro al semejar un ciclo de conducción y una prueba en ruta tanto rural, urbano y autopista aplicada al vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014 se definió el comportamiento. A continuación, se presentan algunos métodos que utilizan los fabricantes para determinar la autonomía de un vehículo eléctrico (Slough et al., 2021).

### **5.1 Definición autonomía Kia Soul EV modelo 2014**

*Figura 15. Vehículo Kia Soul EV 2014*



El vehículo Kia Soul EV perteneciente a la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana expone una autonomía de 133 km y un SoC de 80%, esta autonomía se ha visto afectada por el deterioro de las baterías debido al transcurso del tiempo ya que cuando se presentaba como un vehículo nuevo tenía una autonomía de 212 km según el fabricante.

El garantizar los 66 km como netos es decir que se consideren eficientes de principio a fin a lo largo de una ruta que comprenda este kilometraje resultaría contraproducente

debido a que estos vehículos en su diseño y construcción nunca fueron considerados para la conducción en la altimetría que presenta el Ecuador existen varias evidencias como la adquisición de camionetas doble cabina que la agencia de control de tránsito EMOV EP puso en funcionamiento el presente año resultando un proyecto fallido ya que en un mes de operación su autonomía bajó a 4 horas de circulación por la ciudad de 37 horas que prometía el fabricante (Movilidad, 2023)

Es por este sentido que se toma como referencia para la ejecución de este proyecto la autonomía de fábrica del vehículo eléctrico y el SoC de 80% para la generación de un modelo esperando que en un futuro este tipo de vehículos puedan llegar a ser fiables como los vehículos con motor de combustión interna.

(Eco, 2020) define que la autonomía de un vehículo eléctrico depende de distintos factores como las dimensiones del propio vehículo, la capacidad de la batería tanto su voltaje nominal como su capacidad en amperios hora; además hace hincapié en los factores externos que también afectan a la batería de un vehículo eléctrico como es la climatología, el perfil altimétrico del terreno y el modo de conducción es por ello que al estar en una ciudad que se encuentra a 2560m sobre el nivel del mar y presentar un perfil altimétrico extremadamente variable esta autonomía se ve afectada.

## **5.2 Método aplicado para la determinación de la autonomía de un vehículo eléctrico.**

Existen diferentes tipos de metodologías que se aplican para la determinación de la autonomía de un vehículo eléctrico de cualquier tipo de categoría según el requerimiento, es por ello por lo que se presentan las diferentes formas que tanto los fabricantes como los investigadores utilizan para estimar dicha autonomía:

- Capacidad de la batería: Se podría decir que la autonomía de un EV está

directamente relacionada con la capacidad que tienen su batería, misma que se expresa mediante la unidad de kWh (kilovatios-hora)

- Consumo de energía: Este factor estará relacionado con varios factores tanto como al estilo de conducción como las condiciones ambientales, este se mide en kWh/km (kilovatios-hora por kilómetro).
- Eficiencia del sistema: este parámetro juega un papel fundamental en la autonomía de un vehículo eléctrico debido a que un mal diseño o cálculo de este puede resultar perjudicial para la transición de vehículos eléctricos (Vempalli et al., 2018).

### **5.3 Aplicación de modelado de vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014 para la determinación del SoC en ruta.**

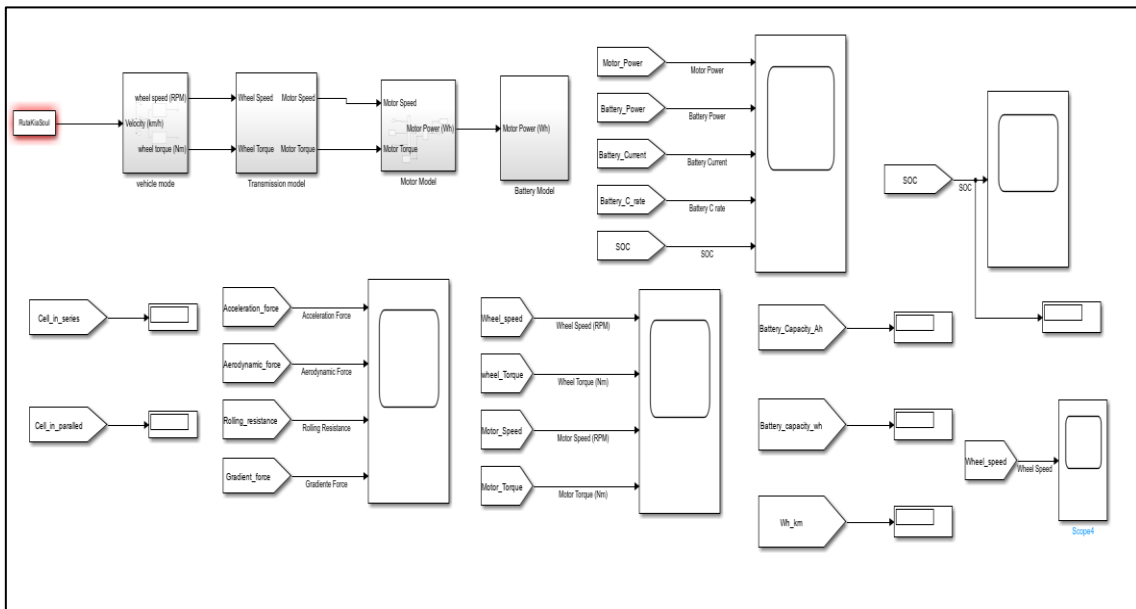
(DIYGURU, 2022) Es un centro de capacitación para ingenieros que busca incursionar en el mundo de la movilidad sostenible generando propuestas para la optimización de vehículos eléctricos en la India país azotado por la contaminación de vehículos a combustión interna, es por ello por lo que se toma de referencia el modelo implementado y se desarrolla en base a parámetros territoriales definidos.

#### **5.3.1 Presentación del modelado del vehículo eléctrico en Simulink**

Simulink es un software de ingeniería utilizado para diseñar diferentes tipos de sistemas dinámicos y realización de simulaciones que asemejan el comportamiento de un elemento en un espacio determinado, con esto los usuarios pueden diseñar y construir modelos gráficos mediante la utilización de bloques funcionales los cuales representan componentes del sistema (Slough et al., 2021).



**Figura 16. Modelado de un vehículo eléctrico por DIYGURU**

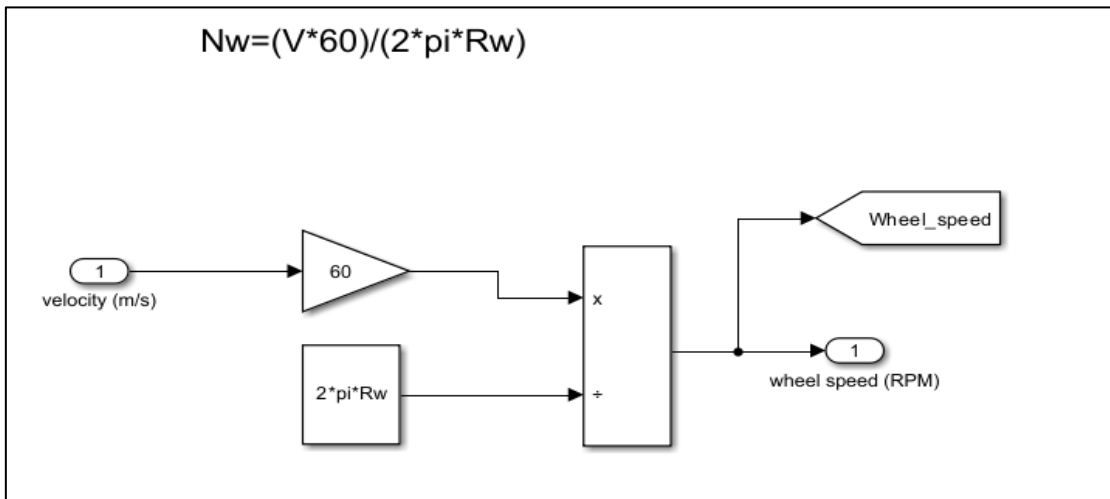


Este modelado permite insertar datos específicos con respecto al vehículo eléctrico a ser utilizado así también algunas consideraciones del entorno que permitirá definir el SoC de manera fiable en base a una ruta establecida, el modelado se afino para que los resultados coincidan lo más próximo posible al perfil altimétrico que comprende la vía estatal Cuenca-Loja la cual está definida con pendientes pronunciadas que resultan al final perjudicial para la autonomía del vehículo eléctrico.

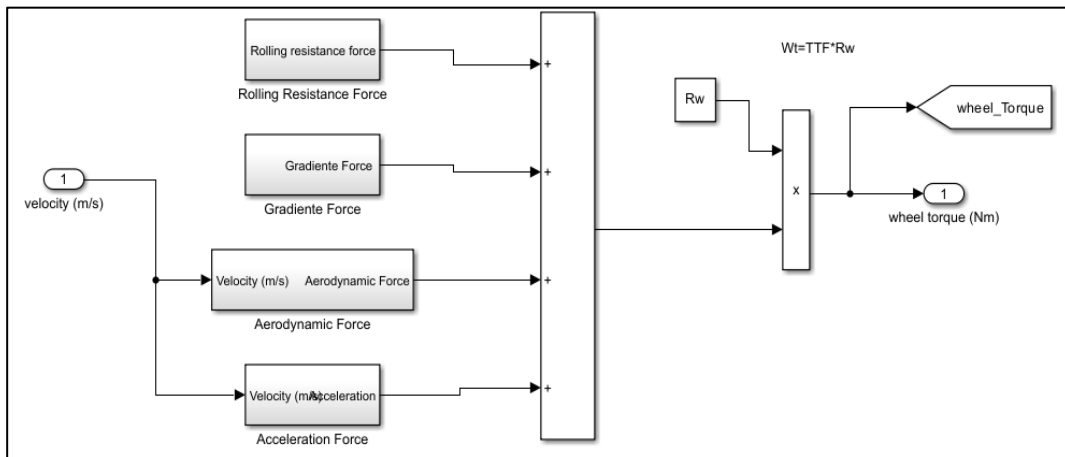
### 5.3.2 Definición de parámetros del modelado

A continuación, se determina las diferentes fórmulas y parámetros de entrada y salida que aplica el modelo para la determinación de datos de simulación de un vehículo eléctrico.

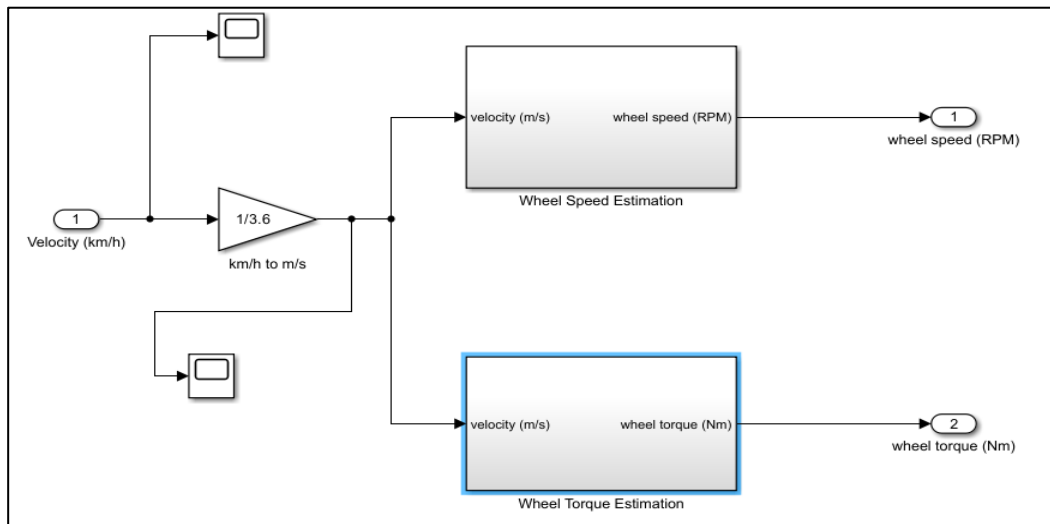
**Figura 17. Estimación de la velocidad de la rueda**



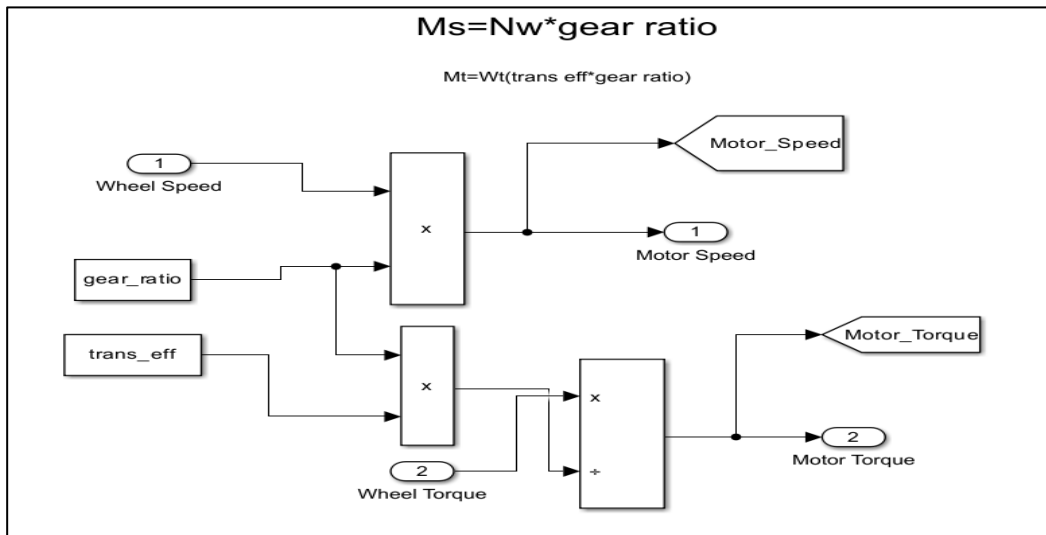
**Figura 18. Estimación de torque en la rueda**



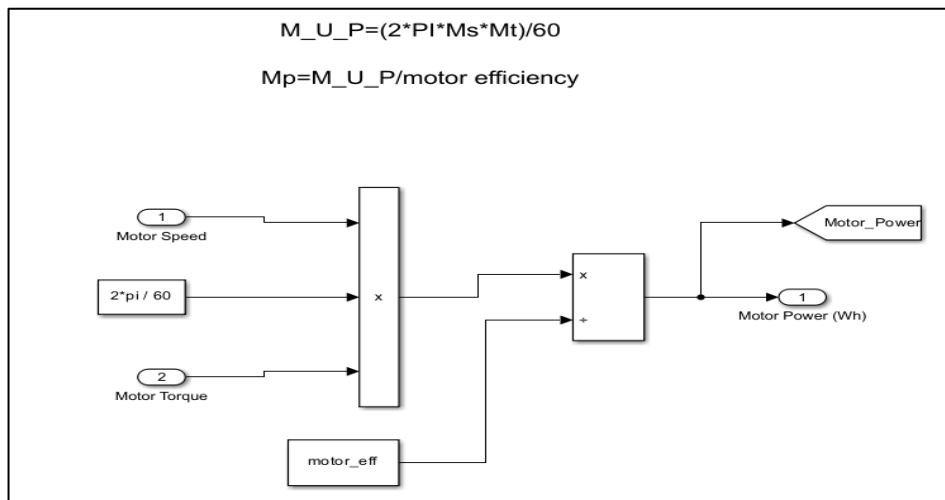
**Figura 19. Parámetros de vehículo para la estimación de velocidad y torque en las ruedas**



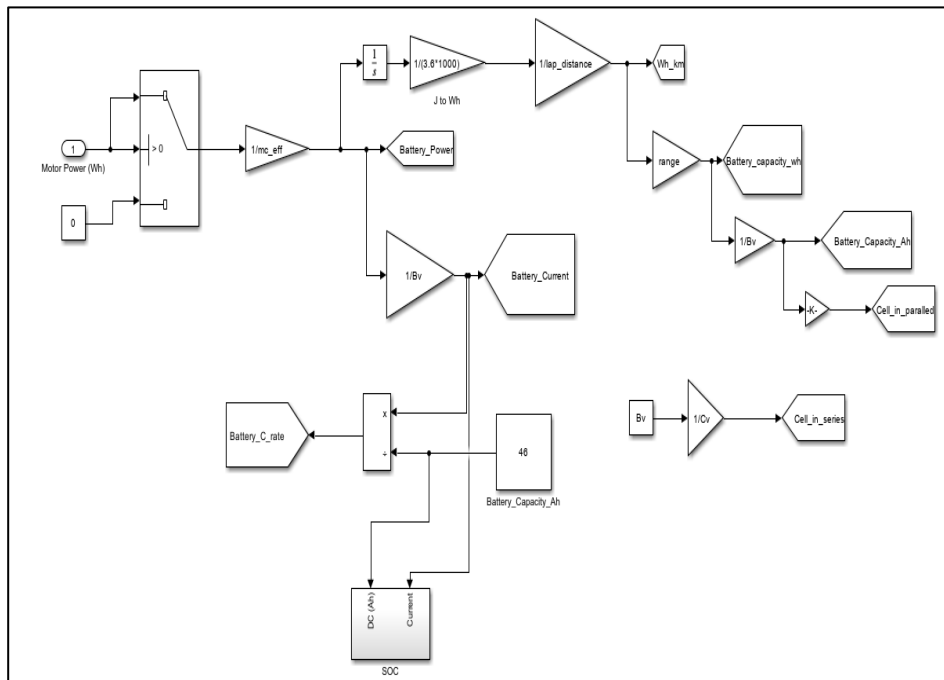
**Figura 20.** Modelo de Transmisión de un vehículo eléctrico



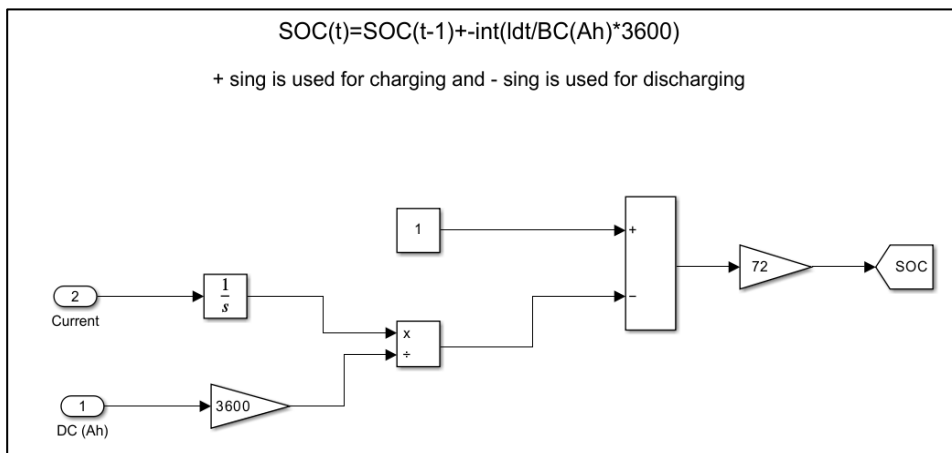
**Figura 21.** Modelo de un motor eléctrico



**Figura 22.** Modelo de las baterías de un vehículo eléctrico



**Figura 23.** Modelo para determinar el SoC de las baterías



### 5.3.3 Definición de parámetros del vehículo eléctrico para el modelado

Una vez presentado el modelo para simular un vehículo se procede a definir los parámetros necesarios que este requiere para su funcionamiento, los cuales se insertan en la ventana de model workspace propia de Simulink.

**Figura 24. Model Workspace para Simulink**



Dependiendo del modelado a realizar esta ventana permite insertar datos que el usuario considere necesarios tanto del vehículo como de las condiciones ambientales para luego poder procesar mediante las herramientas que brinda Simulink el comportamiento del vehículo en carretera.



















### 5.3.4 Presentación de parámetros del vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014

**Tabla 3. Parámetros de vehículo Kia Soul EV 2014**

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
Radio del neumático	0.295m
Masa del vehículo	1670 kg
Peso del vehículo	16.3kN
Coefficiente de resistencia	0.017
Angulo de pendiente	0
Área frontal	2.3
Coefficiente de rodadura	0.35
Relación de transmisión	9.26
Eficiencia de la transmisión	0.9%
Eficiencia del motor	0.9%
Eficiencia de frenado	0.95%
Voltaje de la batería	360V
Voltaje de la celda	3.75V
Capacidad de la celda	2.9 Ah
Distancia de recorrido	15 km
Autonomía	100 km
Tiempo de recorrido	48000
Densidad del aire	1225 kg/m <sup>3</sup>

### 5.3.5 Presentación de parámetros del vehículo eléctrico en Model Workspace

*Figura 25. Parámetros insertados en Model workspace*

	Af	2.3	double (auto)	[1 1]	real
	Bv	360	double (auto)	[1 1]	real
	Cc	2.9	double (auto)	[1 1]	real
	Cd	0.35	double (auto)	[1 1]	real
	Crf	0.017	double (auto)	[1 1]	real
	Cv	3.75	double (auto)	[1 1]	real
	GVM	1670	double (auto)	[1 1]	real
	GVW	16382.7	double (auto)	[1 1]	real
	Rw	0.295	double (auto)	[1 1]	real
	air_density	1.225	double (auto)	[1 1]	real
	gear_ratio	9.26	double (auto)	[1 1]	real
	lap_distance	15	double (auto)	[1 1]	real
	mc_eff	0.95	double (auto)	[1 1]	real
	motor_eff	0.9	double (auto)	[1 1]	real
	range	100	double (auto)	[1 1]	real
	slope_angle	0	double (auto)	[1 1]	real
	time	4121	double (auto)	[1 1]	real
	trans_eff	0.9	double (auto)	[1 1]	real

### 5.3.6 Instrumentos para la adquisición de datos de ruta

*Figura 26. OBD Link-Adquisición de datos*



Para la adquisición de datos del vehículo eléctrico Kia Soul EV se tiene la herramienta ODB Link la cual permite generar datos abordo mientras se genera una ruta o ciclo de conducción, este brinda varios parámetros como SoC, VSS, rpm, tiempo, etc. (OBDLink, s.f.).

**Figura 27. Freematics ONE +**



Para la adquisición del VSS de la ruta Cuenca-Loja se optó por la utilización del instrumento Freematics One+ aplicado a un vehículo convencional que cubrió la ruta Cuenca-Loja desde el terminal terrestre de la ciudad de Cuenca hasta el Terminal terrestre de la ciudad de Loja (Freematics, s.f.).

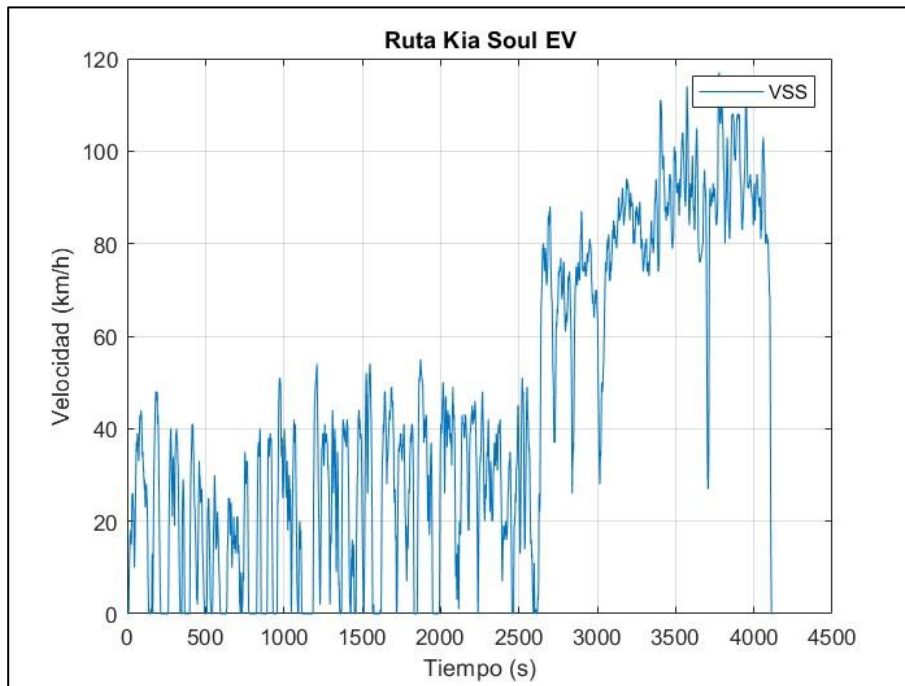
#### **5.4 Validación de modelado del vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014**

Una vez definidos los parámetros en el Workspace de Simulink se procede a validar el modelo del vehículo eléctrico, para esto se procedió a insertar una ruta la cual se realizó con el vehículo Kia Soul EV 2014 por distintos sectores de la ciudad tanto urbano, rural y autopista por un determinado tiempo que permita definir el comportamiento del SoC ante distintos estilos de conducción y altimetría.

La ciudad de Cuenca al presentar distintos perfiles de elevación dentro y fuera del casco urbano genera que la frenada regenerativa del vehículo eléctrico no contribuya a la recarga de las baterías resultando de manera perjudicial para la autonomía del vehículo generando los siguientes resultados.

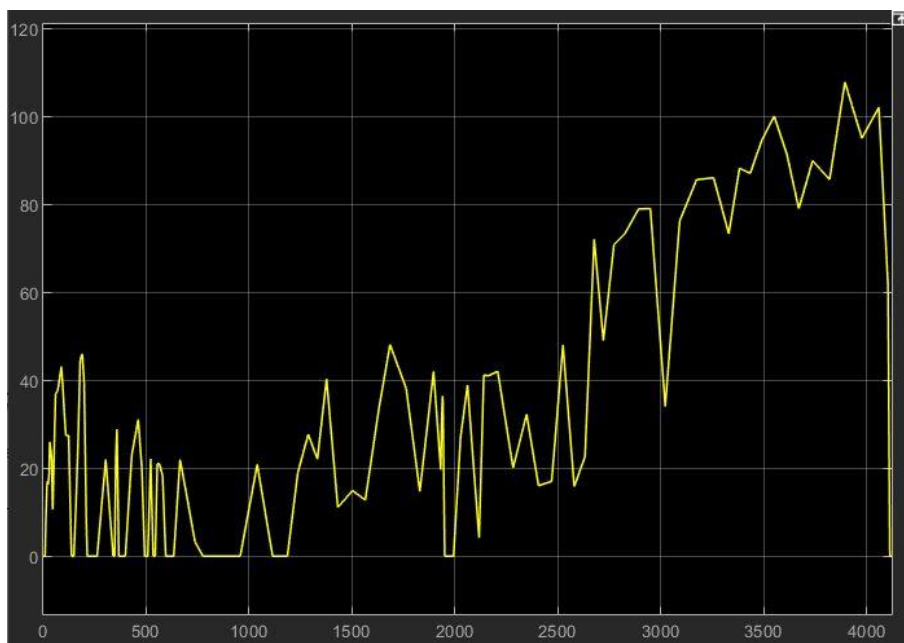
En la figura 28 se presenta el VSS de la ruta que se realizó con el vehículo eléctrico, necesario para la aplicación en el modelado para la simulación del vehículo ene ruta.

**Figura 28.** VSS de la Ruta con el vehículo Kia Soul EV 2014



La figura 29 representa el VSS aplicado al modelado del vehículo eléctrico en el que se puede comprobar la validación de la variación de la velocidad con respecto al tiempo que se genera al conducir.

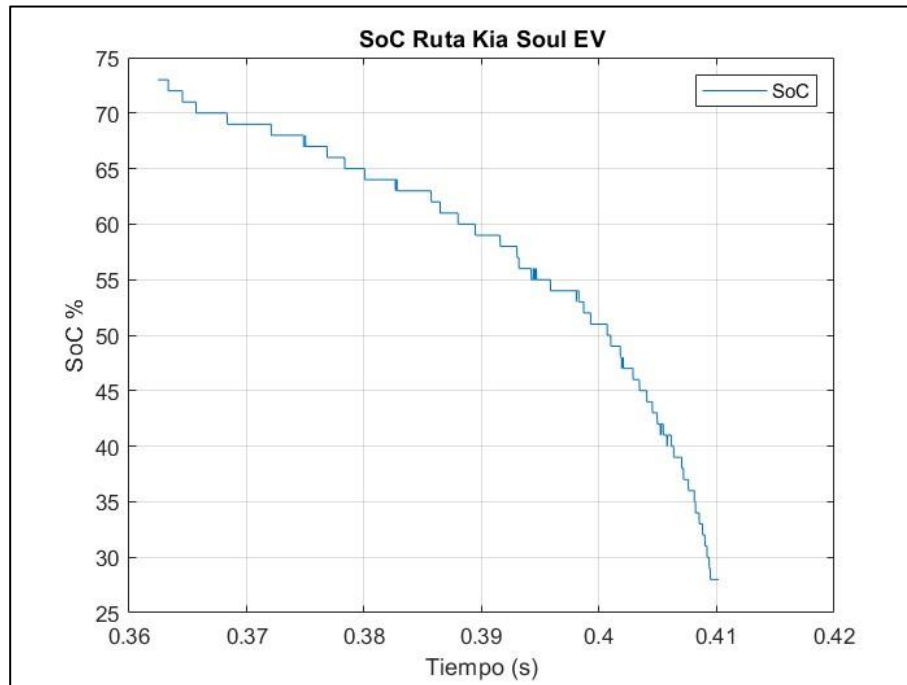
**Figura 29.** VSS ruta Kia Soul EV 2014





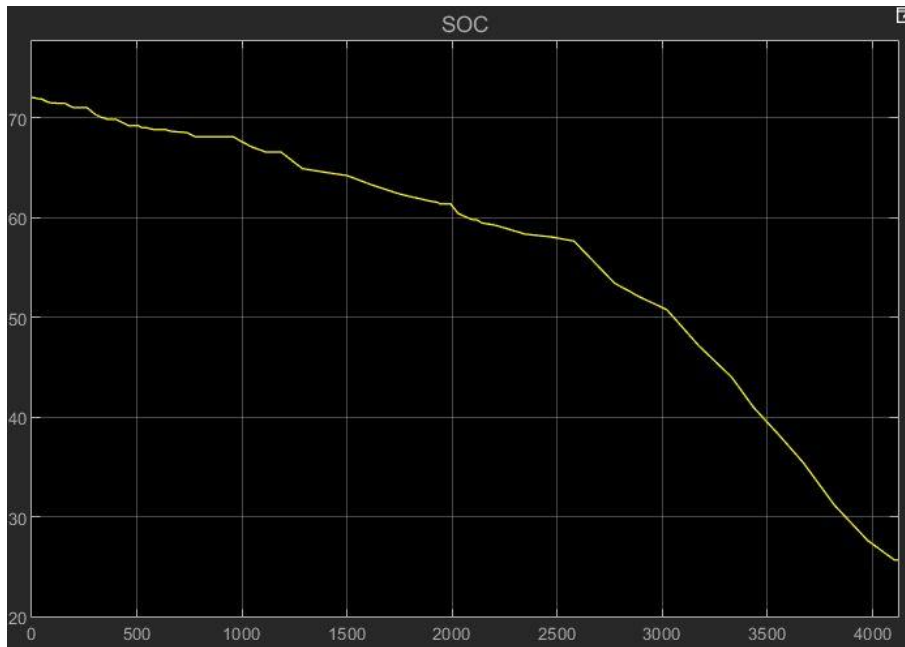
La figura 30 representa el comportamiento del SoC en ruta definido por el vehículo eléctrico, la adquisición de datos comenzó con un SoC de 73% luego de haber transcurrido un tiempo de 1:13 el SoC llegó a un 28%.

**Figura 30.** SoC definido por el vehículo Kia Soul EV 2014



En la figura 31 se observa el comportamiento del SoC en ruta mediante la simulación del vehículo eléctrico generando resultados similares con un SoC inicial de 73% y un SoC final de 26% luego de haber transcurrido 1:13.

**Figura 31.** SoC de ruta Kia Soul EV 2014 simulación



La validación del modelado se genera al comprobar los resultados obtenidos por el vehículo eléctrico mediante el OBD Link el cual genera distintos parámetros en tiempo real de conducción mientras tanto el modelado obtiene resultados por medio de la aplicación del VSS en la ruta que se haya realizado con el vehículo generando comportamientos similares de ruta y dando resultados semejantes a los que se obtiene mediante la adquisición de datos.

## **6. CAPITULO 3 Análisis de los resultados obtenidos mediante el uso de tablas de datos en documentos de Office para determinar la autonomía actual de vehículo KIA SOUL EV a la ruta establecida.**

### **6.1 Análisis de resultados**

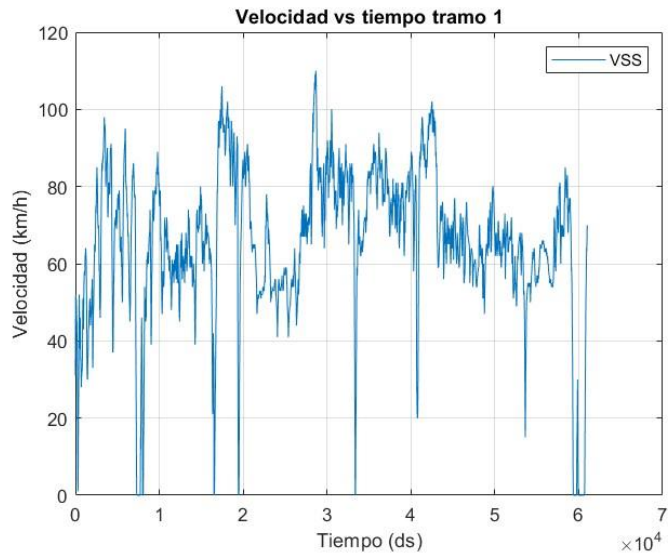
Mediante RDE obtenidos en el banco dinamométrico como en una ruta establecida se logró determinar la autonomía que el vehículo KIA SOUL EV 2014 posee actualmente, es por ello por lo que con la información obtenida se procede a definir en Simulink los parámetros obtenidos necesarios para la simulación del vehículo eléctrico aplicado a la ruta de estudio CUENCA-LOJA obteniendo los siguientes resultados.

#### **6.1.1 Aplicación por tramos**

La ruta de estudio al estar comprendida por 212 km de distancia genera un error al tratar de aplicar toda está a la simulación del vehículo eléctrico es por ello por lo que se optó por generar tramos de estudios en el que el modelado genere datos fiables y permita determinar exactamente el comportamiento del SoC en ruta.

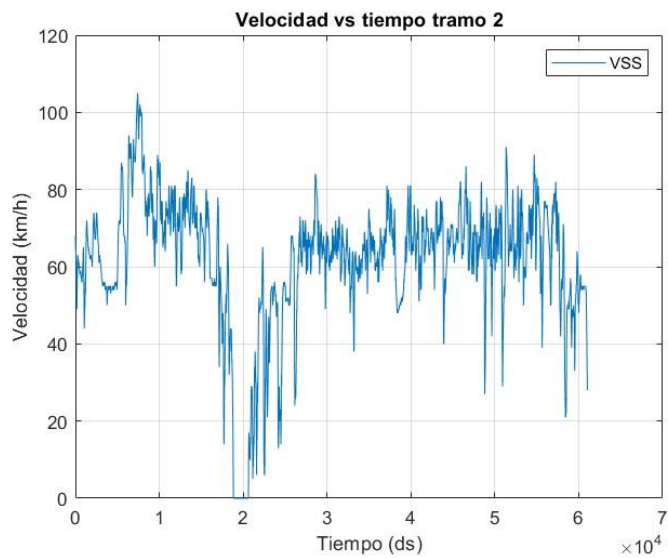
En la figura 32 se muestra el VSS del tramo uno de la ruta Cuenca-Loja, para la determinación del SoC mediante el modelado del vehículo eléctrico.

**Figura 32.** Gráfica de velocidad vs tiempo Tramo 1 (Cuenca-Loja)



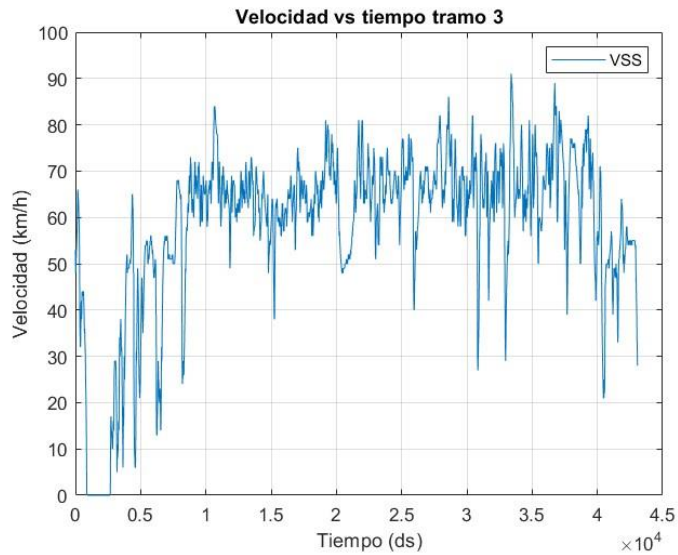
La figura 33 presenta el VSS del tramo dos de la ruta Cuenca-Loja, para la determinación del SoC mediante el modelado del vehículo eléctrico.

**Figura 33.** Gráfica de velocidad vs tiempo Tramo 2 (Cuenca-Loja)



En la figura 34 se muestra el VSS del tramo tres de la ruta Cuenca-Loja, para la determinación del SoC mediante el modelado del vehículo eléctrico.

**Figura 34.** Gráfica de velocidad vs tiempo Tramo 2 (Cuenca-Loja)

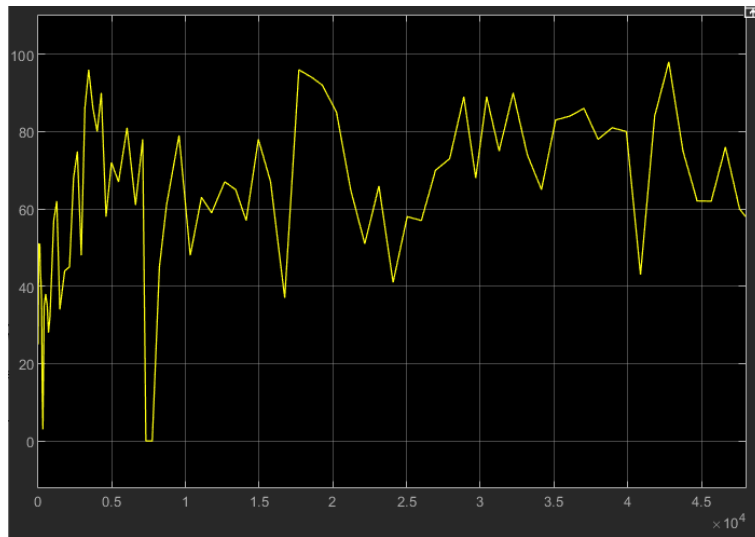


### 6.1.2 Aplicación del VSS de la ruta Cuenca-Loja al modelado

Para la determinación del SoC en la ruta establecida el modelado depende del VSS ya presentado anteriormente, el modelado realiza una simplificación de valores como se puede visualizar en el Scope siendo así como el modelado determina el Soc.

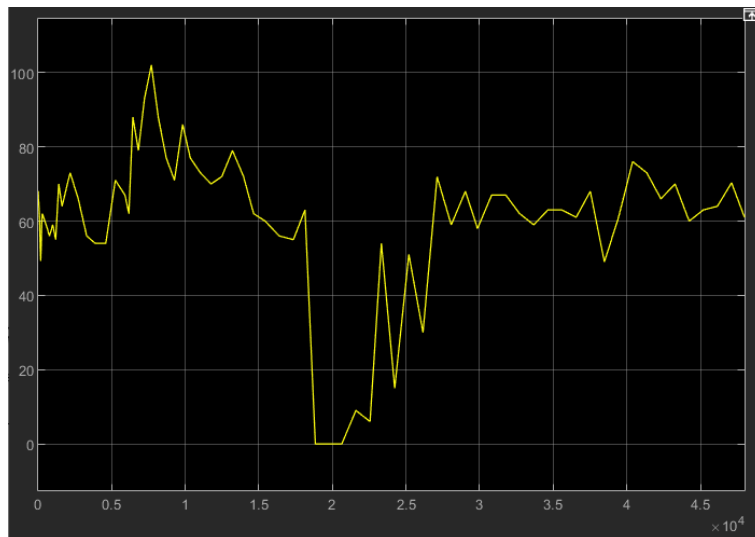
La figura 35 muestra el VSS del tramo uno de la ruta Cuenca-Loja, aplicado al modelado del vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014 para la determinación del SoC con respecto a la ruta establecida.

**Figura 35.** VSS Scope Simulación Tramo 1 ruta (Cuenca-Loja)



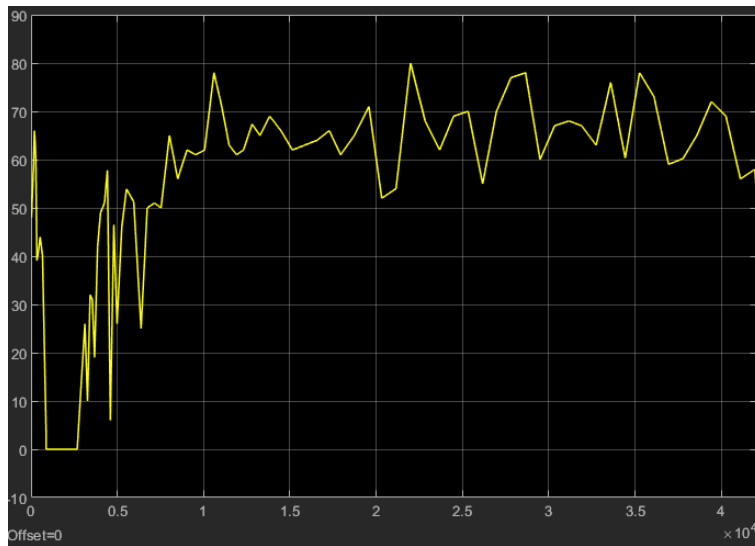
En la figura 36 se muestra el VSS del tramo dos de la ruta Cuenca-Loja, aplicado al modelado del vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014 para la determinación del SoC con respecto a la ruta establecida.

**Figura 36.** VSS Scope Simulación Tramo 2 ruta (Cuenca-Loja)



En la figura 37 se muestra el VSS del tramo tres de la ruta Cuenca-Loja, aplicado al modelado del vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014 para la determinación del SoC con respecto a la ruta establecida.

**Figura 37.** VSS Scope Simulación Tramo 3 ruta (Cuenca-Loja)



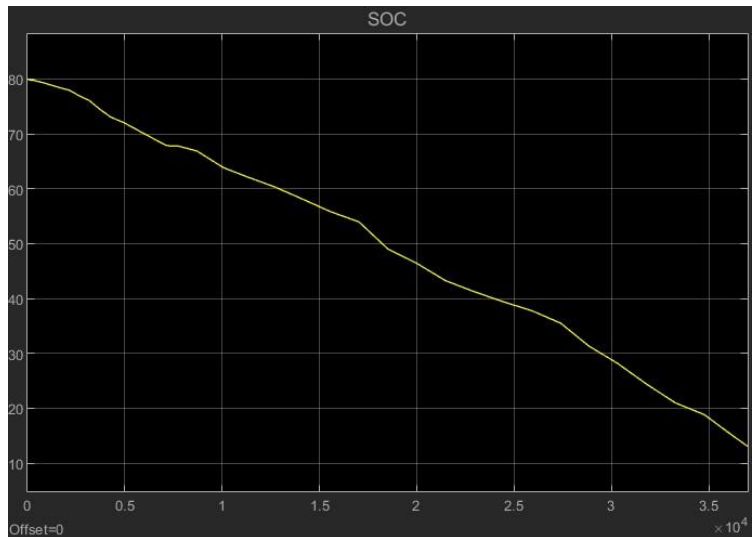
La especificación del SoC se da con la determinación de valores que permitan conservar de cierta manera la vida útil de las baterías es decir con valores cercanos al 20% según el fabricante.

### **6.1.3 Determinación del SoC de la ruta Cuenca-Loja**

Para la determinación del SoC se consideraron puntos en los que el mínimo de descarga se encuentre entre valores cercanos al 20% por lo que se obtuvieron los siguientes resultados definiendo puntos candidatos a la instalación de recarga.

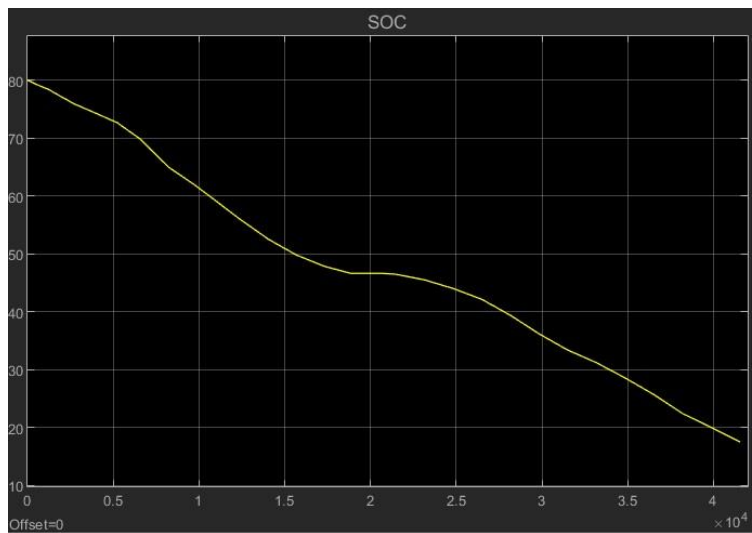
La figura 38 muestra el SoC determinado por el modelado del vehículo eléctrico correspondiente al tramo uno de estudio de la ruta Cuenca-Loja.

**Figura 38.** SoC correspondiente al tramo 1 Ruta (Cuenca-Loja)



En la figura 39 se muestra el SoC determinado por el modelado del vehículo eléctrico correspondiente al tramo dos de estudio de la ruta Cuenca-Loja

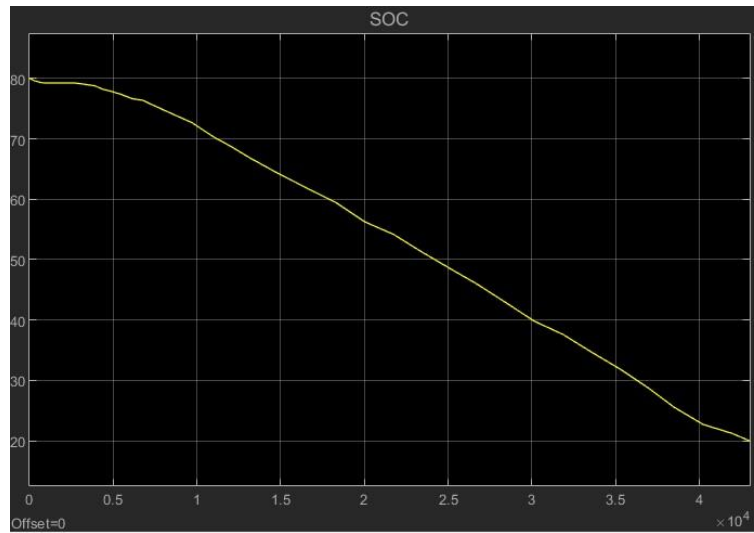
**Figura 39.** SoC correspondiente al tramo 2 Ruta (Cuenca-Loja)



La figura 40 indica el SoC determinado por el modelado del vehículo eléctrico correspondiente al tramo tres de estudio de la ruta Cuenca-Loja. .



**Figura 40.** SoC correspondiente al tramo 3 Ruta (Cuenca-Loja)

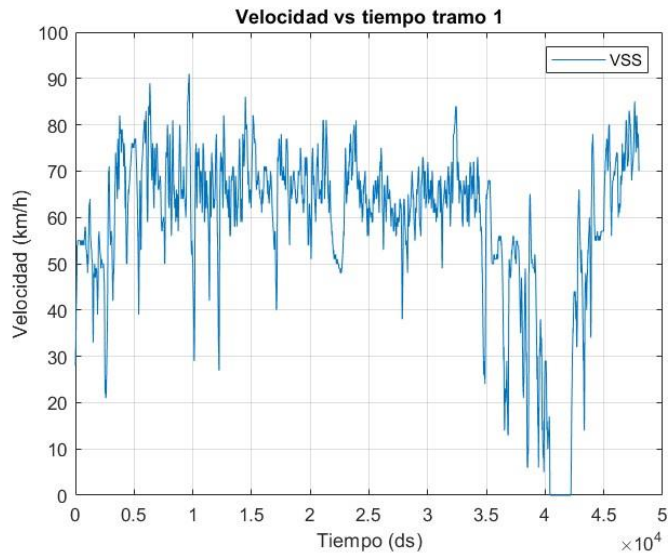


#### **6.1.4 Aplicación del VSS de la ruta Loja-Cuenca al modelado**

De igual manera se aplica el VSS al modelado en sentido contrario de la ruta establecida para determinar los puntos de estudio y compararlos con los resultados ya obtenidos con respecto a la ruta Cuenca-Loja.

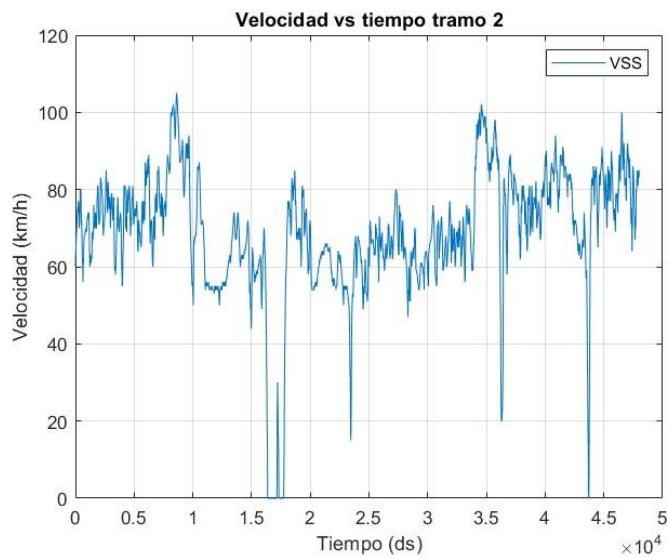
En la figura 41 se presenta el VSS del tramo uno de la ruta Cuenca-Loja, para la determinación del SoC mediante el modelado del vehículo eléctrico.

**Figura 41.** Gráfica de velocidad vs tiempo Tramo 1 (Loja-Cuenca)



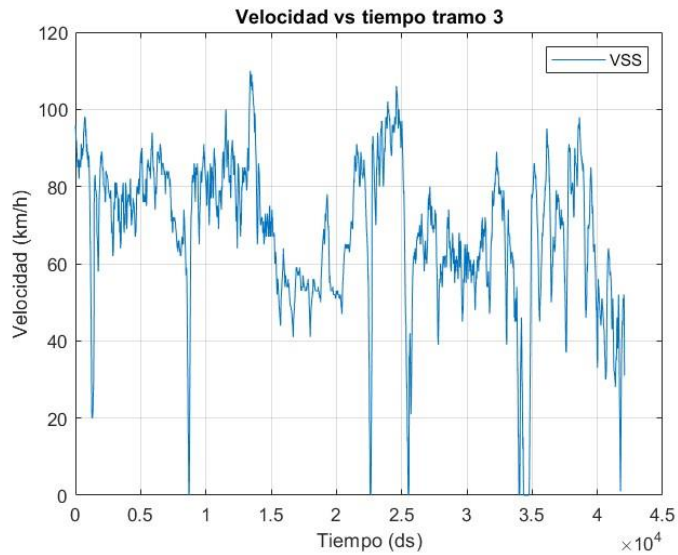
La figura 42 muestra el VSS del tramo dos de la ruta Cuenca-Loja, para la determinación del SoC mediante el modelado del vehículo eléctrico.

**Figura 42.** Gráfica de velocidad vs tiempo Tramo 2 (Loja-Cuenca)



En la figura 43 se presenta el VSS del tramo tres de la ruta Cuenca-Loja, para la determinación del SoC mediante el modelado del vehículo eléctrico

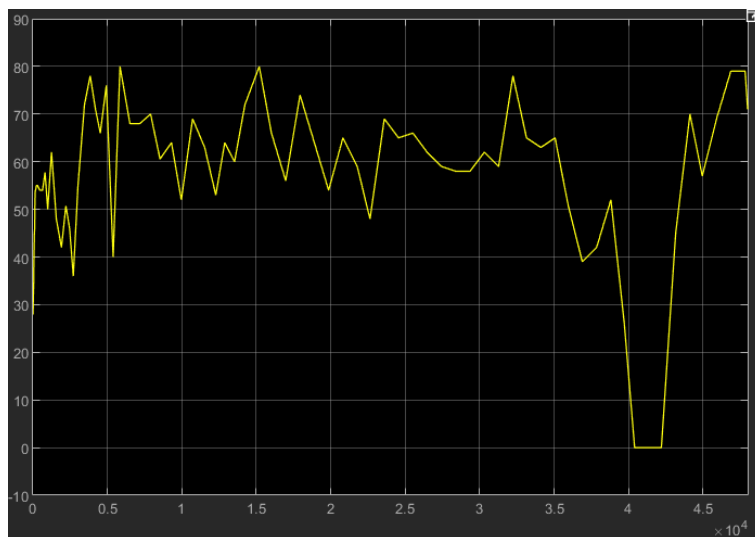
**Figura 43.** Gráfica de velocidad vs tiempo Tramo 3 (Loja-Cuenca)



### 6.1.5 Aplicación del VSS de la ruta Loja-Cuenca al modelado

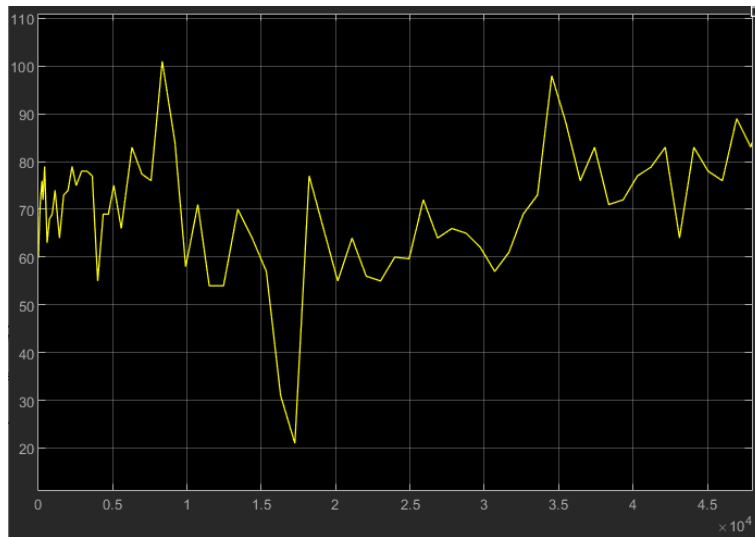
La figura 44 indica el VSS del tramo uno de la ruta Loja-Cuenca, aplicado al modelado del vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014 para la determinación del SoC con respecto a la ruta establecida.

**Figura 44.** VSS Scope Simulación Tramo 1 ruta (Loja-Cuenca)



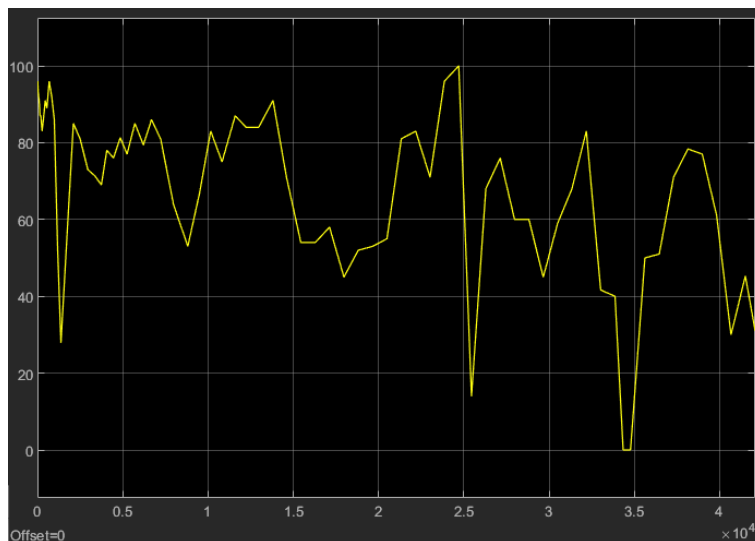
En la figura 45 se muestra el VSS del tramo dos de la ruta Loja-Cuenca, aplicado al modelado del vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014 para la determinación del SoC con respecto a la ruta establecida.

**Figura 45.** VSS Scope Simulación Tramo 2 ruta (Loja-Cuenca)



La figura 46 se muestra el VSS del tramo tres de la ruta Loja-Cuenca, aplicado al modelado del vehículo eléctrico Kia Soul EV 2014 para la determinación del SoC con respecto a la ruta establecida.

**Figura 46.** VSS Scope Simulación Tramo 3 ruta (Loja-Cuenca)



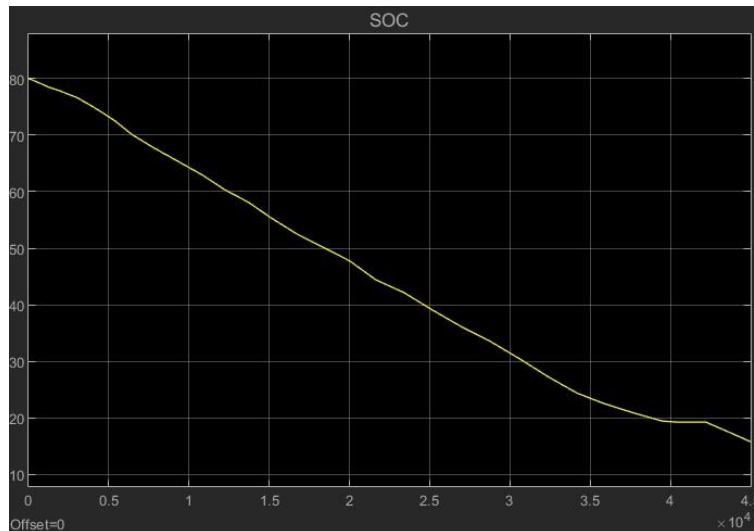
### 6.1.6 Determinación del SoC de la ruta Loja-Cuenca

Al igual que la aplicación anterior se dispuso la determinación del SoC en valores cercanos al 20% para la conservación de la vida útil de la batería dando como

resultado diferentes puntos de estudio candidatos a la aplicación de puntos de recarga para vehículos eléctricos.

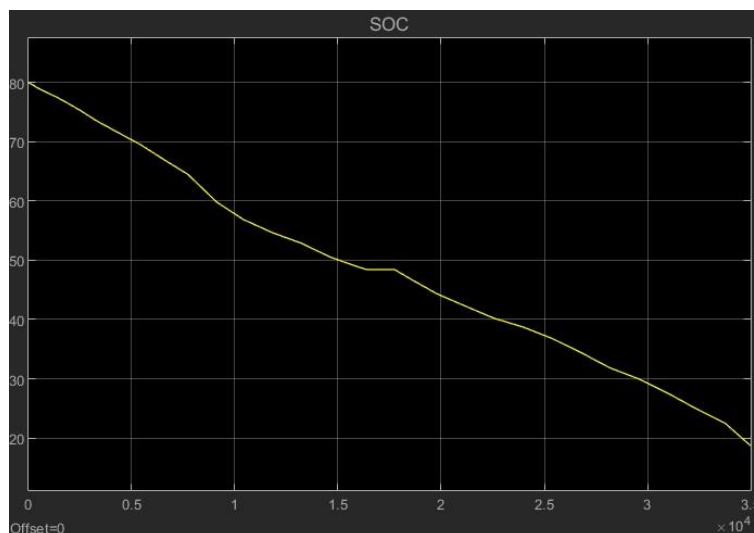
La figura 47 indica el SoC determinado por el modelado del vehículo eléctrico correspondiente al tramo uno de estudio de la ruta Loja-Cuenca.

**Figura 47.** SoC correspondiente al tramo 1 Ruta (Loja-Cuenca)



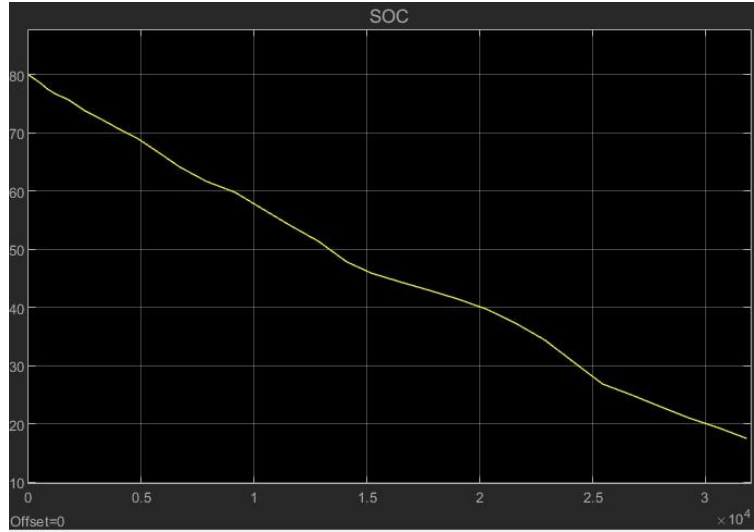
En la figura 48 se muestra el SoC determinado por el modelado del vehículo eléctrico correspondiente al tramo dos de estudio de la ruta Loja-Cuenca.

**Figura 48.** SoC correspondiente al tramo 2 Ruta (Loja-Cuenca)



La figura 49 indica el SoC determinado por el modelado del vehículo eléctrico correspondiente al tramo tres de estudio de la ruta Loja-Cuenca.

**Figura 49.** SoC correspondiente al tramo 3 Ruta (Loja-Cuenca)



## 6.2 Determinación de valores obtenidos

**Tabla 4.** Resultados obtenidos ruta Cuenca-Loja

	<b>Décima de segundo</b>	<b>Hora</b>	<b>SoC %</b>	<b>Latitud (UTM)</b>	<b>Longitud (UTM)</b>
<b>1er tramo</b>	37000	<b>1:01</b>	13.05	9633931.32261789	708951.868992100
<b>Cuenca – La Paz</b>				Gasolinera la Paz	Gasolinera la Paz
<b>2do tramo</b>	42000	<b>1:10</b>	16.77	9599112.05684999	696532.449008604
<b>La Paz- Terminal de Saraguro</b>				Terminal de Saraguro	Terminal de Saraguro

3er tramo				9560142.9250822	699283.8504434
<b>Terminal de Saraguro – Terminal de Loja</b>	43000	<b>1:11</b>	19.98	Terminal de Loja	Terminal de Loja

Con las coordenadas geográficas de latitud y longitud, se puede tener una tentativa de la ubicación en la cual se podrá realizar la colocación de estaciones de recarga a lo largo de la vía estatal Cuenca-Loja; se cuenta con información del tiempo empleado para el arribo hasta dicho punto y el porcentaje de SoC del vehículo, el cual se obtuvo mediante el modelado realizado a través de Simulink, y se debe resaltar que en este se ha configurado el SoC con un 80% mismo que representara un SoC del 100% real del vehículo.

*Tabla 5. Resultados obtenidos ruta Loja-Cuenca*

	<b>Décima de segundo</b>	<b>Hora</b>	<b>SoC %</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
4to tramo	45000	<b>1:15</b>	15.75	9600457.62331216	697622.125370599
<b>Terminal de Loja - Urdaneta</b>				Urdaneta	Urdaneta
5to tramo	35000		18.69	9630037.83719486	702063.763309180
<b>Urdaneta - Las Nieves</b>		<b>0:58:20</b>		Las Nieves	Las Nieves Estación de servicio Reina del Cisne

6to tramo				9673068.29034209	716762.959666406
<b>Las Nieves –</b>	32000	<b>0:52:8</b>	17.15	Importadora	Importadora
<b>Importadora</b>				Cumpleaños	Cumpleaños
<b>Cumpleaños</b>					

La determinación de los puntos estratégicos de recarga se basa en los resultados presentados en las tablas adjuntas, se puede evidenciar como es el comportamiento del SoC aplicado en la ruta, en primera estancia se pueden definir como seis los puntos de recarga necesarios para que el vehículo eléctrico obtenga un comportamiento sobredimensionado en la recarga de sus baterías lo que resultaría beneficioso en cierto sentido pero perjudicial ya que resultaría ser una infraestructura muy costosa y poco viable para los recursos del estado es por ello que dados los resultados se definirá estratégicamente los puntos de recarga que comprenderán el corredor eléctrico de la vía estatal Cuenca-Loja.



## **7. CAPITULO 4 Definición geográfica los puntos de recarga a lo largo de la vía Cuenca-Loja en base a la autonomía definida por los métodos empleados.**

Para conocer la ubicación en donde se deben instalar las estaciones de recarga a lo largo de la vía Cuenca-Loja, se debe tomar en cuenta factores como el lugar donde la concurrencia de personas al detenerse durante un viaje sea considerable; es así como se considera un estudio a lo largo de ruta en ambos sentidos, para presentar puntos en común y que de esa forma resulte beneficioso para los usuarios.

### **7.1 Estación de recarga**

En las estaciones de recarga, se implementará infraestructura de recarga rápida, misma que representará un costo considerable. Sin embargo, mediante el estudio realizado, se ha podido identificar y seleccionar tres puntos estratégicos de recarga a lo largo de la vía; esto con el objetivo primordial de optimizar y garantizar viajes sin contratiempos para los propietarios de vehículos eléctricos nuevos como usados.

### **7.2 Puntos de recarga candidatos a la implementación de un corredor eléctrico.**

Para la ubicación de las estaciones de recarga se ha tomado como punto de partida la Empresa Eléctrica Regional Centro sur de la ciudad de Cuenca, misma que cuenta con infraestructura para realizar la recarga de vehículos eléctricos. (sur, s.f.)

**Figura 50.** Estación de recarga para vehículos eléctricos.



Para la ubicación de las estaciones de recarga se ha seccionado la vía Cuenca-Loja (212 km) en distancias que pueden ser alcanzadas por la autonomía de los vehículos eléctricos, ya que dado su perfil altimétrico resulta poco probable que se pueda recorrer toda la vía en su totalidad con una sola recarga; es importante mencionar que los valores del SoC deberán estar entre un rango cercano al 20%, esto con el fin de conservar la vida útil de las baterías. Es así como se ha logrado definir los siguientes tramos.

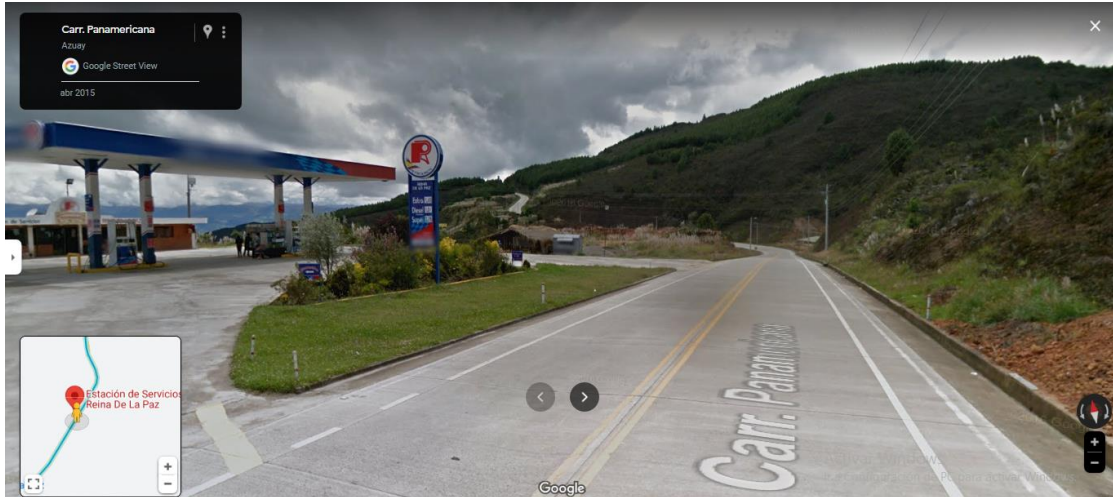
**Tabla 6.** Tramos de estudio con puntos más altos y puntos más bajos.

<b>N. Tramo</b>	<b>TRAMO</b>	<b>Punto más alto "PMA"</b>	<b>Punto más bajo "PMB"</b>
Tramo 1	Centro Sur-La Jarata	3451 msnm	2477 msnm
Tramo 2	La Jarata-Saraguro	3327 msnm	1874 msnm
Tramo 3	Saraguro-Loja	2987 msnm	2257 msnm

## 7.2.1 Tramos sentido Cuenca-Loja

### Centro sur-La Jarata “Estación de servicio Reina de La Paz”

*Figura 51. Estación de servicios "Reina de La Paz".*

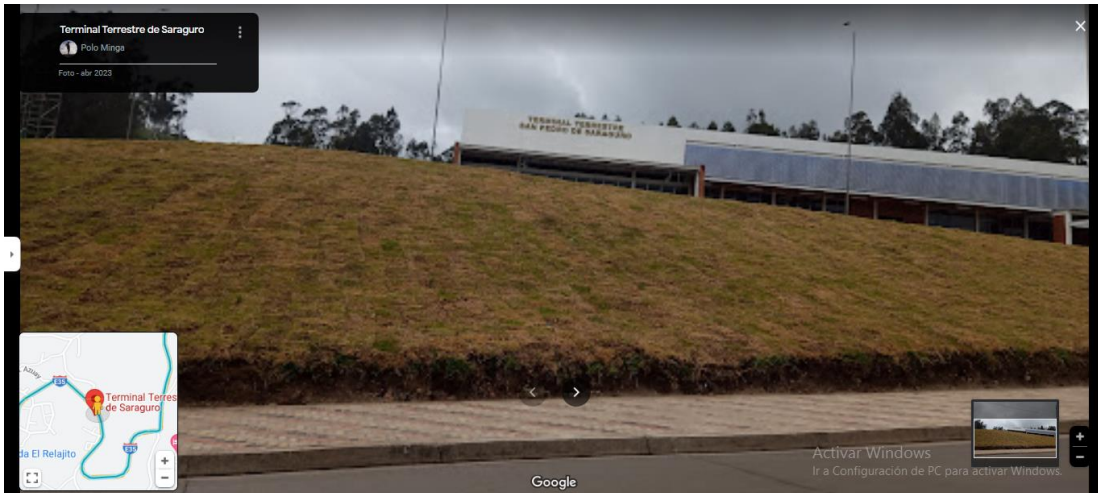


Al empezar el recorrido desde la Empresa Eléctrica Regional Centro sur, con una distancia de 69,9 km y un 13,05% de SoC, se ha podido identificar como posible candidato para la implementación de una estación de recarga para vehículos eléctricos a la estación de servicios “Reina de La Paz” en La Jarata, esto debido a que cuenta con una estación de abastecimiento de combustible fósil. (Google, s.f.)

Al ser una estación de combustible fósil representa una ventaja significativa, ya que la infraestructura existente proporciona una base sólida para instalar equipos de recarga eléctrica, lo que ayudara en la reducción de costos asociados con la construcción de una nueva estación de recarga desde cero. Al contar con una estación de recarga eléctrica en una estación de servicios que ya ofrece combustibles fósiles, se podrá brindar información a los conductores y además tendrán la oportunidad de familiarizarse con la tecnología de vehículos eléctricos y la posibilidad de hacer la transición hacia una opción de transporte más sostenible.

## La Jarata “Estación de servicio Reina de La Paz”-Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro”

*Figura 52. Terminal Terrestre "San Pedro de Saraguro".*



A una distancia de 71,7 km desde la estación de servicios “Reina de La Paz”, se ubica el Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro”, este se identifica como segunda ubicación idónea para la instalación de una estación de recarga; siendo importante mencionar que hasta este punto el vehículo eléctrico contará con un 16,77% de SoC.

La ubicación estratégica del Terminal Terrestre lo convierte en un fuerte candidato ya que este se encuentra a una distancia optima desde el punto de recarga antes mencionado, y permitirá a los conductores alcanzarlo con un nivel de SoC adecuado, además se puede mencionar que cuenta con algunas ventajas como es el disponer de servicios de restaurant, tiendas, ser un lugar concurrido, entre otros. (Google, s.f.)

La colocación de una estación de recarga en el Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro” contribuirá a fomentar el uso de vehículos eléctricos y se podrá dar a conocer todo lo relacionado con la tecnología y el uso de estos, así se podrá promover la transición hacia una movilidad más sostenible, reducir la dependencia que existe hacia los combustibles fósiles, y además se proporcionará una infraestructura de

recarga confiable y accesible.

## Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro”- Loja “Terminal Terrestre Reina de El Cisne”

*Figura 53. Terminal Terrestre "Reina de El Cisne".*



El último punto candidato seleccionado para la implementación de una estación de recarga se ubica en el Terminal Terrestre “Reina de El Cisne” en la ciudad de Loja; para esto se ha considerado algunos factores, entre ellos que se encuentra ubicado a una distancia de 69,9 km desde el Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro” y el nivel estimado de SoC al llegar a este punto es de 19,98%. Para esta selección se tomó en cuenta factores como la distancia que se recorrerá desde la última estación ubicada en Saraguro, así como los diversos servicios que se ofrecen en esta. (Google, s.f.)

La implementación de una estación de recarga en el Terminal Terrestre “Reina de El Cisne” generará un mayor impacto en cuanto a promocionar aún más la movilidad eléctrica, se contará con la infraestructura necesaria y se podrá aumentar el fomentar la adopción de vehículos eléctricos entre la ciudadanía.

*Tabla 7. Especificación del total de recorrido Cuenca-Loja*

<b>N. Tramo</b>	<b>TRAMO</b>	<b>Distancias</b>
Tramo 1	Centro Sur-La Jarata	69,9 km
Tramo 2	La Jarata-Saraguro	71,7 km
Tramo 3	Saraguro-Loja	69,9 km
<b>TOTAL DE RECORRIDO</b>		<b>211,5 km</b>

## 7.2.2 Tramos sentido Loja-Cuenca

### Loja “Terminal Terrestre Reina de El Cisne”- Urdaneta

*Figura 54. Urdaneta.*



Para la estimación de la colocación de estaciones de recarga en sentido Loja-Cuenca, se ha tomado como punto de partida el Terminal Terrestre “Reina de El Cisne”, con un trazado 77,7 km de recorrido y un SoC de 15,75% se logra arribar hasta Urdaneta, posible candidato para la implementación de una estación de recarga.

## Urdaneta-Las Nieves

*Figura 55. Las Nieves (Chaya-Vía Panamericana).*



El segundo tramo del corredor eléctrico se extiende desde Urdaneta hasta Las Nieves (Chaya), este comprende una distancia de 66,2 km y se logra alcanzar con un SoC aproximado de 18,69 %.

Esta ubicación será tomada en cuenta para ser descartada debido a que en sus alrededores no existe áreas de descanso o concurrencia por parte de los viajeros.

## Las Nieves- Centro sur

*Figura 56. Empresa Eléctrica Centro sur.*



El último tramo está comprendido entre Las Nieves y la Empresa Eléctrica Regional Centro sur, con una longitud de 67,3 km, y se puede llegar con un SoC del 17,15%,

este último tramo será de importancia especial, ya que será beneficioso para los usuarios porque se podrá realizar la recarga respectiva para movilizarse dentro de la ciudad de Cuenca sin tener preocupación de la autonomía de su vehículo eléctrico. (Google, s.f.)

Es importante resaltar que la ubicación estratégica de este último punto permitirá una sinergia directa entre el proveedor y la infraestructura de recarga; es así como se facilita la coordinación y suministro de energía para vehículos eléctricos.

La implementación de las estaciones de recarga a lo largo de la vía Cuenca-Loja tiene como finalidad el optimizar la infraestructura y garantizar una experiencia confiable hacia los propietarios de vehículos eléctricos para promocionar la adopción de una movilidad eléctrica en la región

*Tabla 8. Especificación del total de recorrido Loja-Cuenca*

<b>N. Tramo</b>	<b>TRAMO</b>	<b>Distancias</b>
Tramo 1	Loja-Urdaneta	77,7 km
Tramo 2	Urdaneta-Las Nieves	66,2 km
Tramo 3	Las Nieves-Centro Sur	67,3 km
<b>TOTAL DE RECORRIDO</b>		<b>211,2 km</b>

### **7.3 Puntos específicos para la implementación de un corredor eléctrico en la vía Cuenca-Loja**

Para la implementación de un corredor eléctrico en la vía Cuenca-Loja, es necesario conocer la ubicación geográfica precisa de los puntos específicos. Esto permitirá la instalación de estaciones de recarga para vehículos eléctricos a lo largo de la vía. Para que estos puntos sean considerados, deben cumplir con requisitos logísticos y energéticos. A continuación, se presentan los puntos seleccionados para la implementación óptima del corredor eléctrico.



**Tabla 9.** *Puntos seleccionados para estaciones de recarga.*

<b>Tramo</b>	<b>Posible ubicación</b>	<b>Ubicación Final</b>
Centro Sur-La Jarata	Estación de servicios “Reina de La Paz”	Estación de servicios “Reina de La Paz
La Jarata-Saraguro	Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro”	Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro”
Saraguro-Loja	Terminal Terrestre “Reina de El Cisne”	Terminal Terrestre “Reina de El Cisne”
Loja-Urdaneta	Urdaneta	Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro”
Urdaneta-Las Nieves	Las Nieves (Chaya)	Estación de servicios “Reina de La Paz”
Las Nieves-Centro Sur	Empresa Eléctrica Regional Centro sur	Empresa Eléctrica Regional Centro sur

La selección de los puntos finales para la implementación de las estaciones de recarga se basa en dos criterios básicos; el primero toma en cuenta la autonomía de los vehículos eléctricos, esto permitirá ubicar estratégicamente cada uno de ellos, garantizando así a los conductores la llegada a la estación de recarga sin tener preocupación de que la batería se agote durante el trayecto de viaje; y segundo se ha considerado que las estaciones de recarga se encuentren cerca a lugares de descanso o áreas concurridas, esto con la finalidad de que los conductores puedan relajarse, comer o realizar cualquier actividad mientras los vehículos se recargan.

La combinación de comodidades y logística para los conductores podrá asegurar una experiencia de viaje más conveniente y placentera en el uso de vehículos eléctricos.

La ubicación estratégica de tres puntos de recarga considera la distancia que existe entre ellos, así como la demanda de recarga estimada, teniendo en cuenta que debe cubrirse tramos significativos de la vía Cuenca-Loja, permitiendo que los

conductores tengan acceso a la recarga de sus vehículos en puntos estratégicos y puedan alcanzar sus destinos; de igual forma se considera la distribución equitativa de puntos de recarga para contar con una cobertura óptima y evitar congestionamientos en un solo lugar.

Todo esto creará una experiencia de viaje más agradable, lo que fomentará la adopción de vehículos eléctricos y contribuyendo a la sostenibilidad del transporte en la vía Cuenca-Loja.

### **7.3.1 Empresa Eléctrica Regional Centro sur.**

La Empresa Eléctrica Regional Centro sur destaca como una ubicación inicial óptima para el sentido Cuenca-Loja y final para el sentido Loja-Cuenca, esto gracias a que cuenta con la infraestructura necesaria y experiencia en el suministro de energía, permitiendo ofrecer servicios confiables y eficientes en la recarga de vehículos eléctricos. (sur, s.f.)

Esta elección estratégica generará una colaboración eficiente entre el sector eléctrico y del transporte, abriendo así nuevas oportunidades para la innovación en el campo de vehículos eléctricos.

*Figura 57. Estación de recarga Empresa Eléctrica Centro sur.*



### **7.7.2 Estación de servicios “Reina de La Paz”**

La estación de servicios “Reina de La Paz” es el primer punto final para la ubicación de la infraestructura de recarga, cabe mencionar que en sentido Loja-Cuenca será un punto en común, ya que debido a la ubicación y las características poco favorables que existen en el tramo Urdaneta-Las Nieves se considera la posibilidad de reducir el tramo (2,6 km) y dejar este como punto en común.

El tener una ubicación en común es fundamental, esto debido a ciertas consideraciones estratégicas, como por ejemplo la falta de infraestructura que existe en el punto Las Nieves (Chaya), esto representara un desafío hacia los conductores; es así como se considera la estación de servicios como punto en común en este tramo, ya que así se podrá optimizar y concentrar los recursos disponibles. (Google, s.f.)

**Figura 58.** Estación de Servicios "Reina de La Paz".



### **7.7.3 Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro”**

El Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro” será el segundo punto final para la ubicación de la infraestructura de recarga; en este sitio al contar con una infraestructura sólida, será más accesible la planificación y colocación de los equipos necesarios, sin mencionar que los usuarios de estos podrán acceder a restaurantes o descansar mientras se efectúa la recarga de sus vehículos.

En este tramo se ha considerado que el Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro” será un punto en común, esto debido a que en sentido Loja-Cuenca el punto candidato es Urdaneta (7,5 km de distancia del Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro”), pero este al no contar con espacio o áreas en la cual los usuarios puedan descansar se encuentra descartado (Crónica, s.f.).

*Figura 59. Terminal Terrestre "San Pedro de Saraguro".*



#### **7.7.4 Terminal Terrestre “Reina de El Cisne”**

Finalmente, el Terminal Terrestre “Reina de El Cisne” será el tercer punto final para la ubicación de la infraestructura de recarga, este será clave debido a que en la ruta de estudio será el punto final en sentido Cuenca-Loja y la primera en sentido Loja-Cuenca; es importante mencionar que en la ciudad de Loja ya existe otro punto de recarga ubicado en el Estadio Federativo “Reina de El Cisne”, mismo que dista 3,2 km de distancia del terminal terrestre. (Loja, s.f.)

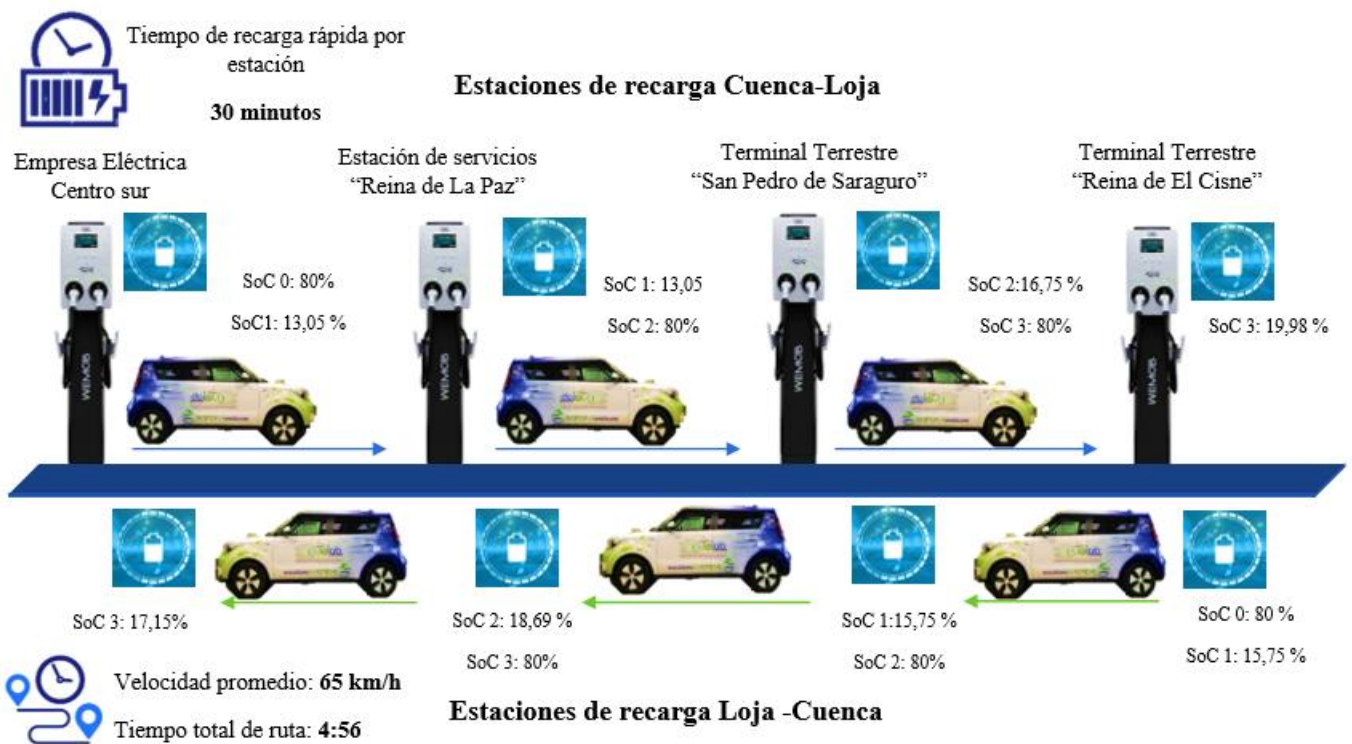
*Figura 60. Terminal Terrestre “Reina de El Cisne”.*



**Tabla 10. Latitud y Longitud de Ubicaciones de estaciones de recarga.**

Ubicación de estación de recarga	Latitud	Longitud
Empresa Eléctrica Regional Centro sur	-2.90449	-78.98334
Estación de Servicios “Reina de La Paz”	-3.31668	-79.15372
Terminal Terrestre “San Pedro de Saraguro”	-3.62388	-79.23109
Terminal Terrestre “Reina de El Cisne”	-3.97754	-79.20510

**Figura 61. Parámetros de corredor eléctrico**



## 8. Conclusiones

- Basado en los resultados obtenidos y el análisis de datos se concluye que la implementación de un corredor eléctrico en la vía Cuenca-Loja puede llegar a ser fiable dados los puntos estratégicos de recarga establecidos debido a que estos garantizan que el vehículo eléctrico pueda circular a lo largo de esta vía y logre alcanzar alguno de estos puntos según lo requiera la autonomía del vehículo y el usuario.
- Existen varias metodologías que se consideran para la implementación de corredores eléctricos en diferentes partes del mundo sin embargo ninguna de ellas es aplicable para la altimetría que posee la vía estatal Cuenca-Loja es por ello por lo que se considera un diferente tipo de estudio en base a generar un modelado que permita y garantice la optimización de la implementación de corredores eléctricos.
- El incrementar una mayor cantidad de propuestas para la implementación de corredores eléctricos a lo largo de las diferentes vías del país podría llegar a generar distintos tipos de beneficios tanto económicos como sociales ya que en un futuro se incrementará la dependencia de estas estaciones debido a la transición energética que se está buscando alcanzar.
- Los puntos definidos “Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, Estación de Servicio Reina de la Paz, Terminal Terrestre San Pedro de Saraguro y Terminal Terrestre Reina de El Cisne” garantizan que un vehículo eléctrico logre cumplir con la ruta definida siempre y cuando este se encuentre en condiciones óptimas de funcionamiento es decir que sus baterías no se encuentren deterioradas, sin embargo con el desarrollo continuo se tiene la perspectiva que este corredor eléctrico logre ser funcional en cualquier tipo de

circunstancia.

## **9. Recomendaciones**

- Como se expone en el capítulo cuatro la imposición de los puntos de recarga se encuentra basados en análisis de resultados es por ello por lo que se recomienda validar en los siguientes estudios con respecto a otras vías la eficacia de posición de los corredores eléctricos para así generar una conexión nacional óptima sin que se generen gastos innecesarios para el estado.
- Se deberá desarrollar aún más la tecnología para estimar la colocación de corredores eléctricos en América latina y el Caribe debido a que se ven afectados por el perfil altimétrico que poseen lo que genera y ha generado inconvenientes en el uso de estaciones de recarga causando que se genere desinterés en la adquisición de vehículos eléctricos.



## 10. Referencias

ANUARIO-2015. (n.d.).

ARDANUY INGENIERÍA, S. A. (2019a). *La electromovilidad en el transporte público de América Latina.*

ARDANUY INGENIERÍA, S. A. (2019b). *La electromovilidad en el transporte público de América Latina.*

Barros, H., & Ortega, L. (2018). *Análisis y Diseño de la Instalación Eléctrica de una Electrolinera en la Ciudad de Cuenca.*

Cañar, F. (2022a). *ANÁLISIS PARA LA ADECUADA UBICACIÓN DE ELECTROLINERAS DE CARGA RÁPIDA EN LA CIUDAD DE CUENCA.*

Cañar, F. (2022b). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.*

Csonka, B., & Csiszár, C. (2017). Determination of charging infrastructure location for electric vehicles. *Transportation Research Procedia*, 27, 768–775. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.115>

Directorio de Transporte Público Metropolitano. (2019). *Informe de Gestión 2019.*

Fiori, C., Ahn, K., & Rakha, H. A. (2016). Power-based electric vehicle energy consumption model: Model development and validation. *Applied Energy*, 168, 257–268. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.097>

Ghamami, M., Zockaie, A., & Nie, Y. M. (2016). A general corridor model for designing plug-in electric vehicle charging infrastructure to support intercity travel.

*Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 68, 389–402.

<https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.04.016>

Gómez, J., Mojica, C., Kaul, V., & Isla, L. (2016). *La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina*.

International Energy Agency IEA. (2020). *World Energy Outlook 2020*.  
[www.iea.org/weo](http://www.iea.org/weo)

Jaramillo, J., & Uchuari, A. (2021). *Análisis de la ubicación de electrolineras en la ciudad de Loja*.

*LEY DE MOVILIDAD DEL DISTRITO FEDERAL*. (2014).

Mañez, G., Bermúdez, E., & Araya, M. (2018). *MOVILIDAD ELÉCTRICA: AVANCES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE Y OPORTUNIDADES PARA LA COLABORACIÓN REGIONAL*. <http://movelatam.org/transicion/>

Mañez, G., Bermúdez, E., Pardo, J., & Orbea, J. (2019). *Estado de la Movilidad Eléctrica América Latina y El Caribe*.

Miranda Hernández, J. M., & Iglesias González, N. (2015). Las infraestructuras de recarga y el despegue del vehículo eléctrico. *Observatorio Medioambiental*, 18, 57–85. [https://doi.org/10.5209/rev\\_obmd.2015.v18.51285](https://doi.org/10.5209/rev_obmd.2015.v18.51285)

Nava, J., Hermenegildo, S., Ramírez, L., Santillán, C., & Ruiz, N. (2017). *Planeación Estratégica de Logística Urbana para el suministro de energía a vehículos eléctricos en la ciudad de México*.

Nie, M., & Ghamami, M. (2016). *A Corridor-Centric Approach to Planning Electric Vehicle Charging Infrastructure In Honor of Professor David Boyce-his 50 th NARSC Conference*.

- Ortiz, J., Ayabaca, G., Cárdenas, A., Cabrera, D., & Valladolid, J. (2022). *Continual Reinforcement Learning using Real-World Data for Intelligent Prediction of SOC Consumption in Electric Vehicles* (Vol. 20, Issue 4).
- Roás, L. (2011). *Los vehículos eléctricos*.
- Saka, F., Tamblay, S., & Gschwender, A. (2021). *ELECTROMOVILIDAD EN EL TRANSPORTE PÚBLICO: LA EXPERIENCIA DE SANTIAGO DE CHILE* (Vol. 22).
- Salazar, E. (2022). *Vehículos eléctricos, una opción viable para Colombia*.
- Serna, M., & Bogarra Rodríguez, S. (2021). *PROYECTO DE INSTALACIÓN DE UNA ELECTROLINERA FOTOVOLTAICA*.
- Slough, J., Belcher, M., Tsui, T., & Bhattacharya, S. (2021). *Modeling and Simulation of Electric Vehicles Using Simulink and Simscape*.
- Trashorras, J. (2019). *Vehículos Eléctricos*.
- Vempalli, S., Ramprabhakar, J., Shankar, S., & Prabhakar, G. (2018). *Electric Vehicle Designing Modelling and Simulation*. IEEE.