



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE PROPULSIÓN ELÉCTRICA

**Localización de las estaciones de carga rápida para vehículos
eléctricos de baterías. Metodología y aplicación en la ruta Cuenca
Loja**

**Trabajo de obtención previo a la obtención del título de:
MAGISTER EN SISTEMAS DE PROPULSIÓN ELÉCTRICA**

Autor:

Freddy Norberto Vásquez Bernal

Nombre del director:

Ing. Hugo Torres Salamea Ph.D

Cuenca – Ecuador

2022

DEDICATORIA

A DIOS por la vida y por concederme una gran familia. Con mucho cariño especialmente a mis padres por permitirme hacer realidad y cumplir este sueño. A mis hermanos por el apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS:

Un especial agradecimiento al director del presente proyecto, al PhD. Hugo Torres; y a los miembros del tribunal, Ing. Mateo Coello y PhD. Efrén Fernández por la acertada guía académica, profesional y humana durante este tiempo para el desarrollo del este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS:	3
ÍNDICE DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. METODOLOGÍA	12
A. Análisis de base de datos BEV disponibles.....	12
B. Cálculo de MDFC.....	12
C. Planificación de BHCI.....	12
D. Diseño de un modelo para la simulación de demanda energética en ruta.....	12
III. APLICACIÓN METODOLÓGICA	12
1 Descripción del caso de estudio.....	12
2 Aplicación de la metodología en el Caso de estudio: ruta Cuenca – Loja.....	13
A. Análisis de bases de datos de BEV disponibles.....	13
1.- Determinación de R_m	13
2.- Determinación de M_w	13
4.-Determinación de K	14
B. Cálculo de MDFC: Caso de estudio Cuenca-Loja.....	14
C. Planificación de BHCI.....	14
- Caso de estudio Cuenca-Loja.....	15
- Caso de estudio Loja-Cuenca.....	15
- Localización es las estaciones de carga rápida.....	15
D.- Validación de la metodología mediante un modelo para la evaluación de la demandando energética.....	16
1.- Modelación de la dinámica vehicular.....	16
2.- Modelado de la potencia de operación de un BEV.....	17
3.- Simulación del estado de carga de la batería (SOC) y consumo del BEV.....	17
4.- Simulación de la infraestructura de carga.....	17

5.- Validación del modelo.....	18
6.- Datos de conducción.....	19
7.-Escenarios de simulación.....	21
IV. RESULTADOS	21
Localización de estaciones.....	21
Consumo energético.....	21
Simulación de escenarios.....	21
Características técnicas de las estaciones de carga.	22
V. CONCLUSIONES.....	23
VI. REFERENCIAS.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la ruta Cuenca -Loja	12
Figura 2 Evolución de ventas de BEV por marca y modelo	13
Figura 3 Localización de estaciones de carga rápida en ruta Cuenca - Loja	15
Figura 4 Curva de carga del Kia Soul BEV	18
Figura 5 Modelo de consumo energético y validación de la metodología.....	18
Figura 6 Ciclo de conducción ruta Cuenca-Loja,.....	20
Figura 7 Ciclo de conducción ruta Loja-Cuenca.....	20
Figura 8 Escenario 1: comportamiento del SOC en la ruta Cuenca- Loja	21
Figura 9 Escenario 1: comportamiento del SOC en la ruta Loja-Cuenca	21
Figura 10 Escenario 2: comportamiento del SOC en la ruta Cuenca- Loja	22
Figura 11 Escenario 2: comportamiento del SOC en la ruta Loja-Cuenca	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de la ruta Cuenca - Loja.....	13
Tabla 2 Modelos de BEV disponibles en el Ecuador con carga rápida y rango	13
Tabla 3 Temperatura máxima, mínima y promedio de la ciudad e Cuenca y Loja.....	13
Tabla 4 Valores del factor de margen climático	14
Tabla 5 Valores estimados y multiplicadores del margen de flexibilidad	14
Tabla 6 Factores para el cálculo del MDFC para la ruta de estudio	14
Tabla 7 Ubicaciones de las estaciones de carga rápida en la ruta Cuenca – Loja.....	15
Tabla 8 Ubicaciones de las estaciones de carga rápida en la ruta Loja – Cuenca.....	15
Tabla 9 Parámetros de los vehículos para la determinación de la demanda energética.	17
Tabla 10 Parámetros utilizados en el modelo para la simulación del boque de potencia.	19
Tabla 11 Resultados de consumo energético AVTA con respecto al modelo.	19
Tabla 12 Resultados de la aplicación del método de diferencias ponderas para la ruta Cuenca-Loja.....	20
Tabla 13 Resultados de la aplicación del método de diferencias ponderas para la ruta Loja-Cuenca.	20
Tabla 14 Cálculo del coeficiente de variación de los parámetros característicos.	20
Tabla 15 Parámetros resumen de la ruta Cuenca-Loja-Cuenca	20
Tabla 16: Escenario 1: rango de valores del SOC a la llegada y salida de las estaciones de carga en la ruta Cuenca-Loja	21
Tabla 17 Escenario 1: rango de valores del SOC a la llegada y salida de las estaciones de carga en la ruta Loja-Cuenca	22
Tabla 18 Escenario 2: rango de valores del SOC a la llegada y salida de las estaciones de carga en la ruta Cuenca-Loja	22
Tabla 19 Escenario 2: rango de valores del SOC a la llegada y salida de las estaciones de carga en la ruta Loja-Cuenca.	22
Tabla 20 Especificaciones técnicas para el diseño de una estación de carga rápida.....	23

Localización de las estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos de baterías. Metodología y aplicación en la ruta Cuenca - Loja

RESUMEN

Este trabajo de investigación propone un modelo para determinar la infraestructura mínima de carga para vehículos eléctricos en la ruta interurbana Cuenca – Loja - Cuenca. La metodología está fundamentada en la distancia máxima entre cargas rápidas (MDFC) y la infraestructura básica de recarga en carretera (BHCI). Este método se valida mediante la simulación de un modelo matemático de demanda energética, que simula el comportamiento de los vehículos eléctricos en la ruta. Aplicando la metodología se obtiene que el MDFC es de 53 km y el BHCI requerido es de cuatro estaciones de carga rápida en la ruta Cuenca – Loja – Cuenca. Finalmente, los resultados de la simulación indican que el vehículo KIA, modelo SOUL EV, puede completar la ruta descrita, deteniéndose cuatro veces durante 20 minutos cada vez para recargar la batería. Los escenarios de simulación muestran que con un estado de batería del 95 % y un 65 % de carga al inicio del viaje, el valor SOC con el vehículo en marcha alcanzará un mínimo de 20,04 %. Los resultados obtenidos indican que los BHCI y MDFC determinados permiten satisfacer la demanda energética requerida por un VE para cubrir esta ruta con seguridad.

Palabras clave: Vehículos eléctricos de batería, estaciones de carga rápida, autonomía, distancia máxima entre estaciones de carga rápida, infraestructura básica de carga en carretera, dinámica del vehículo.



Ing. Hugo Torres Salamea Ph.D
Director del trabajo de titulación



Ing. Freddy Vásquez Bernal
Autor

Location of fast charging stations for battery electric vehicles. Methodology and application in the Cuenca-Loja route.

ABSTRACT

This research proposes a model to determine the minimum charging infrastructure for electric vehicles on the Cuenca - Loja - Cuenca interurban route. The proposed methodology uses, as a base, the method of the maximum distance between fast charges (MDFC) and the basic charging infrastructure on the road (BHCI). The method is validated by simulating a mathematical model of energy demand to simulate the performance of the electric vehicle on the study route. By applying the methodology, it was found that the MDFC is 53 km and the required BHCI is four fast charging stations. Finally, the simulation results indicate that the KIA vehicle, SOUL EV model, can travel the Cuenca – Loja – Cuenca route, making four stops of 20 minutes each to recharge the battery. The simulated scenarios reveal that with a battery state of charge of 95% and 65% at the start of the journey, the SOC during vehicle operation would reach a minimum value of 20.04%. The results obtained indicate that the determined BHCI and MDFC allow to satisfy the energy demand of an EV to cover this route.

Keywords: Battery electric vehicles, fast charging stations, range, maximum distance between fast charging stations, basic road charging infrastructure, vehicle dynamics.



Ing. Hugo Torres Salamea Ph.D
Final Degree Project Director



Ing. Freddy Vásquez Bernal
Author



Translated by



Freddy Vásquez B.