



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA DETERMINAR  
LA AUTONOMÍA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO MEDIANTE  
CICLOS REALES DE CONDUCCIÓN**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

**RICKY JHOMAR CALOZUMA APOLO**

**ANTHONY DANIEL TOSCANO CAYO**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA DETERMINAR  
LA AUTONOMÍA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO MEDIANTE  
CICLOS REALES DE CONDUCCIÓN**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:** RICKY JHOMAR CALOZUMA APOLO

ANTHONY DANIEL TOSCANO CAYO

**DIRECTOR:** Ing. ÁNGEL JOSE QUEVEDO RÍOS

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Ricky Jhomar Calozuma Apolo & Anthony Daniel Toscano Cayo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Ricky Jhomar Calozuma Apolo y Anthony Daniel Toscano Cayo, declaramos que el presente Trabajo de Investigación Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 18 de diciembre de 2023



**Ricky Jhomar Calozuma Apolo**

**C. I: 070559009-9**






**Anthony Daniel Toscano Cayo**

**C. I: 080312575-6**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA AUTONOMÍA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO MEDIANTE CICLOS REALES DE CONDUCCIÓN**, realizado por el señores: **RICKY JHOMAR CALOZUMA APOLO** y **ANTHONY DANIEL TOSCANO CAYO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

|   | <b>FIRMA</b>   | <b>FECHA</b> |
|---|--|--------------|
| Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos<br><b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>                        |  | 2023-12-18   |
| Ing. Ángel José Quevedo Ríos<br><b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b> |  | 2023-12-18   |
| Ing. Fabián Celso Gunsha Maji<br><b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>  |  | 2023-12-18   |

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios por haberme dado la fortaleza de poder culminar lo que algún día me propuse, además quiero dedicar este logro a mis padres Octavio Calozuma Fajardo y Elena Apolo Peñaloza, piezas clave de todo este proceso de formación, también le quiero dedicar a mi hermana, a mi enamorada y a toda mi familia en general por el apoyo incondicional que me brindaron durante este caminar.

Ricky

Dedico este trabajo de titulación a Flor Cayo, María Velásquez y Rafael Cayo quienes han sido fuentes invaluable de inspiración y apoyo a lo largo de mi trayectoria académica. Su aliento y orientación han iluminado mi camino, guiándome con sabiduría y paciencia. Agradezco sinceramente el amor y el respaldo incondicional que me han brindado. Este logro no solo es mío, sino también de aquellos que han compartido su conocimiento, tiempo y ánimo durante este viaje. A mi familia, amigos y mentores, les dedico este trabajo con gratitud. Cada conversación, consejo y estímulo han sido piedras fundamentales para alcanzar este momento.

Daniel

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por todo el amor y cariño que me han brindado a lo largo de la vida, porque gracias a ellos soy la persona que soy ahora, además quiero agradecerles por sus buenos consejos y por guiarme siempre a ser un mejor ser humano. Además, agradezco a mi hermano por haberme inspirado a lograr este éxito, desde acá te puedo decir que si, lo logre, y que ahora voy por más. También agradezco a mis maestros y amigos por todo el conocimiento compartido y por sus consejos para ser un profesional competitivo.

Ricky

A mis queridos padres, su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios incansables han sido la fuerza motriz detrás de este logro. Desde el primer día de mi educación hasta hoy, ustedes han sido mi fuente inagotable de inspiración. Gracias por ser mis pilares y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. A mi amada familia, A mis hermanos, y al resto de la familia que siempre estuvo presente, gracias por comprender las largas horas de estudio, las ausencias en eventos familiares y por brindarme ánimo cuando más lo necesitaba. Este logro también es suyo; su respaldo ha sido invaluable.

Daniel

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                              |      |
|------------------------------|------|
| ÍNDICE DE TABLAS.....        | xii  |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | xiii |
| RESUMEN.....                 | xiv  |
| SUMMARY .....                | xv   |
| INTRODUCCIÓN .....           | 1    |

### CAPÍTULO I

|   |   |
|---|---|
| 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....         | 2 |
| 1.1. Planteamiento del problema .....     | 2 |
| 1.2. Justificación.....                   | 2 |
| 1.3. Objetivos.....                       | 3 |
| 1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....      | 3 |
| 1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> ..... | 3 |

### CAPÍTULO II

|   |   |
|---|---|
| 2. MARCO TEÓRICO .....  | 4 |
| 2.1. Vehículos eléctricos.....                                    | 4 |
| 2.1.1. <i>Definición de vehículos eléctricos</i> .....            | 4 |
| 2.1.2. <i>Clases de vehículos eléctricos</i> .....                | 4 |
| 2.1.2.1. <i>BEV (100 % eléctrico)</i> .....                       | 5 |
| 2.1.2.2. <i>HEV (Hibrido eléctrico no enchufable)</i> .....       | 5 |
| 2.1.2.3. <i>PHEV (Hibrido enchufable)</i> .....                   | 5 |
| 2.1.2.4. <i>FCEV (Con pila de combustible de hidrógeno)</i> ..... | 5 |
| 2.1.3. <i>Elementos principales del vehículo eléctrico</i> .....  | 5 |
| 2.1.3.1. <i>Motores eléctricos</i> .....                          | 5 |
| 2.1.3.2. <i>Batería</i> .....                                     | 7 |
| 2.1.3.3. <i>Inversores</i> .....                                  | 7 |
| 2.1.3.4. <i>Conector</i> .....                                    | 8 |
| 2.1.4. <i>Tipos de modo de carga del vehículo eléctrico</i> ..... | 9 |
| 2.1.4.1. <i>La recarga super-lenta:</i> .....                     | 9 |
| 2.1.4.2. <i>La recarga lenta.</i> .....                           | 9 |
| 2.1.4.3. <i>La recarga semi-rápida.</i> .....                     | 9 |



|          |  |    |
|----------|--|----|
| 2.1.4.4. | <i>La recarga rápida</i> .....   | 9  |
| 2.1.4.5. | <i>La recarga ultrarrápida</i> .....   | 10 |
| 2.1.5.   | <i>Sistema de freno regenerativo</i> .....   | 10 |
| 2.1.6.   | <i>Funcionamiento del vehículo eléctrico</i> .....   | 11 |
| 2.1.6.1. | <i>Ventajas y desventajas de un vehículo eléctrico</i> .....                               | 11 |
| 2.1.7.   | <i>Tren motriz</i> .....   | 12 |
| 2.2.     | <b>Determinación del estado de carga (SOC)</b> .....                                       | 12 |
| 2.2.1.   | <i>Impedancia interna</i> .....  | 13 |
| 2.2.2.   | <i>Conteo de Coulomb</i> .....   | 13 |
| 2.2.3.   | <i>Estimación basada en el voltaje</i> .....   | 13 |
| 2.3.     | <b>Diferencia entre vehículo eléctricos y vehículos de combustión</b> .....                | 13 |
| 2.4.     | <b>Ciclos de conducción</b> .....  | 14 |
| 2.4.1.   | <i>Ciclo HWFET</i> .....   | 14 |
| 2.4.2.   | <i>Ciclo NEDC</i> .....  | 15 |
| 2.4.3.   | <i>Ciclo WLTP</i> .....  | 15 |
| 2.4.4.   | <i>Técnicas de instrumentación y parámetros para los ciclos de conducción.</i> .....       | 16 |
| 2.4.5.   | <i>Métodos para la elaboración de un ciclo de conducción.</i> .....                        | 16 |
| 2.5.     | <b>Metodologías para obtener la autonomía del vehículo eléctrico</b> .....                 | 17 |
| 2.5.1.   | <i>Aplicación de la metodología experimental para la autonomía del VE</i> .....            | 17 |
| 2.5.1.1. | <i>Factores controlables</i> .....   | 17 |
| 2.5.1.2. | <i>Factores no controlables</i> .....  | 18 |
| 2.5.1.3. | <i>Factores de estudio</i> .....   | 18 |
| 2.5.1.4. | <i>Factores de respuesta</i> .....   | 18 |
| 2.5.2.   | <i>Aplicación metodología de ciclos de conducción efectiva para autonomía del VE</i> ..... | 18 |
| 2.5.2.1. | <i>Variables controlables y no controlables</i> .....                                      | 19 |
| 2.5.2.2. | <i>Variables independientes</i> .....  | 19 |

### CAPÍTULO III

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 3.       | <b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....                                      | 20 |
| 3.1.     | <b>Equipos</b> .....   | 20 |
| 3.1.1.   | <i>VBOX GPS Sport</i> .....  | 20 |
| 3.1.2.   | <i>ELM327 OBDII</i> .....  | 21 |
| 3.1.2.1. | <i>ELM327 bluetooth</i> .....  | 21 |
| 3.1.2.2. | <i>ELM327 wifi</i> .....   | 22 |
| 3.2.     | <b>Definir la metodología para el análisis de la autonomía</b> ..... | 22 |
| 3.3.     | <b>Vehículo seleccionado e instrumentación</b> .....                 | 23 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 3.3.1.    | <i>SUV eléctrico DFSK Glory E3</i>   | 23 |
| 3.3.2.    | <i>Instrumentación</i>   | 24 |
| 3.3.2.1.  | <i>Implementación del VBOX Sport</i>   | 24 |
| 3.3.2.2.  | <i>Implementación del ELM OBDII</i>  | 25 |
| 3.4.      | <b>Selección de rutas</b>  | 25 |
| 3.4.1.    | <i>Aspectos que intervienen en consumo de autonomía del VE</i>                                   | 25 |
| 3.4.1.1.  | <i>Modo de conducción</i>  | 25 |
| 3.4.1.2.  | <i>Variable por porcentaje de inclinación o pendiente</i>  | 26 |
| 3.4.1.3.  | <i>Congestión vehicular</i>  | 26 |
| 3.4.2.    | <i>Aspectos relevantes para la selección de rutas</i>  | 26 |
| 3.5.      | <b>Levantamientos de datos en las rutas y conformación del ciclo de conducción</b>               | 26 |
| 3.5.1.    | <i>Protocolo de pruebas</i>  | 27 |
| 3.5.2.    | <i>Parámetros de las rutas</i>   | 27 |
| 3.5.3.    | <i>Conformación del ciclo de conducción</i>  | 28 |
| 3.6.      | <b>Estimación del estado de carga de la batería de las rutas establecidas</b>                    | 29 |
| 3.7.      | <b>Definición de los parámetros que influyen en la autonomía y estado de carga de la batería</b> | 29 |
| 3.7.1.    | <i>Distancia</i>   | 29 |
| 3.7.2.    | <i>Pendiente</i>   | 29 |
| 3.7.3.    | <i>Aceleración</i>   | 30 |
| 3.7.4.    | <i>Obtención del Área del vehículo</i>   | 30 |
| 3.7.5.    | <i>Coefficiente de rodadura</i>  | 31 |
| 3.7.6.    | <i>Fuerza aerodinámica</i>   | 32 |
| 3.7.7.    | <i>Resistencia de rodadura</i>   | 32 |
| 3.7.8.    | <i>Resistencia de pendiente</i>  | 33 |
| 3.7.9.    | <i>Resistencia de inercia</i>  | 33 |
| 3.7.10.   | <i>Fuerza en rueda</i>   | 33 |
| 3.7.11.   | <i>Torque en rueda</i>   | 34 |
| 3.7.12.   | <i>Potencia en rueda</i>   | 34 |
| 3.7.13.   | <i>Energía en rueda</i>  | 35 |
| 3.7.14.   | <i>Energía positiva total (+)</i>  | 35 |
| 3.7.15.   | <i>Energía negativa total (-)</i>  | 35 |
| 3.7.16.   | <i>Promedios de los porcentajes de energía demanda en rueda</i>                                  | 36 |
| 3.7.16.1. | <i>Promedio de energía <math>F_d</math></i>  | 36 |
| 3.7.16.2. | <i>Promedio de energía <math>R_x</math></i>  | 36 |
| 3.7.16.3. | <i>Promedio de energía <math>R_g</math></i>  | 36 |
| 3.7.16.4. | <i>Promedio de energía <math>R_i</math></i>  | 36 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 3.7.17.   | <b>Factores de ponderación</b>                  | 37 |
| 3.7.17.1. | <i>Factor de Ponderación Energía Fd</i>         | 37 |
| 3.7.17.2. | <i>Factor de Ponderación Energía Rx</i>         | 37 |
| 3.7.17.3. | <i>Factor de Ponderación Energía Rg</i>         | 37 |
| 3.7.17.4. | <i>Factor de Ponderación Energía Ri</i>         | 37 |
| 3.7.18.   | <b>Máximos y mínimas diferencias ponderadas</b> | 38 |
| 3.7.19.   | <b>Freno regenerativo</b>                       | 38 |
| 3.7.20.   | <b>Autonomía del vehículo</b>                   | 39 |
| 3.7.20.1. | <i>Kilometraje alcanzado</i>                    | 39 |
| 3.7.20.2. | <i>Kilometraje regenerativo</i>                 | 40 |
| 3.7.21.   | <b>Estado de carga de la batería (SOC)</b>      | 40 |

## CAPÍTULO IV

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 4.     | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>  | 41 |
| 4.1.   | <b>Análisis de las rutas establecidas</b>  | 41 |
| 4.1.1. | <i>Ruta 1</i>  | 41 |
| 4.1.2. | <i>Ruta 2</i>  | 42 |
| 4.1.3. | <i>Ruta 3</i>  | 43 |
| 4.2.   | <b>Ciclo de conducción de las rutas establecidas</b>   | 43 |
| 4.2.1. | <i>Obtención del ciclo de conducción ruta 1.</i>   | 43 |
| 4.2.2. | <i>Obtención del ciclo de conducción. ruta 2.</i>  | 44 |
| 4.2.3. | <i>Obtención del ciclo de conducción ruta 3.</i>   | 45 |
| 4.3.   | <b>Variables que intervienen en el VE mediante los ciclos de conducción para determinar la repercusión en su autonomía</b> | 45 |
| 4.3.1. | <i>Resultados obtenidos en cada ruta</i>   | 46 |
| 4.3.2. | <i>Análisis de la demanda de energía en rueda en la ruta 1</i>   | 46 |
| 4.3.3. | <i>Análisis de la demanda de energía en rueda en la ruta 2</i>   | 47 |
| 4.3.4. | <i>Análisis de la demanda de energía en rueda en la ruta 3</i>   | 49 |
| 4.4.   | <b>Análisis de autonomía para las rutas establecidas</b>   | 50 |
| 4.4.1. | <i>Obtención de eficiencias</i>  | 50 |
| 4.4.2. | <i>Cálculo de la autonomía del vehículo eléctrico tipo SUV</i>   | 50 |
| 4.5.   | <b>Determinación del estado de carga de la batería (SOC) mediante las rutas establecidas</b>                               | 51 |
| 4.5.1. | <i>Promedio del SOC</i>  | 51 |
| 4.5.2. | <i>Cálculo del estado de carga de la batería (SOC) de las rutas</i>  | 52 |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>4.6.</b> | <b>Comparación entre la autonomía calculada y la autonomía indicada por el fabricante.....</b> | <b>52</b> |
|-------------|--|-----------|

## **CAPÍTULO V**

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>5.</b>   | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b> | <b>54</b> |
| <b>5.1.</b> | <b>Conclusiones.....</b>                   | <b>54</b> |
| <b>5.2.</b> | <b>Recomendaciones.....</b>                | <b>55</b> |

## **BIBLIOGRAFÍA**

## ÍNDICE DE TABLAS

|                    |  |    |
|--------------------|--|----|
| <b>Tabla 2-1:</b>  | Variables controlables e incontrolables.....                               | 19 |
| <b>Tabla 2-2:</b>  | Variables independientes.....  | 19 |
| <b>Tabla 3-1:</b>  | Ficha técnica del vehículo eléctrico. ....                                 | 24 |
| <b>Tabla 3-2:</b>  | Datos obtenidos por el VBOX GPS .....                                      | 27 |
| <b>Tabla 4-1:</b>  | Ruta1; trayecto Ficoa – Huachi Chico – Mercado mayorista – Av. Bolivariana | 41 |
| <b>Tabla 4-2:</b>  | Ruta 2; trayecto Automekano – CIAUTO.....                                  | 42 |
| <b>Tabla 4-3:</b>  | Ruta 3; trayecto Automekano – Yahaira - Huachi Chico.....                  | 43 |
| <b>Tabla 4-4:</b>  | Resultado en rueda de las rutas ideales .....                              | 46 |
| <b>Tabla 4-5:</b>  | Promedios de porcentajes de energía demandada en rueda ruta 1 .....        | 46 |
| <b>Tabla 4-6:</b>  | Factores de ponderación ruta 1 .....                                       | 47 |
| <b>Tabla 4-7:</b>  | Obtención del ciclo ideal de conducción en la ruta 1 .....                 | 47 |
| <b>Tabla 4-8:</b>  | Promedios de porcentajes de energía demandada en rueda ruta 2 .....        | 48 |
| <b>Tabla 4-9:</b>  | Factores de ponderación ruta 2.....  | 48 |
| <b>Tabla 4-10:</b> | Obtención del ciclo ideal de conducción en la ruta 2 .....                 | 48 |
| <b>Tabla 4-11:</b> | Promedios de porcentajes de energía demandada en rueda ruta 3 .....        | 49 |
| <b>Tabla 4-12:</b> | Factores de ponderación ruta 3.....  | 49 |
| <b>Tabla 4-13:</b> | Obtención del ciclo ideal de conducción en la ruta 3 .....                 | 50 |
| <b>Tabla 4-14:</b> | Eficiencias .....  | 50 |
| <b>Tabla 4-15:</b> | Calculo de autonomía.....  | 51 |
| <b>Tabla 4-16:</b> | Promedio del SOC ruta 1.....   | 51 |
| <b>Tabla 4-17:</b> | Promedio del SOC ruta 2.....   | 52 |
| <b>Tabla 4-18:</b> | Promedio del SOC ruta 3.....   | 52 |
| <b>Tabla 4-19:</b> | Promedio del SOC de las rutas establecidas.....                            | 52 |
| <b>Tabla 4-20:</b> | Comparativa de autonomías .....  | 53 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|                          |  |    |
|--------------------------|--|----|
| <b>Ilustración 2-1:</b>  | Tipos de vehículos eléctricos .....  | 4  |
| <b>Ilustración 2-2:</b>  | Batería de ion litio.....  | 7  |
| <b>Ilustración 2-3:</b>  | Inversor .....   | 8  |
| <b>Ilustración 2-4:</b>  | Conector Mennekes.....   | 8  |
| <b>Ilustración 2-5:</b>  | Sistema de freno regenerativo .....  | 10 |
| <b>Ilustración 2-6:</b>  | Vehículo eléctrico .....   | 11 |
| <b>Ilustración 2-7:</b>  | Esquema del powertrain.....  | 12 |
| <b>Ilustración 2-8:</b>  | Datos del ciclo HWFET.....   | 14 |
| <b>Ilustración 2-9:</b>  | Ciclo de conducción NEDC.....  | 15 |
| <b>Ilustración 2-10:</b> | Ciclo de conducción WLTP.....  | 16 |
| <b>Ilustración 3-1:</b>  | VBOX Sport.....  | 20 |
| <b>Ilustración 3-2:</b>  | ELM327 bluetooth .....   | 21 |
| <b>Ilustración 3-3:</b>  | ELM327 WIFI.....   | 22 |
| <b>Ilustración 3-4:</b>  | Esquema a seguir del análisis de la autonomía del vehículo eléctrico.....                              | 23 |
| <b>Ilustración 3-5:</b>  | DSFK Glory E3.....   | 23 |
| <b>Ilustración 3-6:</b>  | Instalación del dispositivo VBOX Sport.....  | 24 |
| <b>Ilustración 3-7:</b>  | Instalación del dispositivo ELM OBDII .....  | 25 |
| <b>Ilustración 3-8:</b>  | Cálculo del área frontal SOLID WORKS .....   | 31 |
| <b>Ilustración 3-9:</b>  | Variación de los coeficientes $f_0$ y $f_s$ en función de la presión de inflado de los neumáticos..... | 31 |
| <b>Ilustración 4-1:</b>  | Ciclo de conducción ideal de la ruta 1 .....   | 44 |
| <b>Ilustración 4-2:</b>  | Ciclo de conducción ideal de la ruta 2 .....   | 44 |
| <b>Ilustración 4-3:</b>  | Ciclo de conducción ideal de la ruta 3 .....   | 45 |

## RESUMEN

La presente investigación determina la autonomía real de un vehículo eléctrico tipo SUV en la ciudad de Ambato. Para ello, se realizó un análisis experimental por medio de ciclos de conducción representativos con el fin de determinar el alcance real del vehículo, por lo tanto, el objetivo del proyecto consiste en determinar la autonomía utilizando una estimación estadística en rutas urbanas en la ciudad de Ambato. Esta investigación se desarrolló en base a las tres rutas urbanas que se establecieron mediante varios factores importantes como lo son: ubicación geográfica, condiciones climáticas, límites de velocidad permitidos, pendientes y además de otras herramientas, se utilizó un dispositivo de posicionamiento global (GPS) como el VBOX GPS y ELM OBDII que permitieron obtener datos en tiempo real, una vez que se determinaron las tres rutas y se instrumentó el vehículo, se estableció la metodología de las mínimas diferencia ponderadas que se utilizó para el cálculo del ciclo de conducción representativo, además de las variables que influyeron en el ciclo de conducción y el cálculo de la autonomía como los parámetros de la dinámica vehicular, factores de ponderación, Promedios de porcentajes de energía demanda en rueda, freno regenerativo, la autonomía del vehículo y cálculo del estado de carga de la batería. Una vez determinado los ciclos de conducción representativos fueron de la ruta 1 el viaje 5, el viaje 3 de la ruta 2 y el viaje 5 de la ruta 3, con lo cual se obtuvo el promedio de la autonomía de 197 km en las tres rutas con un estado de carga (SOC) mayor 70% en la ciudad de Ambato, al evaluar los resultados se pudo observar que la autonomía calculada es mucho menor a la del fabricante ya que esta autonomía fue mediante el ciclo NEDC que no muestra las exigencias normales que actualmente tiene un vehículo en uso diario.

**Palabras clave:** <AUTONOMÍA>, <PONDERACIÓN>, <DINÁMICA VEHICULAR>, <FRENO REGENERATIVO>, <UBICACIÓN GEOGRÁFICA>.



09-01-2024  
0072-DBRA-UPT-2024

## SUMMARY

This research determines the genuine autonomy of an SUV-type electric vehicle in Ambato City. An experimental analysis was carried out through representative driving cycles to outline the vehicle's actual scope. Therefore, the project aim is to determine the autonomy using a statistical estimate of urban routes in Ambato city. This research was developed based on the three urban routes established through several significant factors such as geographical location, climatic conditions, permitted speed limits, slopes, and other tools. A global positioning device (GPS) was used such as VBOX GPS and ELM OBDII, allowing data to be obtained in real-time, once the roads were determined and the vehicle was instrumented. The methodology of the minimum weighted difference established was used to calculate the representative driving cycle. In addition, the variables that influenced the driving cycle and the calculation of autonomy such as vehicle dynamics parameters, weighting factors, average percentages of energy demand in the wheel, regenerative braking, vehicle autonomy, and calculation of the battery state of charge. Once the representative driving cycles were determined, they were Route 1, trip 5, trip 3 of Route 2, and Trip 5 of Route 3, then the average autonomy of 197 km was obtained on the three routes with a state of charge (SOC) greater than 70% in Ambato city.

**Key words:** <AUTONOMY>, <WEIGHTING>, <VEHICULAR DYNAMICS>, <REGENERATIVE BRAKE>, <GEOGRAPHICAL LOCATION>.



Lic. Patricia Pilar Moyota Amaguaya Mgs.

060361101-3



## **INTRODUCCIÓN**

Con el crecimiento de la población y, en consecuencia, la movilidad, el cambio climático y la degradación ambiental fueron provocados por gases como: CO<sub>2</sub>, hidrocarburos, NO<sub>x</sub>, etc. Como consecuencia de los procesos de combustión derivados de estos problemas, los planes de protección ambiental se basan en diversos métodos para ayudar a reducir estos factores contaminantes, uno de los cuales es la integración de los vehículos eléctricos, clave para lograr un planeta más sostenible y con una visión de futuro a la sustitución de vehículos de gasolina y diésel por vehículos eléctricos. (Bueno & Quishpe, 2017)

La autonomía que es generada por las baterías es un factor importante que limita el desarrollo de los vehículos eléctricos. Las proyecciones muestran que los vehículos completamente eléctricos tendrán una capacidad de conducción autónoma de 300 a 400 kilómetros dentro de 10 a 15 años, y que el litio será un modelo energético desafiante para mejorar su autonomía.

El propósito de la presente investigación es analizar la autonomía de un vehículo puramente eléctrico, para mediante pruebas experimentales en rutas y ciclos de conducción, estudiar el comportamiento de los parámetros cinemáticos y funcionales del EV; además de establecer un valor de autonomía y consumo energético basado en las condiciones geográficas y de circulación de la ciudad de Ambato.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

A medida que los fabricantes de vehículos eléctricos buscan formas de aumentar la autonomía de la batería y el tiempo de carga, surgen varias preguntas de investigación. Actualmente, nuestro país aún no ha considerado crear o implementar una estrategia para definir el alcance de los vehículos eléctricos. En nuestra región, la autonomía de los vehículos eléctricos se ve afectada por factores que inciden directamente en el comportamiento de estos vehículos, tales como, la velocidad de conducción o el clima general del país. Además de la geografía que existe dentro de la ciudad, las fallas geográficas y el tráfico vehicular excesivo. Estos factores, combinados con la falta de conocimiento de los usuarios sobre la nueva tecnología que traen los vehículos eléctricos, han generado muchas preocupaciones sobre la gama de vehículos eléctricos. Además, las baterías de estos plantean un gran problema no solo por su coste, sino también por los modos de carga lentos y su tasa de descarga. Esto plantea una pregunta interesante donde la brecha entre la autonomía aceptable de los vehículos eléctricos y la autonomía alcanzada en condiciones reales de conducción merece una mayor investigación.

### 1.2. Justificación

Este proyecto de investigación tiene como objetivo analizar la autonomía de uso de la batería de los vehículos eléctricos urbanos e identificar la autonomía real y los principales factores que afectan directamente a la autonomía de los vehículos eléctricos a través de pruebas en carretera y ciclos de conducción (Pacheco, 2022).

En este sentido, el motivo del estudio radica en el escaso número de estudios sobre las capacidades de conducción autónoma de los vehículos eléctricos en altura, como es el caso de nuestro país, especialmente en la ciudad de Ambato. Por esta razón, creemos importante realizar y publicar esta investigación, contribuir al desarrollo de tecnología local, aumentar la cantidad de vehículos eléctricos a nivel nacional y poner a disposición del público la nueva tecnología vehicular.

Finalmente, cabe señalar que los aportes de la investigación a los cambios de la matriz energética se han incrementado en los últimos años a nivel nacional. Impacto y eficacia energética. Por eso, la implementación de trabajos con conocimiento científico relacionado con la autonomía de los vehículos eléctricos en el medio ambiente contribuirá a la mejora al sector de movilidad.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Desarrollar una metodología para determinar la autonomía de un vehículo eléctrico tipo SUV mediante ciclos reales de conducción.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Analizar el marco teórico de vehículos eléctricos mediante fuentes bibliográficas especializadas para conocer las distintas metodologías.
- Definir las variables que intervienen en el VE mediante los ciclos de conducción para determinar la repercusión en su autonomía.
- Indagar las rutas específicas mediante información de Google Earth para la ejecución de las pruebas experimentales.
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos mediante los análisis máximos y mínimas diferencias ponderadas para la validación de la autonomía del VE en ciudades de altura del país.
- Determinar la autonomía del vehículo eléctrico tipo SUV en ciudades de altura del país.
- Determinar el estado de carga (SOC) mediante las rutas establecidas por la investigación para determinar el consumo de la batería.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Vehículos eléctricos

##### 2.1.1. Definición de vehículos eléctricos

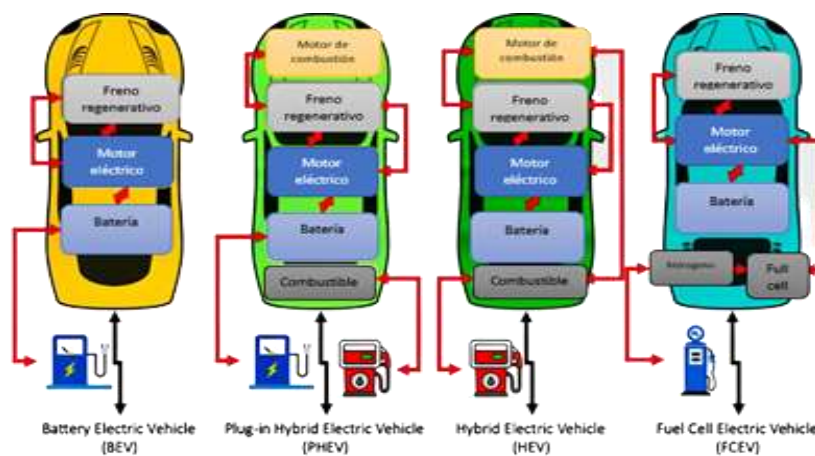
Los vehículos eléctricos utilizan energía química almacenada en baterías recargables, alimentadas por la energía generada por motores eléctricos que proporcionan electricidad, y estos motores pueden instalarse en el sistema eléctrico para cargar la batería cuando está parada.

Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en energía mecánica bajo la influencia de un campo magnético y tiene elementos conductores en su interior que tienden a moverse en el campo magnético.

Estos motores tienen varias ventajas sobre los motores de combustión interna, comenzando por ser más pequeños, livianos y simples. Desde un punto de vista medioambiental, el uso de estos motores aporta ventajas, ya que permite reducir el nivel de dióxido de carbono liberado a la atmósfera (Rosas & Trujillo, 2022).

##### 2.1.2. Clases de vehículos eléctricos

Existen varios tipos de clases de vehículos eléctricos, 100% eléctrico, híbrido enchufable, híbrido eléctrico no enchufable y vehículo eléctrico con pila de combustible de hidrógeno.



**Ilustración 2-1:** Tipos de vehículos eléctricos

Fuente: (Foley et al., 2020).

#### *2.1.2.1. BEV (100 % eléctrico)*

Coche eléctrico a batería, también llamado eléctrico puro. Utiliza solo uno o más motores eléctricos y no tiene ningún motor de combustión interna. Los motores eléctricos funcionan con baterías que son alimentadas principalmente con la red eléctrica (Trashorras, 2019).

#### *2.1.2.2. HEV (Hibrido eléctrico no enchufable)*

Dispone de un motor de combustión interna y uno o más motores eléctricos. Tanto el motor de combustión interna como el o los motores eléctricos mueven las ruedas del coche, y dependiendo del fabricante puede funcionar al 100% con electricidad, en otros siempre funciona como motor eléctrico auxiliar. Dispone de baterías que se cargan solas al frenar gracias a un motor térmico y un sistema de recuperación de energía (Trashorras, 2019).

#### *2.1.2.3. PHEV (Hibrido enchufable)*

Se conecta el motor de combustión interna con la batería y el motor eléctrico. A diferencia de los híbridos enchufables, tienen baterías de mayor capacidad que deben cargarse enchufando (Trashorras, 2019).

#### *2.1.2.4. FCEV (Con pila de combustible de hidrógeno)*

Solo tienen motores eléctricos y no funcionan con baterías, sino con una pila de combustible que utiliza hidrógeno. Algunos expertos creen que en 2040 los coches serán de hidrógeno, no de baterías (Trashorras, 2019).

### ***2.1.3. Elementos principales del vehículo eléctrico***

#### *2.1.3.1. Motores eléctricos*

El motor de un vehículo eléctrico puede ser AC o DC. Dependiendo el fabricante y la marca:

##### *2.1.3.1.1. Asíncrono trifásico*

La velocidad de rotación del rotor no coincide con la velocidad de rotación del campo magnético generado por el estator. Su rotor puede ser del tipo jaula de ardilla o bobina. Los devanados del estator son trifásicos.

Ventajas: eficiencia, bajo costo, baja confiabilidad.

Desventajas: baja densidad de potencia, bajo par de arranque o riesgo de sobrecarga

Marcas: Tesla, Citroën Zero y Mahindra Reva.

#### *2.1.3.1.2. Síncrono de imanes permanentes*

La velocidad de rotación es constante y la rotación del rotor es igual a la velocidad del campo magnético producido por el estator. Es el motor más utilizado en los vehículos eléctricos. Dependiendo de la posición del campo magnético inducido, hay dos tipos: flujo radial (más común) o flujo axial (más adecuado para incorporar en ruedas), que pueden ser perpendiculares o paralelos al eje de rotación del rotor.

Ventajas: alto rendimiento, fácil control de velocidad, bajo nivel de ruido, baja vibración, tamaño y peso.

Desventaja: Alto coste.

Marcas: Nissan Leaf, BMW i3, Hyundai Ioniq, Kia Soul EV, Toyota Prius y Chevrolet volt/Bolt.0

#### *2.1.3.1.3. Síncrono de reluctancia conmutada*

La corriente se cambia entre las bobinas de cada fase del estator para generar un campo magnético giratorio. Los rotores hechos de material magnético con polos salientes están sujetos a un campo magnético y se atraen entre sí, produciendo un par que mantiene el rotor girando a velocidad síncrona.

Ventajas: no requiere imanes permanentes ni cepillos, alto par, robustez, bajo costo.

Desventajas: son el bajo consumo de energía y la complejidad del diseño.

Marcas: Renault ZOE, Renault Kangoo EV y Renault Fluence.

#### *2.1.3.1.4. Motor sin escobilla de imanes permanentes DC*

El rotor de este motor tiene imanes permanentes que alimentan a su vez cada fase del estator. Disponible como rotor interno (alta velocidad, bajo par) o rotor externo (baja velocidad, alto par). Comúnmente utilizado en vehículos híbridos.

Ventajas: el bajo nivel de ruido y fricción, la robustez y la ausencia de mantenimiento.

Desventaja: es el alto precio, el bajo rendimiento y el motor menos experimentado (Trashorras, 2019).

### 2.1.3.2. Batería

El propósito principal de la batería es su uso como fuente de energía y para mantener el vehículo en marcha. Las baterías para vehículos eléctricos son muy importantes porque el tipo y tamaño de la batería depende de su precio y autonomía.

Son la parte más importante en el diseño de los vehículos eléctricos, ya que son dispositivos que almacenan energía eléctrica a través de un proceso electroquímico y luego la devuelven con alguna pérdida. Las baterías están limitadas por un cierto número finito de ciclos de carga y descarga, el llamado ciclo de vida, según el tipo de batería (Pacheco, 2022).

Actualmente las baterías de litio nos brindan una densidad de 200 – 250 Wh/kg lo cual nos demuestra que podemos hacer algunos km de recorrido, pero lo ideal sería que este valor aumente para así poder recorrer mucha más distancia sin necesidad de volver a cargar. Existen estudios para aumentar dicha densidad como la de Amperius, empresa que ofrece comercializar baterías de estado sólido con una densidad de 500 Wh/kg, misma que revolucionaría la industria automotriz y logrando obtener una mayor autonomía en los vehículos eléctricos. Pero acaba de salir un artículo por (Zhou S et al., 2023) sobre las baterías de sulfuro de litio con una densidad impresionante de 2600 Wh/kg, este nuevo descubrimiento y en caso de realizar una producción en masa para comercializar dichas baterías serían el futuro de toda la movilidad en general (Aguilar, 2023).



**Ilustración 2-2:** Batería de ion litio.

**Fuente:** (Trashorras, 2019).

### 2.1.3.3. Inversores

Un inversor es un convertidor de energía estática que convierte la corriente continua de alto voltaje almacenada en una batería en corriente alterna trifásica para accionar un motor eléctrico.



**Ilustración 2-3:** Inversor

**Fuente:** (Galán, 2019).

También se debe considerar que el inversor contiene un transformador que se encarga de igualar el voltaje tanto de la batería como del motor de tracción, como se muestra en la figura. Esto se debe a que los motores generalmente funcionan con voltajes más altos que una batería, siendo necesario rectificar tanto las frecuencias de tensión como las de corriente (Camuendo & Pastaz, 2021).

#### *2.1.3.4. Conector*

Es un elemento importante el cual emplea la corriente alterna obtenida de la red y la convierte en corriente continua, para que de este modo se pueda cargar la batería principal del automóvil.



**Ilustración 2-4:** Conector Mennekes

**Fuente:** (Galán, 2019).



#### **2.1.4. Tipos de modo de carga del vehículo eléctrico**

Los vehículos eléctricos recargan sus baterías utilizando la red eléctrica, ya sea en lugares públicos o en instalaciones privadas. La carga de un vehículo eléctrico se clasifica de acuerdo con las características de cada estación de carga. Una de estas clasificaciones se basa en el tiempo necesario para la carga, lo cual es un factor crucial que afecta la forma en que los diferentes usuarios circulan y operan sus vehículos. El tiempo de carga está directamente relacionado con la potencia disponible suministrada por la estación y el tipo de conector utilizado. Existen cinco tipos distintos de carga, que son los siguientes:

##### **2.1.4.1. La recarga super-lenta:**

Se caracteriza por utilizar una intensidad de corriente máxima de 10 A y estar limitada a 2,3 kW. Para cargar completamente una batería de tamaño medio de 24 kWh, puede llevar hasta doce horas utilizando un enchufe convencional (Galán, 2019).

##### **2.1.4.2. La recarga lenta.**

Se realiza en enchufes Schuko convencionales, con una intensidad de 16 A y una tensión de 230 V, suministrando una potencia de 3,6 kW. En este modo, la recarga de un vehículo eléctrico promedio puede tomar entre seis y ocho horas. Esta forma de carga es común, ya que utiliza una conexión estándar que se encuentra en viviendas o garajes (Galán, 2019).

##### **2.1.4.3. La recarga semi-rápida.**

Se lleva a cabo a una potencia que varía entre 11 y 22 kWh, utilizando corriente de alta tensión. Por lo general, se necesita una o dos horas para cargar completamente la batería. Los puntos de recarga con esta opción suelen encontrarse en lugares públicos como restaurantes, centros comerciales y lugares de ocio (Galán, 2019).

##### **2.1.4.4. La recarga rápida.**

Se caracteriza por utilizar una potencia muy alta, superior a 40 kWh e incluso más. Los puntos de carga con este sistema permiten cargar el 80% de la capacidad de la batería en aproximadamente media hora. El estándar más común para esta carga es el Chademo (Galán, 2019).

#### 2.1.4.5. *La recarga ultrarrápida.*

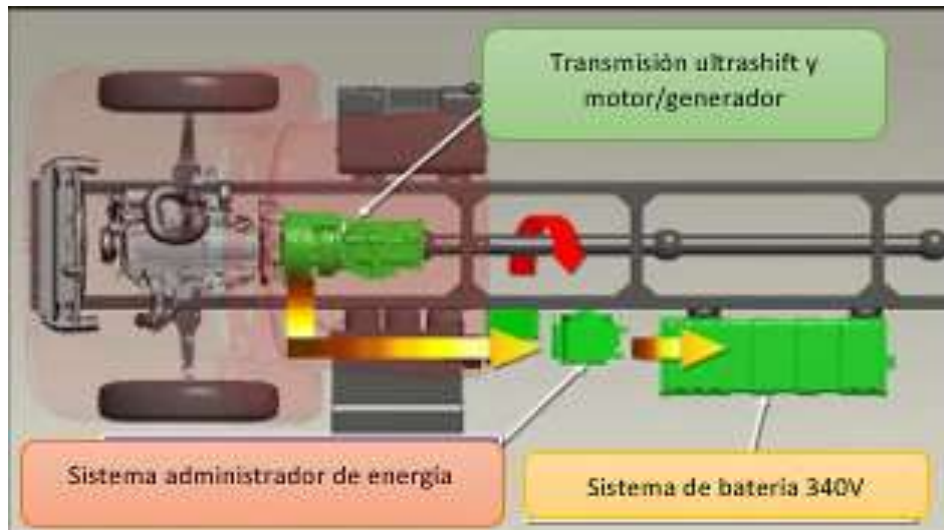
Está en desarrollo y no es muy común en la actualidad. Se utiliza principalmente en autobuses urbanos, que requieren cargar las baterías o supercondensadores en pocos minutos. Las potencias necesarias para este tipo de carga oscilan entre 250 y 400 kW, permitiendo cargar el 80% de la batería en un tiempo de 5 a 8 minutos (Galán, 2019).

#### 2.1.5. *Sistema de freno regenerativo*

Dado que los vehículos eléctricos tienen una cantidad limitada de energía disponible, cada unidad debe almacenar energía en reserva. Este convierte la energía cinética de las ruedas en movimiento en energía eléctrica, gracias a lo cual el motor actúa como generador, invirtiendo el flujo de energía en el motor para alimentar la batería.

Un sistema de frenado regenerativo permite que el vehículo recupere la energía perdida durante el frenado y la utilice para cargar la batería restante.

Dado que el sistema de frenado de un automóvil de combustión interna convierte parte de la energía cinética en energía térmica al frenar, parte de la energía se pierde, a diferencia de los vehículos eléctricos, que utilizan esta energía de frenado para cargar la batería (Pacheco, 2022).

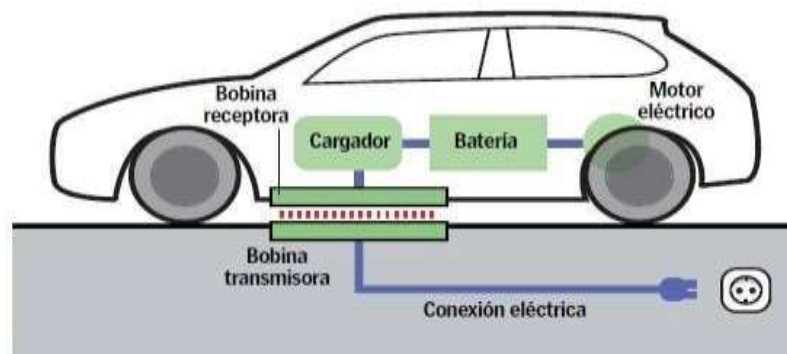


**Ilustración 2-5:** Sistema de freno regenerativo

**Fuente:** (Pacheco, 2022).

### 2.1.6. Funcionamiento del vehículo eléctrico

Los vehículos eléctricos tienen principalmente motores eléctricos en los ejes de las ruedas, convierten la energía cinética de las ruedas en electricidad y cargan la batería mediante frenada regenerativa. Es importante señalar que los vehículos eléctricos con un motor se adaptan mejor a los diseños convencionales, permitiendo el uso de motores más potentes, aunque pierden algo de eficiencia por el rozamiento, mientras que los vehículos con un motor independiente en cada rueda evitan pérdidas de transmisión.



**Ilustración 2-6:** Vehículo eléctrico

Fuente: (Duque, Rocano 2018)

Los coches eléctricos tienen un sistema de accionamiento eléctrico que tiene un controlador que acumula la energía de la batería y la envía al motor eléctrico. La velocidad del vehículo eléctrico es generada por la energía obtenida al conectar el controlador con el acelerador del vehículo. El desarrollo de vehículos eléctricos está especialmente indicado en entornos urbanos debido al tráfico de vehículos.

#### 2.1.6.1. Ventajas y desventajas de un vehículo eléctrico

##### **Ventajas**

- Ahorro espacio
- Gasto poco de mantenimiento
- No hay consumo de combustible
- Menos contaminación atmosférica
- Menos contaminación acústica

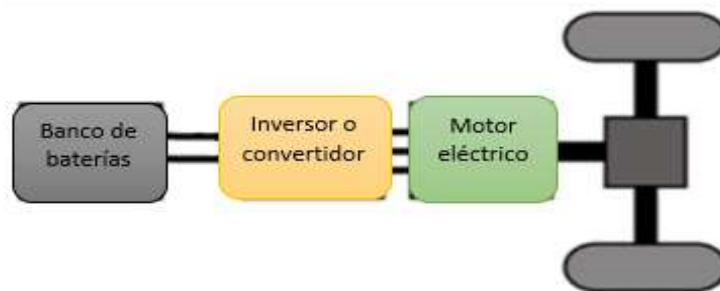
##### **Desventajas**

- Autonomía más baja

- Poco conocimiento en talleres
- Precios de vehículos y mantenimientos elevados

### 2.1.7. Tren motriz

El tren motriz (powertrain) incluye todos los componentes que se acoplan al vehículo para crear o transformar las fuerzas de movimiento.



**Ilustración 2-7:** Esquema del powertrain

Fuente:(Camuendo y Pastaz 2021)

La ilustración 7 muestra los principales componentes de tracción de un vehículo eléctrico, que son: motor eléctrico, inversor y batería.

## 2.2. Determinación del estado de carga (SOC)

El término de estado de carga o SOC se utiliza para especificar la cantidad de energía que se resta en la batería, y esta expresada como un porcentaje. Cuando una nueva batería está cargada totalmente el estado de carga se considera al 100% de su capacidad nominal. Por lo tanto, cuando la batería está completamente descargada, el estado de carga se considera al 0%. Para el caso específico de autos completamente eléctricos (EV), el estado de carga o SOC es parecido al indicador de combustible en un vehículo de combustión interna, el cual es utilizado para indicar al conductor la autonomía que resta antes de que se requiera ser recargado. La información del estado de carga o SOC tiene mucha importancia para otros bloques funcionales del vehículo VE, tales como, el control de carga. Existen varios métodos para determinar el estado de carga de una batería VE (Jiménez y Rosero, 2019: p37). Entre estos se pueden nombrar:

### **2.2.1. Impedancia interna**

Este método se basa en el hecho de que el interior de la batería variará según el estado de carga. Bajo esta premisa, una resistencia alta representa un estado de carga bajo. Un punto negativo de esta técnica es que no se tiene en cuenta el impacto de la temperatura en las mediciones (Jiménez y Rosero, 2019: pp.37-38).

### **2.2.2. Conteo de Coulomb**

Esta técnica es una de las más precisas para determinar el SOC de una batería porque se encarga de medir la cantidad de corriente que entra y sale de ella, pudiendo encontrar el SOC por medios de diferencia entre ellos. Este método tiene cierta complejidad y se requiere el uso de sensores (Jiménez y Rosero, 2019: pp.39-40).

### **2.2.3. Estimación basada en el voltaje**

En este caso para la estimación del estado de carga, el voltaje actual de la batería se da en comparación con su capacidad máxima. Este procedimiento es muy simple, sin embargo, no es del todo preciso porque las baterías no describen el comportamiento lineal de su voltaje en todos los casos (Jiménez y Rosero, 2019: pp. 38-39).

## **2.3. Diferencia entre vehículo eléctrico y vehículos de combustión**

Después de mostrar los elementos que componen un vehículo eléctrico y cómo le permiten funcionar, exploraremos las diferencias entre los vehículos con motor de combustión interna y los vehículos eléctricos para comprender por qué los vehículos eléctricos son una alternativa a los motores tradicionales.

- **Emisiones de CO<sub>2</sub>:** Los vehículos eléctricos emiten menos contaminantes que los vehículos de combustible debido a la menor intervención del motor térmico durante su funcionamiento.
- **Eficiencia:** La relación entre la energía producida y la energía entregada se refiere a la energía producida en tránsito. Para los motores térmicos, la eficiencia es del 25% frente al 90% de los motores eléctricos debido a la ausencia de engranajes y la menor pérdida de calor.
- **Costes de mantenimiento:** El sencillo sistema de accionamiento, que no requiere aceite ni circuitos de refrigeración, reduce los costes de mantenimiento de los vehículos eléctricos hasta en un 50%.

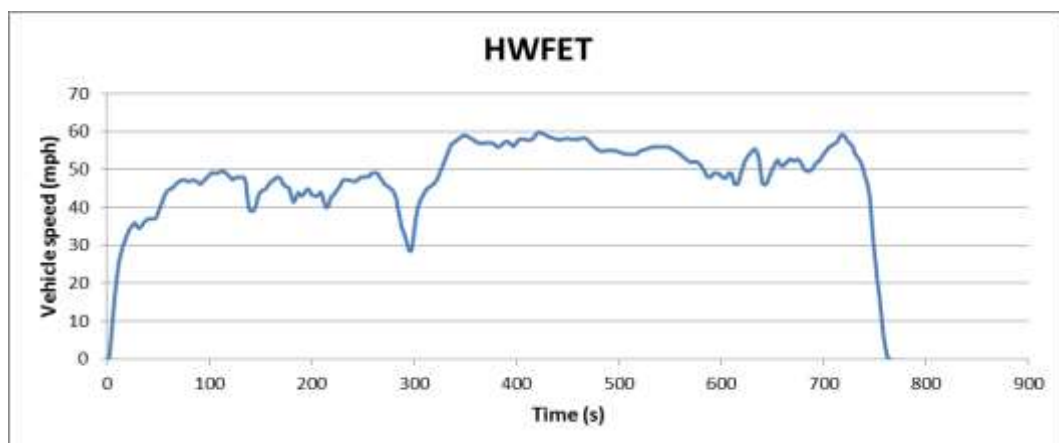
- Vida útil: Los vehículos eléctricos tienen una vida útil más larga porque se dañan menos que los motores de combustión interna. simplicidad mecánica.
- Autonomía: Las baterías eléctricas aseguran la autonomía de los vehículos eléctricos.
- Peso del vehículo: las baterías de los vehículos eléctricos pesan un poco más que las pilas de combustible, pero el vehículo eléctrico completo pesa hasta 15 veces menos.
- Curva de potencia: los vehículos eléctricos tienen una curva de potencia ideal para la tracción, que se puede lograr mediante la entrega de una salida de potencia constante. Alta velocidad incluso a bajas revoluciones. El vehículo arranca desde cero rpm y alcanza la velocidad máxima en poco tiempo (Pacheco, 2022).

## 2.4. Ciclos de conducción

Los tres ciclos principales por los que pasan los vehículos eléctricos el esquema de conducción de economía de combustible en carretera (Highway Fuel Economy Driving Schedule, HWFET, por sus siglas en inglés). Pero cabe mencionar que existen otros ciclos de conducción como el NEDC que era ocupado entre el año 1997 hasta el 2018, año que fue remplazado por el ciclo WLTP el cual cumplía con características actualizadas de conducción como condiciones de tráfico, climatología, etc.

### 2.4.1. Ciclo HWFET

El ciclo HWFET, por otro lado, simula una conducción prolongada en carretera acelerando el vehículo y luego moviéndose entre diferentes velocidades en el rango de 30 a 60 mph (50 - 100 km/h) durante la prueba. Las ruedas se detienen solo al final. Esta prueba mide la economía de combustible en la carretera (INSIDE EVS, 2020).

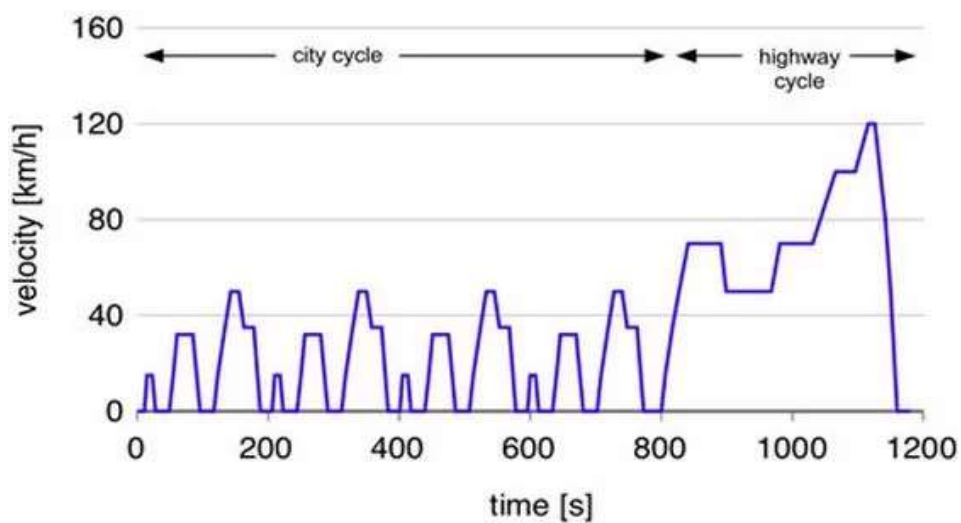


**Ilustración 2-8:** Datos del ciclo HWFET.

Fuente: (INSIDE EVS, 2020)

### 2.4.2. Ciclo NEDC

El ciclo NEDC, que significa Nuevo Ciclo de Conducción Europeo, es un ciclo certificado de emisiones y consumo que se desarrolló entre 1997 y 2018. Este ciclo se desarrollaba en laboratorios que se colocaba el automóvil sobre un banco de rodillos y sobre ciertas condiciones determinadas, como temperatura de (20 – 25) °C a cierta marcha si el vehículo era manual y si era automático el carro hacía sus propias marchas al momento que quisiera, además el aire acondicionado debía estar apagado para no generar carga excesiva al motor, además que no existía lluvia ni viento en los laboratorios para simular un ciclo más real de conducción. Por dichos motivos este ciclo ha sido sustituido por el que hablaremos más adelante.



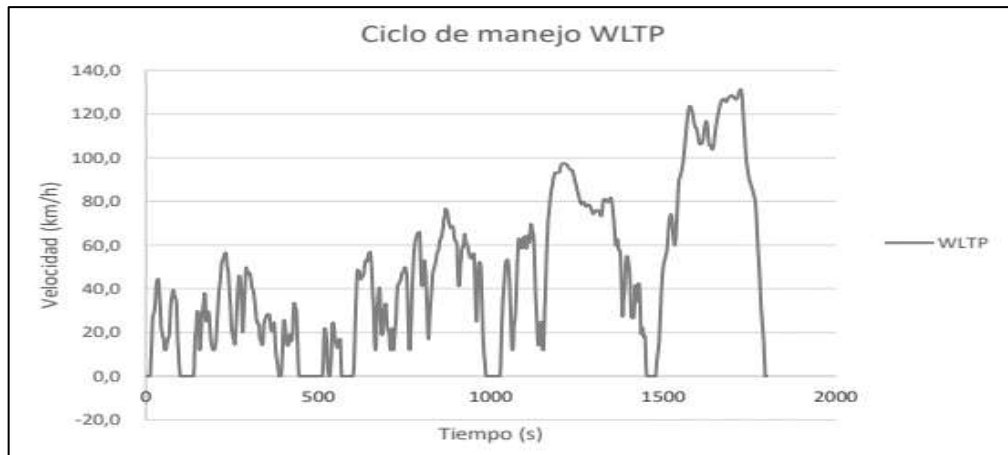
**Ilustración 2-9:** Ciclo de conducción NEDC.

Fuente: (Fernandez, 2015)

### 2.4.3. Ciclo WLTP

Este ciclo de manejo será más prometedor y realista para automóviles eléctricos. La idea es simular la conducción en la carretera, carretera de la ciudad, con una duración y distancia estimada aproximadamente. Estará conformada por cuatro fases: baja, media, alta y muy alta velocidad, todo esto, a temperatura constante.

Al comienzo de la prueba, los extremos de la batería del automóvil deben estar conectados al cargador, equipado con un eléctrico que medirá la cantidad de corriente total y, al mismo tiempo, detectará pérdidas de energía en tiempo de carga. Finalmente, se dividirá el resultado de la medición por la distancia recorrida en la prueba y, de esta forma, se obtendrá la autonomía.



**Ilustración 2-10:** Ciclo de conducción WLTP.

**Fuente:** (Cando y Cayo, 2021)

#### **2.4.4. Técnicas de instrumentación y parámetros para los ciclos de conducción.**

Técnica On-Board: el uso efectivo de esta técnica requiere el uso de múltiples conductores para poder visualizar el comportamiento de conducción de la ruta.

Técnica de seguimiento de vehículos: esta técnica utiliza dos vehículos, uno como "vehículo de seguimiento" y otro como "objetivo", y el vehículo de seguimiento sigue al vehículo objetivo para representar la conducción. La técnica se utilizó por primera vez en la ciudad de Edimburgo en 2001, pero no se recomienda su uso en autobuses de transporte público (Pacheco, 2022).

#### **2.4.5. Métodos para la elaboración de un ciclo de conducción.**

Hay dos formas de preparar el ciclo de conducción. Cada método se detalla a continuación.

- Método directo: consiste en referenciar medidas reales en el ciclo de tráfico real del entorno en estudio. Periódicamente, se preselecciona una ruta para la prueba y se registran datos de velocidad y tiempo a través del deslizamiento del vehículo.
- Método indirecto: El método indirecto recopila información de registros previos de viajes en rutas establecidas para su posterior reajuste de tiempo velocidad y velocidad en base a modelos internacionales.

Al elegir una ruta, se recomienda crear una ruta que corresponda a la situación real de conducción de la ciudad, como rutas de la ciudad, vías auxiliares, sitios de destinos dentro de la ciudad. La selección de la ruta depende del clima, el suelo y las condiciones de la ciudad (Pacheco, 2022).



## **2.5. Metodologías para obtener la autonomía del vehículo eléctrico**

La autonomía determina si un coche eléctrico se adapta al estilo de vida de una persona. Los vehículos eléctricos de corto alcance son excelentes para ir al trabajo, mientras que los eléctricos de largo alcance pueden hacer (casi) cualquier cosa que un automóvil a gasolina pueda hacer mejor. En el sector de la automoción se refiere a la distancia máxima que puede recorrer un vehículo sin repostar o, en el caso de los vehículos eléctricos, sin recargar la batería. Por lo tanto, los principales factores para la autonomía de los vehículos son las baterías, los tiempos de carga y las bajas densidades de energía. Sin embargo, las baterías suelen soportar cargas y descargas rápidas, lo que reduce su capacidad con el tiempo y el uso, factor que influye en la consecución de una autonomía adecuada.

Las variables que influyen y ayudan a determinar la autonomía son variables controlables e incontrolables. Para evaluarlas, deben estar relacionadas entre sí, y de esta manera es posible medir el grado de relación entre las variables, siempre que sean cuantitativas.

### ***2.5.1. Aplicación de la metodología experimental para la autonomía del VE***

La autonomía del vehículo eléctrico se ve afectada por diferentes parámetros por lo que es necesario determinar la dependencia de estos de en función del comportamiento de la autonomía, mediante una estadística que nosotros permiten analizar la mayoría de las variables y aquellas que tienen una mayor correlación entre ellas

#### ***2.5.1.1. Factores controlables***

Estos son las variables que se toman en cuenta que se pueden controlar durante la experimentación:

- Velocidad del vehículo.
- Tiempo de recorrido.
- Número de ocupantes (capacidad de carga del VE en Kg).
- RPM.

Por lo cual, estos se tomaron en cuenta al inicio del recorrido.

#### *2.5.1.2. Factores no controlables*

Estos son los parámetros que no se controlan durante la experimentación:

- Pendientes máximas, mínimas (%).
- Modos de conducción.
- Temperatura ambiente (°C).
- Emisividad (Adimensional).
- Humedad relativa (%).

Estos son los parámetros que inciden directamente en los factores de estudio y su dependencia en la autonomía.

#### *2.5.1.3. Factores de estudio*

Para definir nuestras variables de estudio, se consideran las variables obtenidas por software y se realiza un análisis de correlación. Obteniendo así los 5 parámetros más influyentes en la autonomía del VE.

- RPM y Aceleración
- Altimetría
- Distancia de Recorrido
- Tiempo de Recorrido

#### *2.5.1.4. Factores de respuesta*

El indicador de respuesta es:

- La autonomía real del vehículo eléctrico.

### ***2.5.2. Aplicación de metodología de ciclos de conducción efectiva para la autonomía del VE***

Las variables que intervienen en la autonomía del vehículo eléctrico son:

### 2.5.2.1. Variables controlables y no controlables

Para evaluarlas, se relacionan entre sí y, de esta manera, es posible medir el grado de relación entre las variables, siempre que sean cuantitativas.

**Tabla 2-1:** Variables controlables e incontrolables.

| <b>CONTROLABLES</b> | <b>INCONTROLABLES</b> |
|---------------------|-----------------------|
| Tiempo de recorrido | Emisividad            |
| RPM                 | Temperatura ambiente  |
| Velocidad del VE    | Humedad relativa      |

**Fuente:** (Albuja & Puenguenán, 2022)

**Realizado por:** (Calozuma y Toscano, 2023)

### 2.5.2.2. Variables independientes

Por otro lado, las variables independientes son las más importantes e influyentes para la determinación de la autonomía, mismas que se visualizan en la tabla 2.

**Tabla 2-2:** Variables independientes.

| <b>Variables</b>      | <b>Medidas</b> |
|-----------------------|----------------|
| Corriente de descarga | Ah             |
| Energía de descarga   | kWh            |
| Tiempo de operación   | s              |
| Temperatura del motor | °C             |
| Odómetro              | km             |

**Fuente:** (Albuja & Puenguenán, 2022)

**Realizado por:** (Calozuma y Toscano, 2023)

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Equipos

##### 3.1.1. *VBOX GPS Sport*

El VBOX GPS Sport analiza instantáneamente su rendimiento de conducción y obtenga acceso instantáneo a los datos que necesita para conducir más rápido. La duración de la batería de seis horas se adaptará a la mayoría de los eventos deportivos; y debido a que el VBOX Sport pesa solo 130 g, no habrá penalización de peso por usarlo.



**Ilustración 3-1:** VBOX Sport

**Realizado por:** Calozuma R; Toscano, A. 2023.

El VBOX Sport se puede usar con cualquier tipo de vehículo: automóvil, motocicleta, bicicleta, moto acuática, lancha motora, etc. y podrá registrar datos GPS precisos (por ejemplo, velocidad, aceleración, distancia, tiempo) directamente en el SD suministrado tarjeta, lo que le permite mejorar su rendimiento utilizando el software de análisis: Circuit Tools. El VBOX Sport cuenta con la certificación oficial de Apple y se conecta a iPhone, iPod Touch o iPad a través de una conexión Bluetooth, lo que mejora la recepción GPS en dispositivos iOS o agrega funcionalidad GPS a aquellos que aún no la tienen. Se pueden ajustar parámetros como el intervalo de muestreo, las unidades de medida, las funciones de cálculo y más.

### 3.1.2. ELM327 OBDII

El ELM327 es un adaptador de diagnóstico OBD-II que permite acceder a la información y los códigos de diagnóstico de los vehículos compatibles. Se conecta al puerto OBD-II (On-Board Diagnostics II) del vehículo y utiliza una conexión Bluetooth o USB para comunicarse con dispositivos móviles o computadoras. De esta manera envía una diagnosis completa del vehículo y visionar todo tipo de errores registrados en la centralita. Es importante utilizarlo junto con un software de diagnóstico compatible para aprovechar al máximo sus funciones.

El OBD es un programa instalado en las unidades de mando del motor. Su tarea es controlar continuamente los componentes implicados en las emisiones de escape. En el momento en que se produce un fallo, el OBD lo detecta, se carga en la memoria y avisa al conductor mediante un testigo luminoso situado en el cuadro de instrumentos denominado (MIL Malfunction Indicator Light). La adaptación europea se llama como OBD2.

#### 3.1.2.1. ELM327 bluetooth

Esta conexión sirve para ordenadores, pero además para móviles Android. (no compatible con iOS). Tiene la opción de descargar una aplicación y conectar su teléfono inteligente a su automóvil. De esta forma, podrás llevar un sencillo dispositivo de diagnóstico en tu teléfono móvil. La aplicación más conocida y famosa es Torque, pero existen muchas aplicaciones más.



**Ilustración 3-2:** ELM327 bluetooth

**Fuente:** (Quito y Sarango, 2021: pp. 106 - 130)

### 3.1.2.2. ELM327 wifi

Perfecto para teléfonos inteligentes Apple. Este tipo de conexión le permite conectar su iPhone a su vehículo y ejecutar diagnósticos. Los precios de los programas para iPhone se han disparado en comparación con la plataforma Android.

Ambos dispositivos proporcionan la misma información y reportan los mismos datos. Por tanto, debes elegir la interfaz que mejor se adapte a tus necesidades.

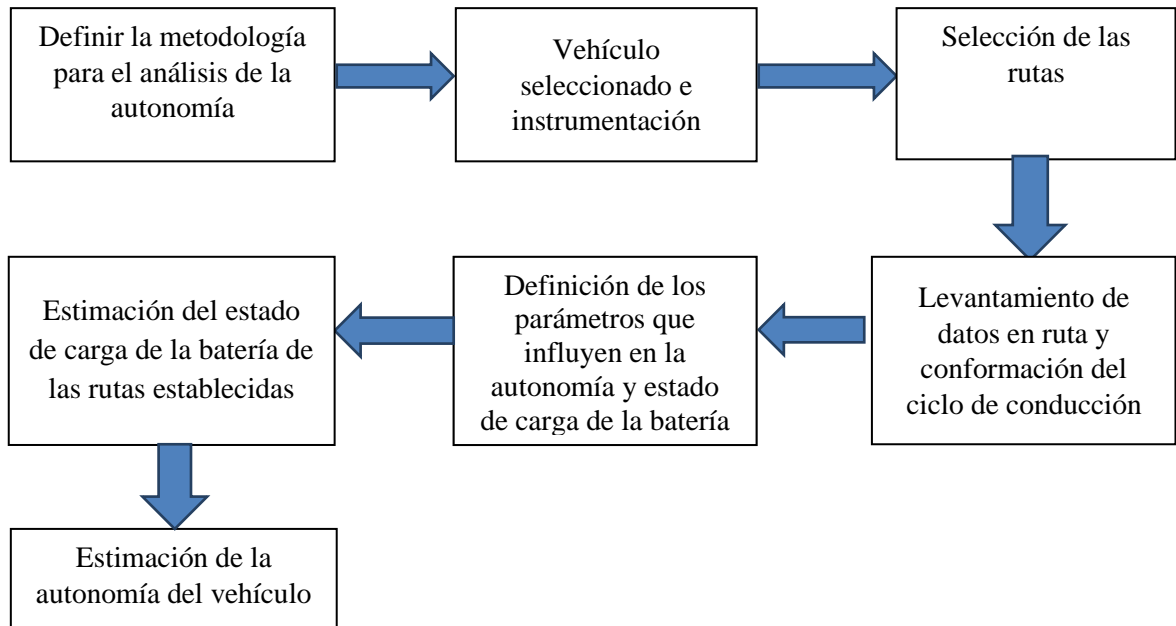


**Ilustración 3-3:** ELM327 WIFI

**Fuente:** (Quito y Sarango, 2021: pp. 106 - 130)

## 3.2. Definir la metodología para el análisis de la autonomía

Este apartado presenta todo el proceso que vamos a realizar para obtener la autonomía del vehículo eléctrico los pasos a realizar serán: utilizar el método de máximos y mínimas diferencias ponderadas, proponer un procedimiento de selección de rutas que pasan por diferentes zonas de la ciudad de Ambato, con el fin de desarrollar una guía para diferentes estudios de vehículos eléctricos utilizados en ciudades con las mismas características, definir los ciclos de conducción con los datos obtenidos, medición de consumo de energía del vehículo y un análisis comparativo entre la autonomía real y la autonomía teórica.



**Ilustración 3-4:** Esquema a seguir del análisis de la autonomía del vehículo eléctrico.

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

### 3.3. Vehículo seleccionado e instrumentación

#### 3.3.1. SUV eléctrico DFSK Glory E3

El automóvil seleccionado para el estudio fue el DFSK Glory E3, el cual es un vehículo eléctrico, el diseño del DFSK Glory E3 hereda el estilo de diseño distintivo del DFSK. El frente del Glory E3 está envuelto con una parrilla cromada con tres líneas horizontales. El estilo de diseño que conecta los faros y la parrilla cromada es una característica de la tercera fila de otros modelos SUV DFSK. El robusto diseño trasero, llanta deportiva de 18 pulgadas, muestra cada vez más que es el modelo SUV actual.



**Ilustración 3-5:** DFSK Glory E3

Fuente: (DFSK Motor Co., Ltd., 2020)

DFSK aún considera que el rendimiento de DFSK Glory E3 es confiable en una variedad de condiciones. DFSK Glory E3 tiene 163 CV de potencia y 300 Nm de par, que puede acelerar de 0 a 50 km en 3,9 segundos. Además, hay tres modos de conducción que se pueden seleccionar según las necesidades de Normal/Eco/Sport, Se presenta en la tabla 3-1, la información técnica del manual de usuario del vehículo DFSK Glory E3.

**Tabla 3-1:** Ficha técnica del vehículo eléctrico.

|  | <b>Características</b>  | <b>Parámetros</b>                    |
|--|-------------------------|--------------------------------------|
| <b><i>DFSK de coche eléctrico E3</i></b> | Marca                   | DFSK                                 |
|  | Nómina de pasajeros     | 5 asientos                           |
|  | Distancia entre ejes    | 2655 mm                              |
|  | Dimensiones exteriores  | 4385*1850*1650 mm                    |
| <b><i>Motor</i></b>                      | Motor                   | Motor síncrono de imanes permanentes |
|  | Potencia del motor      | 1500 W                               |
|  | Pico de potencia        | 120 kW                               |
|  | Par máximo              | 300 Nm                               |
| <b><i>Batería</i></b>                    | Energía nominal         | 53.61 kwh                            |
|  | Proveedor de la batería | Poder de Sokón                       |
|  | Tiempo de carga         | Carga rápida: 0.5h (20%-80%)         |
|  |                         | Carga lenta: 8hs (6.6kw)             |
| Kilometraje                              | 405 km                  |                                      |
| <b><i>Capacidad</i></b>                  | Velocidad máxima        | 155 km/h                             |
|  | Distancia al suelo      | 180 mm                               |

**Fuente:** (Calozuma y Toscano, 2023)

**Realizado por:** Calozuma R; Toscano, A. 2023.

### 3.3.2. Instrumentación

#### 3.3.2.1. Implementación del VBOX Sport



**Ilustración 3-6:** Instalación del dispositivo VBOX Sport

**Realizado por:** Calozuma R; Toscano, A. 2023.



### 3.3.2.2. *Implementación del ELM OBDII*



**Ilustración 3-7:** Instalación del dispositivo ELM OBDII

**Realizado por:** Calozuma R; Toscano, A. 2023.

## 3.4. Selección de rutas.

A continuación, se describe la metodología para determinar las rutas en el cual tenemos 2 aspectos a tomar en cuenta, luego se lleva a cabo la toma de datos, su posterior análisis, interpretación y validación de la autonomía del carro eléctrico en la ciudad de Ambato.

### 3.4.1. *Aspectos que intervienen en consumo de autonomía del VE*

Los vehículos eléctricos están sujetos a diversas variables que intervienen en su consumo de autonomía, tales como: Modo de conducción, porcentaje de pendiente (pendiente) y congestión vehicular.

#### 3.4.1.1. *Modo de conducción*

Los modos de conducción se relacionan con el comportamiento de cada conductor al volante. Esto significa que el conductor puede volverse demasiado agresivo o, por el contrario, demasiado pasivo al conducir. Si el conductor acelera en exceso, el consumo de energía de la batería de alto voltaje será alto, pero si el conductor tiende a frenar repetidamente con un estilo de conducción pasivo, el consumo de energía será menor y la batería se agotará menos. Esto la convierte en una variable que afecta directamente a la autonomía de los vehículos eléctricos.

#### *3.4.1.2. Variable por porcentaje de inclinación o pendiente*

Cuando el vehículo alcanza una inclinación positiva o negativa, parte de su peso gravita en sentido de la marcha, creando una fuerza de arrastre que se opone a la fuerza de avance. La resistencia a la pendiente depende del tipo de camino y la masa.

Esta variable porcentual de pendiente, es por tanto otra variable que influye en la autonomía de los vehículos eléctricos, como lo es el consumo energético del vehículo y el manejo del conductor, por lo que existen conductores que tienden a una aceleración muy brusca, en consecuencia de esto el motor necesita mayor abastecimiento de energía del packs de baterías, a diferencia que un conductor tenga un estilo de manejo constante, es decir acelere y desacelere repetidas veces al subir una pendiente pronunciada.

#### *3.4.1.3. Congestión vehicular*

En los vehículos eléctricos el consumo de corriente eléctrica, dentro de la congestión vehicular se va a generar, pero se lo hará en menor proporción comparado con los vehículos de combustión.

#### **3.4.2. Aspectos relevantes para la selección de rutas.**

Los aspectos para tener en cuenta a la hora de elegir rutas son:

- Carreteras más largas
- Pendiente (máxima/mínima)
- Límites de velocidad permitidos (autopistas)
- Tipo de calzada
- Condiciones climáticas
- Ubicación geográfica

#### **3.5. Levantamientos de datos en las rutas y conformación del ciclo de conducción.**

En los datos entregados por el GPS VBOX, se obtuvo las variables de velocidad, altitud y tiempo, lo demás fue calculado a través de fórmulas que nos detallan todo lo necesario para obtener el ciclo de conducción.

### 3.5.1. Protocolo de pruebas

Para la realización de la prueba de autonomía se estableció un ciclo combinado (urbano – rural), y otro ciclo únicamente urbano, para trabajar en las rutas establecidas. La prueba se realiza con la capacidad máxima de carga establecida por el fabricante del auto eléctrico, con los instrumentos necesarios que se dieron a conocer antes y con una carga adicional de 210 kg (peso aproximado de 3 pasajeros).

El procedimiento realizado es el siguiente:

- Las condiciones ambientales se verifican antes de realizar la prueba.
- Se comprueba el estado físico del vehículo en términos de funcionalidad del sistema y presión de los neumáticos.
- Se verifica el estado de la batería y se registra el porcentaje de carga inicial para continuar con la recopilación de datos en la ruta.
- Se pesan todos los ocupantes y vehículos.
- Una vez obtenidos los datos en ruta se procede con la metodología establecida para el análisis de la autonomía del vehículo eléctrico.
- Se realiza la formulación de datos del vehículo en ruta.
- Se obtiene la dinámica del automóvil calculando los siguientes parámetros (coeficiente de rodadura, fuerza aerodinámica, resistencia a la rodadura, resistencia a la pendiente, resistencia a la inercia, fuerza en rueda, torque en rueda, potencia en rueda, energía en rueda, energía [+] y energía [-]).
- Se procede a obtener y analizar la autonomía de cada ciclo típico del vehículo eléctrico.
- Se relacionan los torques obtenidos por el vehículo eléctrico y vehículo de combustión lo cual nos indica los puntos de mayor exigencia de cada una de las rutas típicas.
- Con el análisis realizado se determina la capacidad y exigencia que tiene este vehículo eléctrico con relación a uno de combustión interna.

### 3.5.2. Parámetros de las rutas

**Tabla 3-2:** Datos obtenidos por el VBOX GPS

| <i>Parámetros del vehículo eléctrico</i> | <b>Parámetros</b>             |      | <b>Unidad</b> |
|--|-------------------------------|------|---------------|
|  | Masa(M)                       | 1975 | [Kg]          |
|  | Coefficiente de arrastre (Cd) | 0,35 | [-]           |
|  | Coefficiente de rodadura(fr)  | 0,01 | [-]           |

|                                |  |          |                      |
|--------------------------------|--|----------|----------------------|
|                                | Área frontal (Af)                      | 2,0856   | [m <sup>2</sup> ]    |
|                                | Radio dinámico(rd)                     | 0,345303 | [m]                  |
|                                | Coficiente básico (fo)                 | 0,01     | [-]                  |
|                                | Coficiente de efecto de velocidad (fs) | 0,005    | [-]                  |
| <b>Parámetros ambientales</b>  | Gravedad                               | 9,81     | [m/s <sup>2</sup> ]  |
|                                | Densidad del aire                      | 0,875    | [Kg/m <sup>3</sup> ] |
| <b>Parámetros de operación</b> | Tiempo                                 | -        | [s]                  |
|                                | Altitud                                | -        | [msnm]               |
|                                | Velocidad                              | -        | [m/s]                |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

### 3.5.3. Conformación del ciclo de conducción

Para la construcción del ciclo de conducción se empleó el método directo y de mínimas diferencias ponderadas, el cual consiste en la obtención de un perfil de velocidades en función del tiempo, el cual está basado en las condiciones reales de circulación de la ruta establecida.

Para esto será necesario utilizar el archivo generado por el VBOX GPS Sport y ELM OBD II, el cual ha sido procesado previamente. Se utiliza la herramienta de Excel, la cual mediante graficas permite las variaciones de velocidad en cada segundo, altitud, distancia, pendiente y aceleración de acuerdo con lo registrado por los instrumentos de medición.

Una vez obtenidos todos los valores de los ciclos de conducción realizados con los 2 instrumentos de medición, se desarrolla una metodología para la selección de un ciclo que representa a todos los ciclos de conducción obtenidos, metodología que se utiliza en el trabajo presente y las variables más influyentes se denominan parámetros de resumen, para el desarrollo del ciclo de conducción del vehículo eléctrico DFSK GLORY E3 se han escogido factores influyentes en otros trabajos de investigación, dichos factores son: velocidad promedio, velocidad máxima, tiempo total de recorrido, tiempo con aceleración positiva, distancia recorrida, número de paradas, aceleración máxima, resistencia a la rodadura, resistencia a la pendiente, resistencia a la inercia y resistencia aerodinámica.

La mínima diferencia de promedios ponderados sirve para dar una valoración a los viajes teniendo en cuenta los factores de ponderación, Promedios de los porcentajes de energía demanda en rueda y la energía aerodinámica, en rueda, de pendiente y de inercia para poder seleccionar el que tenga el mínimo consumo energético.

### 3.6. Estimación del estado de carga de la batería de las rutas establecidas

Para obtención del estado de carga de la batería calculamos un promedio se sacaron datos manualmente tomando en cuenta con cuanto de carga esta la batería al iniciar la ruta y luego después de terminar la ruta verificamos cuanto de energía de consumió al culminar la ruta, a continuación, se procede a tomar en cuenta la distancia total de autonomía por la variación del SOC y dividiendo la distancia recorrida por el vehículo en la ruta.

### 3.7. Definición de los parámetros que influyen en la autonomía y estado de carga de la batería

Comprender y gestionar estos parámetros es esencial para maximizar la utilidad de los vehículos eléctricos y este es el enfoque central del estudio. En este apartado, exploraremos en detalle los diferentes factores que afectan la autonomía y el estado de carga de la batería de los vehículos eléctricos, con el objetivo de proporcionar una visión más completa de los parámetros que intervienen en la autonomía del EV para informar a los propietarios y usuarios de este vehículo.

#### 3.7.1. Distancia

La distancia es la medida del espacio o separación entre dos puntos u objetos. Se utiliza para cuantificar la extensión física entre dos ubicaciones y se puede medir en diferentes unidades según el sistema de medida utilizado, y su fórmula está detallada en la ecuación [1] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$d = Vel * (t2 - t1) + 0.5 * a * (t2 - t1)^2 \quad [1]$$

Dónde:

Vel= Velocidad del vehículo [m/s]

t= Tiempo del vehículo [s]

a= Aceleración del vehículo [m/ s<sup>2</sup>].

#### 3.7.2. Pendiente

La pendiente es una medida que describe la inclinación de una línea o una superficie. Se calcula comparando el cambio vertical con el cambio horizontal entre dos puntos. La pendiente puede ser

positiva, negativa o cero y se utiliza en varios campos para describir inclinaciones y cambios en variables, y su fórmula está detallada en la ecuación [2] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$Pendiente (P) = SI \ d \left| h_2 - h_1 \right|; \frac{Aseno(h_2-h_1)}{d}; 0 \quad [2]$$

Dónde:

d= Distancia [m]

h= Altitud [s]

### 3.7.3. *Aceleración*

La aceleración es la medida de la tasa de cambio de la velocidad de un objeto en función del tiempo. Se calcula dividiendo el cambio en la velocidad entre el tiempo transcurrido. La aceleración puede ser positiva o negativa y se expresa en unidades de longitud divididas por unidades de tiempo al cuadrado, y su fórmula está detallada en la ecuación [3] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$Aceleración (a) = \frac{Vel1-Vel2}{t2-t1} \quad [3]$$

Dónde:

Vel1 = Velocidad inicial [m/s]

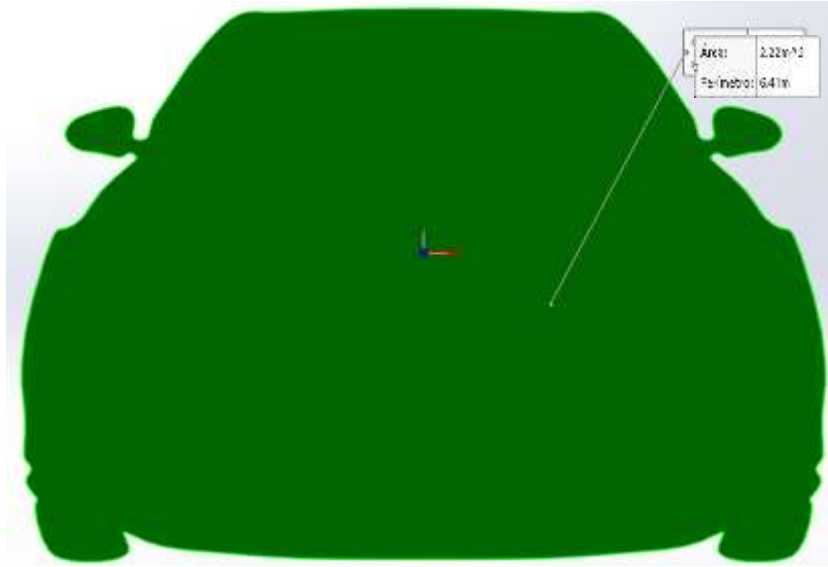
Vel2 = Velocidad final [m/s]

t2= Tiempo final [s]

t1=Tiempo inicial [s]

### 3.7.4. *Obtención del Área del vehículo*

Mediante un software CAD se determinó el área frontal del vehículo DFSK Glory E3. El cual con la ayuda de una imagen o foto que nos indique la parte frontal del vehículo se la importamos al software y se procede a enmarcar la imagen y en el croquis nos muestra el plano de la parte frontal, con lo cual se procede a ejecutar el comando calcular, seguido de la operación medir y nos indica el valor del área frontal como se muestra en la Ilustración 20.



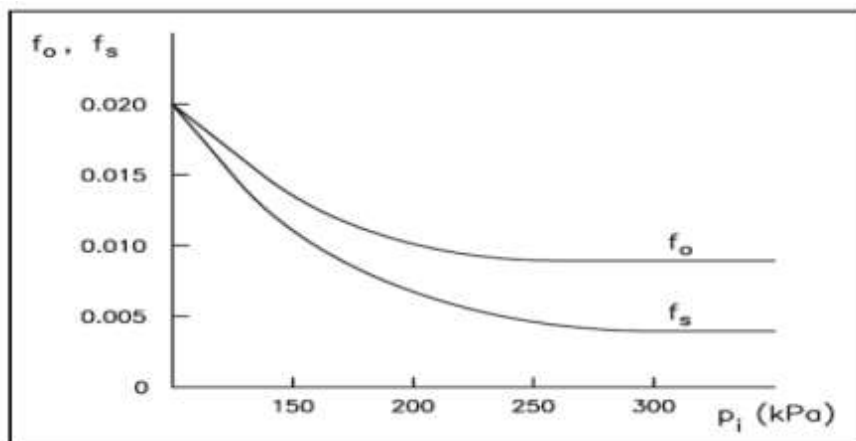
**Ilustración 3-8:** Cálculo del área frontal SOLID WORKS

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

### 3.7.5. *Coefficiente de rodadura*

El coeficiente de rodadura es una medida que describe la fricción entre los neumáticos y la superficie de la carretera. Representa la relación entre la fuerza de fricción y la carga vertical ejercida sobre los neumáticos. Un coeficiente de rodadura alto indica un mejor agarre y control, mientras que un coeficiente de rodadura bajo indica una menor fricción y agarre, su fórmula está detallada en la ecuación [4] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

El  $f_o$  y el  $f_s$  se obtuvo de la ilustración 3-9.



**Ilustración 3-9:** Variación de los coeficientes  $f_o$  y  $f_s$  en función de la presión de inflado de los neumáticos.

Fuente: (JAUMANDREU, Marc Font, 2014)

$$\text{Coeficiente de rodadura } (C_{.roda}) = (fo) + 3,24 * (fs) \left(\frac{Vel}{100}\right)^{2,5} \quad [4]$$

Dónde:

$fo$  = Coeficiente básico [-]

$fs$  = Coeficiente efecto de velocidad [-]

Vel= Velocidad [m/s].

### 3.7.6. Fuerza aerodinámica

La fuerza aerodinámica es la fuerza ejercida por el aire u otro fluido en movimiento sobre un objeto en movimiento. Se compone de la resistencia al movimiento (arrastre) y la fuerza que levanta o sustenta el objeto (sustentación). La fuerza aerodinámica es un factor importante en el diseño y la eficiencia de vehículos y aeronaves, su fórmula está detallada en la ecuación [5] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$\text{Fuerza Aerodinámica } (Fd) = \frac{1}{2} * \delta_{aire} * Cd * Af * Vel^2 \quad [5]$$

Donde:

$\delta_{aire}$  = Densidad del aire [Kg/m<sup>3</sup>]

$Cd$  = Coeficiente de arrastre [-]

$Af$  = Área frontal del vehículo [m<sup>2</sup>]

Vel= Velocidad del vehículo [m/s].

### 3.7.7. Resistencia de rodadura

La resistencia de rodadura es la fuerza que se opone al movimiento de un objeto cuando este se desplaza sobre una superficie. Se origina debido a la deformación de los neumáticos y la fricción entre los neumáticos y la superficie de la carretera. Es un factor importante en la eficiencia y el consumo de energía de los vehículos, y su fórmula está detallada en la ecuación [6] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$\text{Resistencia de rodadura } (Rx) = C_{.roda} * M * G * \cos(P_{end}) \quad [6]$$

Donde:

$C_{.roda}$ = Coeficiente de rodadura [N]

M= Masa del vehículo [Kg]



G= Gravedad [m/s<sup>2</sup>]

$P_{end}$  = Pendiente [rad].

### 3.7.8. Resistencia de pendiente

La resistencia de pendiente es la fuerza que se opone al movimiento de un objeto al desplazarse por una pendiente o superficie inclinada. Se debe a la fuerza gravitacional y se calcula como el producto del peso del objeto y el seno del ángulo de inclinación de la pendiente. La resistencia de pendiente afecta el rendimiento y la energía requerida para superar las pendientes, y su fórmula está detallada en la ecuación [7] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$\text{Resistencia de pendiente } (Rg) = M * G * \sin(P_{pendiente}) \quad [7]$$

#### Dónde:

M= Masa del vehículo [Kg]

G= Gravedad [m/s<sup>2</sup>]

$P_{end}$ = Pendiente [rad].

### 3.7.9. Resistencia de inercia

La resistencia de inercia es la fuerza que se opone al cambio en la velocidad de un objeto en movimiento. Se debe a la inercia del objeto y actúa en sentido opuesto al movimiento actual. La resistencia de inercia depende de la masa del objeto y de la rapidez con la que se intenta cambiar su velocidad y su fórmula está detallada en la ecuación [8] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$\text{Resistencia de inercia } (Ri) = M * a \quad [8]$$

#### Dónde:

M= Masa del vehículo [Kg]

a= Aceleración [m/s<sup>2</sup>].

### 3.7.10. Fuerza en rueda

La fuerza en la rueda se refiere a las diferentes fuerzas que actúan en una rueda de un vehículo o un objeto con ruedas. Estas fuerzas incluyen la fuerza de tracción para impulsar el movimiento, la fuerza de frenado para reducir la velocidad y la fuerza de resistencia de rodadura que se opone al movimiento, y su fórmula está detallada en la ecuación [9] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$\text{Fuerza en rueda } (Fx) = F_{aero} + R_{roda} + R_{pend} + R_{iner} \quad [9]$$

Dónde:

$F_{aero}$  = Fuerza aerodinámica [N]

$R_{roda}$  = Resistencia de rodadura [N]

$R_{pend}$  = Resistencia de pendiente [N]

$R_{iner}$  = Resistencia de inercia [N].

### 3.7.11. Torque en rueda

El torque en la rueda se refiere al momento de fuerza o momento torsor aplicado a una rueda en un vehículo. Es esencial para la generación de movimiento y la transmisión de la potencia del motor a las ruedas. El torque en la rueda influye en la fuerza de tracción y el rendimiento general del vehículo, y su fórmula está detallada en la ecuación [10] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$\text{Torque en rueda } (Tx) = R_{dinamico} * F_{rueda} \quad [10]$$

Dónde:

$R_{dinamico}$  = Radio dinámico de la rueda [m]

$F_{rueda}$  = Fuerza en rueda [N].

### 3.7.12. Potencia en rueda

La potencia en la rueda es la cantidad de trabajo realizado por una rueda en un vehículo u objeto con ruedas. Está determinada por el torque aplicado a la rueda y la velocidad de rotación de esta. La potencia en la rueda es una medida importante para evaluar el rendimiento de un vehículo, especialmente en términos de aceleración y capacidad para superar obstáculos, y su fórmula está detallada en la ecuación [11] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$\text{Potencia en rueda } (Px) = \frac{F_{rueda} * Vel}{1000} \quad [11]$$

Dónde:

$F_{rueda}$  = Fuerza en rueda [N]

Vel = Velocidad [m/s].

### 3.7.13. *Energía en rueda*

La energía en la rueda se refiere a la cantidad de energía almacenada o transferida en una rueda en movimiento. Puede ser de dos tipos principales: energía cinética asociada con el movimiento rotacional de la rueda y energía potencial almacenada debido a la posición de la rueda en relación con otros objetos o fuerzas. La energía en la rueda está influenciada por la velocidad de rotación, el torque aplicado y otros factores del sistema de transmisión, y su fórmula está detallada en la ecuación [12] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$\text{Energía en rueda (Ex)} = \frac{P_{\cdot\text{rueda}}*(t_2-t_1)}{3600} \quad [12]$$

Dónde:

$P_{\cdot\text{rueda}}$  = Potencia en rueda [kW]

t= Tiempo [s].

### 3.7.14. *Energía positiva total (+)*

La energía positiva se refiere a la energía asociada con un sistema que se encuentra en un estado superior o más elevado en comparación a cero. Puede manifestarse en forma de energía potencial, energía cinética o energía total, y su fórmula está detallada en la ecuación [13] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$\text{Energía (Rx +)} = SI E_{\text{rueda}} > 0; \quad [13]$$

Dónde:

$E_{\text{rueda}}$  = Energía en rueda [kWh]

### 3.7.15. *Energía negativa total (-)*

La energía positiva se refiere a la energía asociada con un sistema que se encuentra en un estado menor o menos elevado en comparación a cero. Puede manifestarse en forma de energía potencial, energía cinética o energía total, y su fórmula está detallada en la ecuación [14] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$\text{Energía (Ex -)} = SI E_{\text{rueda}} < 0; E_{\text{rueda}}; 0 \quad [14]$$

Dónde:

$E_{rueda}$  = Energía en rueda [kWh]

### 3.7.16. Promedios de los porcentajes de energía demanda en rueda

Los porcentajes de promedios se obtienen de la suma de cada una de las energías requeridas en rueda divididas para los viajes realizados en dicha ruta, y su fórmula está detallada en las ecuaciones [15], [16], [17] y [18] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

#### 3.7.16.1. Promedio de energía $Fd$

$$E. Fd [\%] = (\sum_{E.Fd 1}^{E. Fd n}) / n \quad [15]$$

Dónde:

$E. Fd$  (viaje 1) = Energía de fuerza aerodinámica del viaje inicial

$E. Fd$  (viaje  $n$ ) = Energía de fuerza aerodinámica del viaje final

#### 3.7.16.2. Promedio de energía $Rx$

$$E_{Rx} [\%] = \sum_{E.Rx 1}^{E. Rx n} / n \quad [16]$$

Dónde:

$E_{Rx}$  (viaje 1) = Energía de la resistencia de rodadura del viaje inicial

$E. Rx$  (viaje  $n$ ) = Energía de la resistencia de rodadura del viaje final

#### 3.7.16.3. Promedio de energía $Rg$

$$E_{Rg} [\%] = \sum_{energía Rg 1}^{energía Rg n} / n \quad [17]$$

Dónde:

$E. Rg$  (viaje 1) = Energía de la resistencia a pendiente del viaje inicial

$E. Rg$  (viaje  $n$ ) = Energía de la resistencia a pendiente del viaje final

#### 3.7.16.4. Promedio de energía $Ri$

$$E. Ri [\%] = \sum_{E.Ri 1}^{E. Ri n} / n \quad [18]$$

Dónde:

$E. Ri$  (viaje 1) = Energía de la resistencia de inercia del viaje inicial

$E. Ri$  (viaje n) = Energía de la resistencia de inercia del viaje final

### 3.7.17. Factores de ponderación

Los factores de ponderación se obtienen del promedio de porcentaje de energía dividido para 100, y su fórmula está detallada en las ecuaciones [19], [20], [21] y [22] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70-80).

#### 3.7.17.1. Factor de Ponderación Energía Fd

$$FP E_{Fd} = E. Fd [\%] / 100 \quad [19]$$

Donde:

$E. Fd$  [%] = Porcentaje de energía fuerza aerodinámica

#### 3.7.17.2. Factor de Ponderación Energía Rx

$$FP E_{Rx} = E_{Rx} [\%] / 100 \quad [20]$$

Donde:

$E_{Rx}$  [%] = Porcentaje de energía resistencia a la rodadura

FP=

#### 3.7.17.3. Factor de Ponderación Energía Rg

$$FP E. Rg = E. Rg [\%] / 100 \quad [21]$$

Dónde:

$E. Rg$  [%] = Porcentaje de energía resistencia a la pendiente

#### 3.7.17.4. Factor de Ponderación Energía Ri

$$FP E. Ri = E. Ri [\%] / 100 \quad [22]$$

Dónde:

$E. Ri [\%] = \text{Porcentaje de energía resistencia de inercia}$

### 3.7.18. Máximos y mínimas diferencias ponderadas

El cálculo del ciclo ideal de cada una de las rutas se establece teniendo en cuenta los factores de ponderación, los porcentajes de los promedios de las energías y las energías estipuladas para el análisis del ciclo, y su fórmula está detallada en la ecuación [23] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$D. \text{ponderadas} = |E. Fd - E. Fd [\%]| * FP E. Fd + |E. Rx - E. Rx [\%]| * FP E. Rx + |E. Rg - E. Rg [\%]| * FP E. Rg + |E. Ri - E. Ri [\%]| * FP E. Ri \quad [23]$$

Dónde:

$E. Fd$  = Energía aerodinámica

$E. Fd [\%]$  = Promedio de energía de la fuerza aerodinámica

$FP E. Fd$  = Factor de ponderación de la energía aerodinámica

$E. Rx$  = Energía de resistencia de rodadura

$E. Rx [\%]$  = Promedio de energía de la resistencia de rodadura

$FP E. Rx$  = Factor de ponderación de la resistencia de rodadura

$E. Rg$  = Energía de resistencia a la pendiente

$E. Rg [\%]$  = Promedio de energía de la resistencia a la pendiente

$FP E. Rg$  = Factor de ponderación de la resistencia a la pendiente

$E. Ri$  = Energía de resistencia de inercia

$E. Ri [\%]$  = Promedio de energía de la resistencia de inercia

$FP E. Ri$  = Factor de ponderación de la resistencia de inercia

### 3.7.19. Freno regenerativo

Es un sistema que permite reducir la velocidad del vehículo transformando parte de su energía cinética en energía eléctrica, siendo almacenada esta energía en las baterías para su uso posterior. El freno regenerativo se utiliza en diferentes aplicaciones tales como: trenes eléctricos que alimentan su fuente de energía, en los vehículos eléctricos, la energía se almacena en los packs de baterías.

La regeneración de energía se realiza desacelerando el vehículo. Este sistema aprovecha la energía térmica producida por el rozamiento en el momento del frenado, mediante un sistema convierte

la energía eléctrica a través de un generador, para la y posterior reutilización en diferentes sistemas eléctricos del VE y su fórmula está detallada en la ecuación [24] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$E_{\text{regenerativa del ciclo}} = |\text{Energía (-)}| * E_{\text{bateria}} * E_{\text{inversor}} * E_{\text{motor electrico}} * E_{\text{transmision}} \quad [24]$$

Dónde:

Energía (-) = Energía negativa

E. batería = Eficiencia de la batería

E. inversor = Eficiencia del inversor

E. motor eléctrico = Eficiencia del motor eléctrico

E. transmisión = Eficiencia de transmisión

### 3.7.20. Autonomía del vehículo

Para el cálculo de la autonomía pues tenemos que tomar en cuenta la suma del kilometraje alcanzado y kilometraje energía regenerativa que se almaceno en la ruta, y su fórmula está detallada en la ecuación [25] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$A = km \text{ alcanzado} + km \text{ regenerativo} \quad [25]$$

Dónde:

km alcanzado = kilometraje alcanzado

km regenerativo = kilometraje regenerativo

#### 3.7.20.1. Kilometraje alcanzado

El kilometraje alcanzado nos indica la multiplicación entre la energía nominal que nos indica el fabricante y la eficiencia del batería dividido para el rendimiento, y su fórmula está detallada en la ecuación [26] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$\text{kilometraje alcanzado} = \frac{(E_{\text{nominal}} * E_{\text{bateria}})}{R} \quad [26]$$

Dónde:

E. nominal = Energía nominal

E. batería = Eficiencia de la batería

R = Rendimiento

### 3.7.20.2. *Kilometraje regenerativo*

El kilometraje regenerativo se da por la división de la energía regenerativa del ciclo y el rendimiento, y su fórmula está detallada en la ecuación [27] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$\text{kilometraje regenerativo} = \frac{E_{\text{regenerativa del ciclo}}}{R} \quad [27]$$

Dónde:

R = Rendimiento

E. regenerativo del ciclo = Energía regenerativa del ciclo

### 3.7.21. *Estado de carga de la batería (SOC)*

Es un valor con porcentaje de referencia de la carga de la batería que nos indica el estado en que se encuentra nuestro vehículo, y su fórmula está detallada en la ecuación [28] (Cordero y Astudillo, 2016: pp. 70- 80).

$$\%SOC = \% \text{ inicial de carga} - \text{Prom SOC} \quad [28]$$

Dónde:

*% inicial de carga* = Valor del estado de carga que nos indica el vehículo antes de empezar el viaje

$\Delta\% \text{ Descarga}$  = % carga al iniciar el viaje - % carga al finalizar el viaje

Prom SOC = suma de todos los  $\Delta\% \text{ Descarga}$  / número de viajes



## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este capítulo se detalla los resultados del estudio realizado, en la ciudad de Ambato, donde se definieron tres rutas urbanas, en las cuales se obtuvieron los ciclos reales de conducción de cada una, para determinar la autonomía del automóvil en cada ciclo típico de conducción.

#### 4.1. Análisis de las rutas establecidas

El presente estudio se realizó en la ciudad de Ambato, se consideraron las variables de altura, pendiente y concurrencia de la misma. Al encontrarse esta ciudad a 2577 msnm se considera una ciudad de altura del país, dentro de la misma se hizo un análisis para establecer tres rutas representativas tomando en cuenta las calles con mayor flujo vehicular y las horas pico en las mismas, puesto que son propiedades esenciales para el estudio a realizar.

Mediante la latitud y longitud que se obtuvo del GPS VBOX, se logró extraer las imágenes de Google Earth mostradas en las tablas 4-1, 4-2 y 4-3 de cada una de las rutas establecidas.

##### 4.1.1. Ruta 1

La ruta 1 se realizó en la zona urbana de la ciudad puesto que según Google Maps es una ruta con alto flujo vehicular en los horarios de 06h00 – 08h00, 12h00 – 15h00, 17h00-19h00, además cumplía con la geografía representativa en la que un ciudadano promedio recorre en la ciudad de Ambato, su trayecto fue por: Ficoa – Huachi chico – Mercado mayorista – Av. Bolivariana. En esta ruta se realizaron 9 viajes, en los cual se obtuvo el ciclo de conducción ideal para la misma.

**Tabla 4-1:** Ruta1; trayecto Ficoa – Huachi Chico – Mercado mayorista – Av. Bolivariana

| Ruta 1 (urbano) |              |                      |                    |       |                 |                              |
|-----------------|--------------|----------------------|--------------------|-------|-----------------|------------------------------|
| Recorrido       |              | Tiempo minutos       |                    |       | Distancia<br>km | Velocidad<br>permisible km/h |
| Ficoa           | Huachi chico | Mercado<br>mayorista | Av.<br>Bolivariana | 41.37 | 19.577          | 60                           |



Fuente: (Google Earth, 2022)

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

#### 4.1.2. Ruta 2

Ruta 2 empezó en la ciudad de Ambato por el sector de Automekano y terminó en CIAUTO. En esta ruta se realizaron 4 viajes, en los cual se obtuvo el ciclo de conducción ideal para la misma.

**Tabla 4-2:** Ruta 2; trayecto Automekano – CIAUTO.

| Ruta 2 (urbano - rural) |        |                |              |                           |
|-------------------------|--------|----------------|--------------|---------------------------|
| Recorrido               |        | Tiempo minutos | Distancia km | Velocidad permisible km/h |
| Automekano              | CIAUTO | 43.81          | 25.05        | 90                        |

Fuente: (Google Earth, 2022)


Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

### 4.1.3. Ruta 3

Ruta 3 se realizó en la parte urbana de la ciudad iniciando el ciclo en Automekano continuando por Yahaira, Huachi Chico y retornando por las mismas calles. En esta ruta se realizaron 6 viajes, en los cual se obtuvo el ciclo de conducción ideal para la misma.

**Tabla 4-3:** Ruta 3; trayecto Automekano – Yahaira - Huachi Chico

| Ruta 3 (urbano) |         |                |       |              |                           |
|-----------------|---------|----------------|-------|--------------|---------------------------|
| Recorrido       |         | Tiempo minutos |       | Distancia km | Velocidad permisible km/h |
| Automekano      | Yahaira | Huachi Chico   | 40.30 | 13.39        | 60                        |



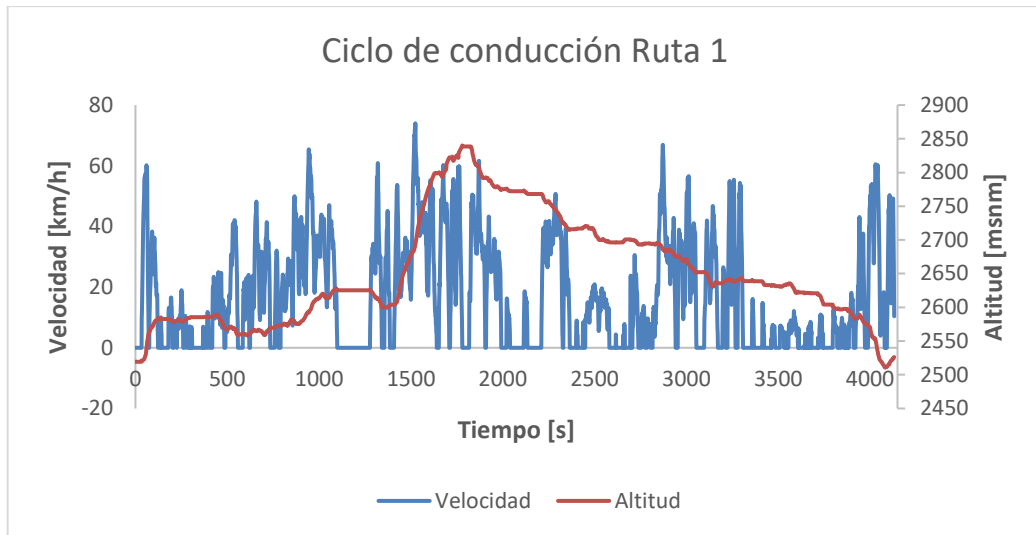
Fuente: (Google Earth, 2022)

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

## 4.2. Ciclo de conducción de las rutas establecidas

### 4.2.1. Obtención del ciclo de conducción ruta 1.

El ciclo de conducción ideal obtenido en la ruta 1 está reflejado en la ilustración 4-1 en la cual se indica las condiciones y características particulares de la conducción en la ruta establecida, estas condiciones incluyen la velocidad/tiempo y altitud.

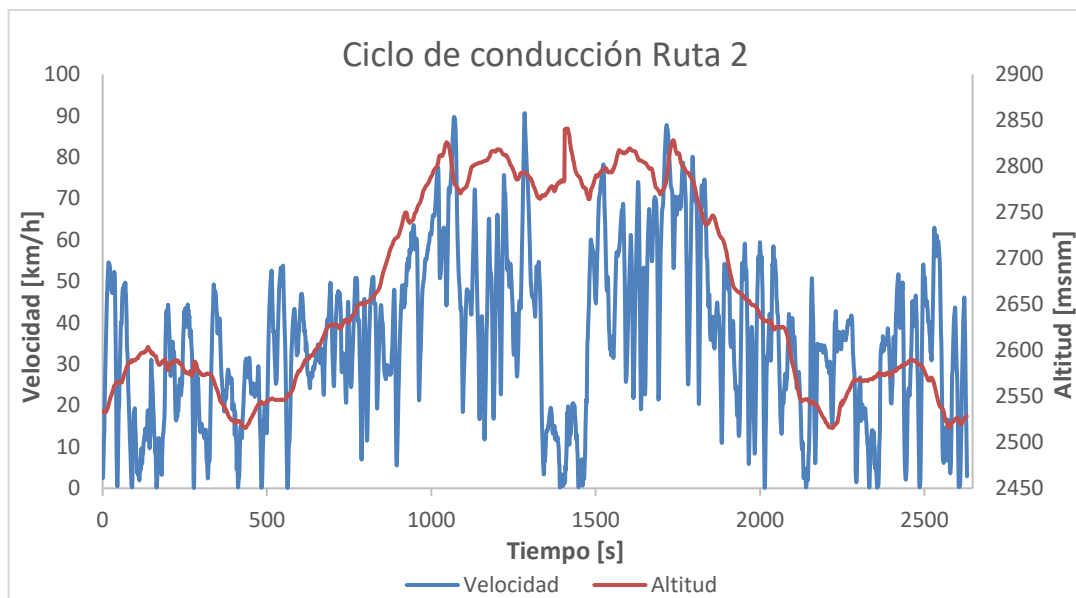


**Ilustración 4-1:** Ciclo de conducción ideal de la ruta 1

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

#### 4.2.2. Obtención del ciclo de conducción ruta 2

El ciclo de conducción ideal obtenido en la ruta 2 está reflejado en la ilustración 4-2 en la cual se indica las condiciones y características particulares de la conducción en la ruta establecida, estas condiciones incluyen la velocidad/tiempo, altitud entre otros.

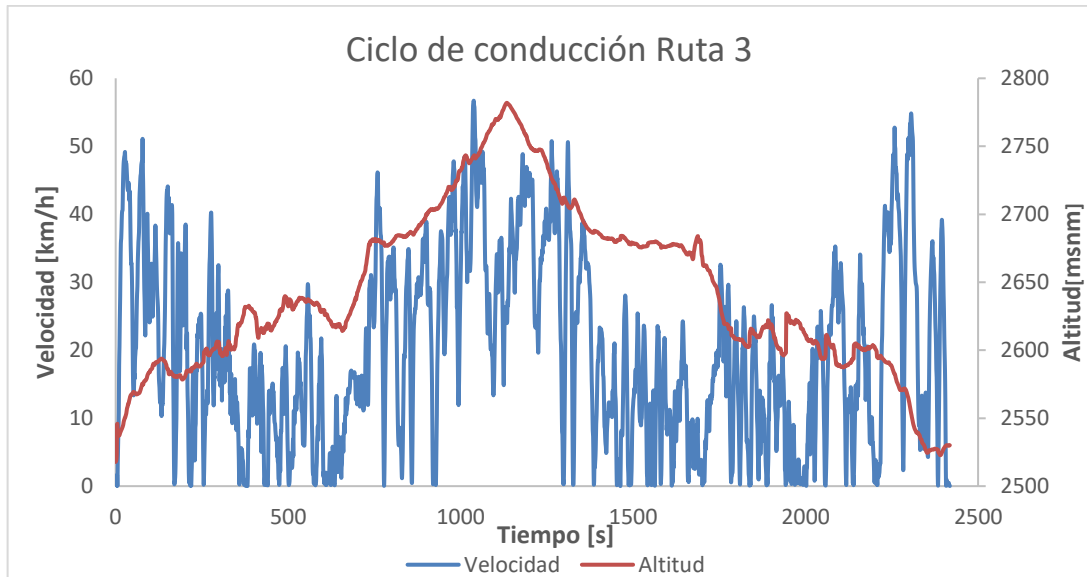


**Ilustración 4-2:** Ciclo de conducción ideal de la ruta 2

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

### 4.2.3. Obtención del ciclo de conducción ruta 3.

El ciclo de conducción ideal obtenido en la ruta 3 está reflejado en la ilustración 4-3 en la cual se indica las condiciones y características particulares de la conducción en la ruta establecida, estas condiciones incluyen la velocidad/tiempo, altitud entre otros.



**Ilustración 4-3:** Ciclo de conducción ideal de la ruta 3

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

### 4.3. Variables que intervienen en el VE mediante los ciclos de conducción para determinar la repercusión en su autonomía

Las variables mencionadas en la tabla 4-1, tabla 4-2 y tabla 4-3 son las encargadas en influir en la autonomía de los vehículos eléctricos, estas variables nos ayudan a identificar los valores donde más podemos mejorar al momento de conducir o diseñar un automóvil eléctrico puesto que la fuerza aerodinámica cumple un papel importante en este momento, así mismo la fuerza de rodadura, fuerza a la pendiente interviene de manera esencial en un estudio como el nuestro, puesto que es una ciudad con geografía muy quebrada y existen pendientes pronunciadas dentro de las rutas establecidas, para finalizar se puede mencionar que la fuerza de inercia también nos influye a la autonomía del vehículo y la energía que cada una de estas fuerzas nos consume.

#### 4.3.1. Resultados obtenidos en cada ruta

Son parámetros que se estipulan después de haber estudiado las variables de la dinámica vehicular, la tabla 4-4 se muestra los valores que se utilizaran para la obtención de la autonomía del vehículo eléctrico.

**Tabla 4-4:** Resultado en rueda de las rutas ideales

| Parámetros               | Ruta 1  | Ruta 2  | Ruta 3  | Unidad              |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------------------|
| Distancia total          | 19,58   | 25,05   | 13,39   | [km]                |
| Velocidad. máx.          | 59,37   | 90,64   | 56,71   | [km/h]              |
| Velocidad. promedio      | 28,39   | 36,00   | 19,93   | [km/h]              |
| Aceleración. máx.        | 2,51    | 3,61    | 3,54    | [m/s <sup>2</sup> ] |
| Aceleración. min.        | -3,14   | -3,52   | -4,31   | [m/s <sup>2</sup> ] |
| Tiempo total             | 2482    | 2629,00 | 2418,00 | [s]                 |
| Potencia máx.            | 64,29   | 99,01   | 80,92   | [kW]                |
| Torque máx.              | 6066,17 | 6408,72 | 6816,22 | [Nm]                |
| Energía positiva total   | 4,58    | 7,63    | 3,89    | [kWh]               |
| Energía negativa total   | -3,10   | -5,54   | -3,13   | [kWh]               |
| % Regeneración           | -68,48  | -73,50  | -80,79  | [%]                 |
| EV Rendimiento           | 0,24    | 0,31    | 0,29    | [kWh/km]            |
| % EV Detenido            | 0       | 0       | 0       | [%]                 |
| % EV Velocidad constante | 0,28    | 0,27    | 0,41    | [%]                 |
| % EV Aceleración         | 51,87   | 51,03   | 49,61   | [%]                 |
| % EV Desaceleración      | 47,85   | 48,71   | 49,98   | [%]                 |
| TOTAL:                   | 100     | 100     | 100     | [%]                 |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

#### 4.3.2. Análisis de la demanda de energía en rueda en la ruta 1

Una vez realizada la ruta se obtuvo una serie de datos del VBOX y del ELM327 para lo cual se aplicó las ecuaciones [15], [16], [17] y [18] detalladas anteriormente, donde se obtuvo los resultados de la tabla 4-6, se muestra que son los porcentajes de los promedios de energía demandada en rueda de la ruta 1.

**Tabla 4-5:** Promedios de porcentajes de energía demandada en rueda ruta 1

| Promedios de los porcentajes de energía demanda en rueda |                |                |                | Sumatoria de promedios |
|--|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| Energía Fd [%]   | Energía Rx [%] | Energía Rg [%] | Energía Ri [%] | [%]                    |
| 2,83   | 10,27          | 47,18          | 39,72          | 100                    |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

Una vez que se obtuvo los promedios de los porcentajes de las energías, se puede observar que las energías más relevantes son: resistencia a la pendiente es donde existe más consumo demandada en rueda con un valor de 47,18%, la misma se debe a la geografía de la ciudad y su variación en su altitud, así mismo influirá en el tema de regeneración, y resistencia de inercia con un valor de 39,72% que influirá por el peso del vehículo y el esfuerzo que tiene que hacer el mismo para poder partir estando detenido.

A continuación, se detalla los factores de ponderación mismos que son obtenidos de los promedios de los porcentajes de energía demandada en rueda, pero en base 1, detallados en las ecuaciones [19], [20], [21] y [22], mencionadas anteriormente, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 4-6.

**Tabla 4-6:** Factores de ponderación ruta 1

| <b>Factores de ponderación</b> |                   |                   |                   |                  |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| <b>Energía Fd</b>              | <b>Energía Rx</b> | <b>Energía Rg</b> | <b>Energía Ri</b> | <b>sumatoria</b> |
| 0,03                           | 0,10              | 0,47              | 0,39              | 1                |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

Una vez obtenido los porcentajes de promedio de energía que requiere la rueda en la ruta 1 y los factores de ponderación de la misma se procede a evaluar las máximas y mínimas diferencias ponderadas utilizando la ecuación [23], mencionadas anteriormente y se obtuvo los resultados mostrados en la tabla 4-7 y de esta manera obteniendo el ciclo ideal que en este caso es el viaje 5 puesto que es el que menor consumo energético tiene.

**Tabla 4-7:** Obtención del ciclo ideal de conducción en la ruta 1

| <b>ANÁLISIS DE LOS CICLOS</b> |                   |                   |                   |                   |                      |                  |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| <b>Número de viajes</b>       | <b>Energía Fd</b> | <b>Energía Rx</b> | <b>Energía Rg</b> | <b>Energía Ri</b> | <b>Energía Total</b> | <b>Sumatoria</b> |
| <b>[-]</b>                    | <b>[%]</b>        | <b>[%]</b>        | <b>[%]</b>        | <b>[%]</b>        | <b>[%]</b>           | <b>[-]</b>       |
| 1                             | 2,94              | 10,66             | 45,65             | 40,75             | 100                  | 1,17             |
| 2                             | 2,95              | 10,95             | 43,72             | 42,38             | 100                  | 2,76             |
| 3                             | 2,93              | 10,87             | 51,11             | 35,09             | 100                  | 3,76             |
| 4                             | 2,86              | 11,14             | 49,42             | 36,57             | 100                  | 2,40             |
| 5                             | 3,17              | 10,46             | 46,21             | 40,16             | 100                  | 0,66             |
| 6                             | 3,21              | 10,91             | 44,60             | 41,27             | 100                  | 1,91             |
| 7                             | 2,77              | 10,32             | 45,37             | 41,54             | 100                  | 1,58             |
| 8                             | 2,18              | 8,86              | 59,17             | 29,78             | 100                  | 9,77             |
| 9                             | 2,43              | 8,28              | 39,35             | 49,94             | 100                  | 7,97             |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

#### 4.3.3. *Análisis de la demanda de energía en rueda en la ruta 2*

Una vez realizada la ruta se obtuvo una serie de datos del VBOX y del ELM327 para lo cual se aplicó las ecuaciones [15], [16], [17] y [18] detalladas anteriormente, donde se obtuvo los resultados de la tabla 4-8, que son los porcentajes de los promedios de energía demandada en rueda de la ruta 2.

**Tabla 4-8:** Promedios de porcentajes de energía demandada en rueda ruta 2

| Promedios de los porcentajes de energía demanda en rueda |                |                |                | Sumatoria de promedios |
|--|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| Energía Fd [%]   | Energía Rx [%] | Energía Rg [%] | Energía Ri [%] | [%]                    |
| 3,99   | 8,95           | 44,21          | 42,85          | 100                    |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

Una vez que se obtuvo los promedios de los porcentajes de las energías, se puede observar que las energías más relevantes son: resistencia a la pendiente es donde existe más consumo demandada en rueda con un valor de 44,21%, la misma se debe a la geografía de la ciudad y su variación en su altitud, así mismo influirá en el tema de regeneración, y resistencia de inercia con un valor de 42,85% que influirá por el peso del vehículo y el esfuerzo que tiene que hacer el mismo para poder partir estando detenido.

A continuación, se detalla los factores de ponderación mismos que son obtenidos de los promedios de los porcentajes de energía demandada en rueda, pero en base 1, detallados en las ecuaciones [19], [20], [21] y [22], mencionadas anteriormente, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 4-9.

**Tabla 4-9:** Factores de ponderación ruta 2

| Factores de ponderación |            |            |            |           |
|-------------------------|------------|------------|------------|-----------|
| Energía Fd              | Energía Rx | Energía Rg | Energía Ri | sumatoria |
| 0,04                    | 0,09       | 0,44       | 0,43       | 1         |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

Una vez obtenido los porcentajes de promedio de energía que requiere la rueda en la ruta 2 y los factores de ponderación de la misma se procede a evaluar las máximas y mínimas diferencias ponderadas utilizando la ecuación [23], mencionadas anteriormente y se obtuvo los resultados mostrados en la tabla 4-10 y de esta manera obteniendo el ciclo ideal que en este caso es el viaje 3 puesto que es el que menor consumo energético tiene.

**Tabla 4-10:** Obtención del ciclo ideal de conducción en la ruta 2

|                               |
|-------------------------------|
| <i>ANÁLISIS DE LOS CICLOS</i> |
|-------------------------------|



| <i>Número de viajes</i> | <i>Energía Fd</i> | <i>Energía Rx</i> | <i>Energía Rg</i> | <i>Energía Ri</i> | <i>Energía Total</i> | <i>Sumatoria</i> |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| <i>[-]</i>              | <i>[%]</i>        | <i>[%]</i>        | <i>[%]</i>        | <i>[%]</i>        | <i>[%]</i>           | <i>[-]</i>       |
| 1                       | 4,00              | 9,48              | 44,79             | 41,74             | 100                  | 0,78             |
| 2                       | 3,81              | 9,54              | 50,24             | 36,41             | 100                  | 5,49             |
| 3                       | 3,95              | 8,88              | 44,24             | 42,93             | 100                  | 0,05             |
| 4                       | 4,19              | 7,91              | 37,56             | 50,34             | 100                  | 6,25             |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

#### 4.3.4. *Análisis de la demanda de energía en rueda en la ruta 3*

Una vez realizada la ruta se obtuvo una serie de datos del VBOX y del ELM327 para lo cual se aplicó las ecuaciones [15], [16], [17] y [18] detalladas anteriormente, donde se obtuvo los resultados de la tabla 4-11, que son los porcentajes de los promedios de energía demandada en rueda de la ruta 3.

**Tabla 4-11:** Promedios de porcentajes de energía demandada en rueda ruta 3

| <b>Promedios de los porcentajes de energía demanda en rueda</b> |                       |                       |                       | <b>Sumatoria de promedios</b> |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| <b>Energía Fd [%]</b>   | <b>Energía Rx [%]</b> | <b>Energía Rg [%]</b> | <b>Energía Ri [%]</b> | <b>[%]</b>                    |
| 1,61  | 7,96                  | 57,24                 | 33,19                 | 100                           |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

Una vez que se obtuvo los promedios de los porcentajes de las energías, se puede observar que las energías más relevantes son: resistencia a la pendiente es donde existe más consumo demandada en rueda con un valor de 57,24%, la misma se debe a la geografía de la ciudad y su variación en su altitud, así mismo influirá en el tema de regeneración, y resistencia de inercia con un valor de 33,19% que influirá por el peso del vehículo y el esfuerzo que tiene que hacer el mismo para poder partir estando detenido.

A continuación, se detalla los factores de ponderación mismos que son obtenidos de los promedios de los porcentajes de energía demandada en rueda, pero en base 1, detallados en las ecuaciones [19], [20], [21] y [22], mencionadas anteriormente, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 4-12.

**Tabla 4-12:** Factores de ponderación ruta 3

| <b>Factores de ponderación</b> |                   |                   |                   |                  |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| <b>Energía Fd</b>              | <b>Energía Rx</b> | <b>Energía Rg</b> | <b>Energía Ri</b> | <b>Sumatoria</b> |
| 0,02                           | 0,08              | 0,57              | 0,33              | 1                |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

Una vez obtenido los porcentajes de promedio de energía que requiere la rueda en la ruta 3 y los factores de ponderación de la misma se procede a evaluar las máximas y mínimas diferencias ponderadas utilizando la ecuación [23], mencionadas anteriormente y se obtuvo los resultados mostrados en la tabla 4-13 y de esta manera obteniendo el ciclo ideal que en este caso es el viaje 5 puesto que es el que menor consumo energético tiene.

**Tabla 4-13:** Obtención del ciclo ideal de conducción en la ruta 3

| <b>ANÁLISIS DE LOS CICLOS</b> |                   |                   |                   |                   |                      |                  |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| <i>Número de viajes</i>       | <i>Energía Fd</i> | <i>Energía Rx</i> | <i>Energía Rg</i> | <i>Energía Ri</i> | <i>Energía Total</i> | <i>Sumatoria</i> |
| <b>[-]</b>                    | <b>[%]</b>        | <b>[%]</b>        | <b>[%]</b>        | <b>[%]</b>        | <b>[%]</b>           | <b>[-]</b>       |
| 1                             | 1,40              | 7,47              | 60,32             | 30,82             | 100                  | 2,59             |
| 2                             | 1,94              | 9,97              | 50,45             | 37,63             | 100                  | 5,52             |
| 3                             | 1,96              | 8,77              | 53,33             | 35,94             | 100                  | 3,22             |
| 4                             | 1,56              | 6,58              | 61,25             | 30,60             | 100                  | 3,26             |
| <b>5</b>                      | <b>1,43</b>       | <b>7,60</b>       | <b>55,94</b>      | <b>35,04</b>      | <b>100</b>           | <b>1,39</b>      |
| 6                             | 1,39              | 7,37              | 62,15             | 29,09             | 100                  | 4,22             |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

#### 4.4. Análisis de autonomía para las rutas establecidas.

##### 4.4.1. Obtención de eficiencias

Para el cálculo de la autonomía se deben tener en cuenta las eficiencias del inversor, del motor eléctrico, de la transmisión y de la batería ya que estos datos fueron obtenidos de (Trashorras, 2019, pp. 14-60).

**Tabla 4-14:** Eficiencias

| <b>EFICIENCIAS</b>            |    |     |
|-------------------------------|----|-----|
| Eficiencia de batería         | 95 | [%] |
| Eficiencia de inversor        | 94 | [%] |
| Eficiencia de motor eléctrico | 97 | [%] |
| Eficiencia de transmisión     | 98 | [%] |

Fuente: (Trashorras, 2019)

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

##### 4.4.2. Cálculo de la autonomía del vehículo eléctrico tipo SUV

Para la autonomía regenerativa del ciclo

El cálculo de la autonomía se detalla en la ecuación [25] y se debe tener cuenta varios aspectos importantes como lo son: kilometraje alcanzado, kilometraje regenerativo.

Kilometraje alcanzado se obtiene de ecuación [26] para esto se utiliza los datos obtenidos de la tabla 3-1 y 4-4

Kilometraje regenerativo se obtiene de la ecuación [27] para esto se utilizan los datos obtenidos en la tabla 4-15 y 4-4

**Tabla 4-15:** Calculo de autonomía

| <b>Cálculo de autonomía</b>               |               |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Parámetros</b>                         | <b>Ruta 1</b> | <b>Ruta 2</b> | <b>Ruta 3</b> | <b>Unidad</b> |
| Energía negativa total                    | -3,10         | -5,54         | -3,13         | [kWh]         |
| Rendimiento                               | 24            | 31            | 29            | [kWh/100km]   |
| Energía nominal                           | 53,61         | 53,61         | 53,61         | [kWh]         |
| Energía regenerativa del ciclo            | 2,63          | 4,70          | 2,66          | [kWh]         |
| Kilometraje alcanzado                     | 214,94        | 165,11        | 174,34        | [km]          |
| Kilometraje regenerativo                  | 11,10         | 15,24         | 9,10          | [km]          |
| <b>Kilometraje total o autonomía</b>      | <b>226,05</b> | <b>180,35</b> | <b>183,44</b> | <b>[km]</b>   |
| <b>Promedio de autonomía de las rutas</b> | <b>197</b>    |               |               | <b>[km]</b>   |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

#### 4.5. Determinación del estado de carga de la batería (SOC) mediante las rutas establecidas

##### 4.5.1. Promedio del SOC

Las rutas establecidas tienen diferentes características las cuales representan la movilidad más frecuente de los ambateños en la ciudad, estas rutas tienen una distancia de 19, 20 y 14 km para la ruta 1, 2 y 3, respectivamente. Para la cual se obtuvo un promedio de SOC para la cada una de las rutas teniendo en cuenta varios aspectos que son el aire acondicionado prendido, el modo de conducción y las pendientes.

**Tabla 4-16:** Promedio del SOC ruta 1

| <b>Número de viajes</b> | <b>% SOC Inicial</b> | <b>% SOC Final</b> | <b>Δ % Descarga</b> |
|-------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| 1                       | 76                   | 70                 | 6                   |
| 2                       | 60                   | 53                 | 7                   |
| 3                       | 43                   | 36                 | 7                   |
| 4                       | 36                   | 29                 | 7                   |
| 5                       | 94                   | 88                 | 6                   |
| 6                       | 88                   | 82                 | 6                   |
| 7                       | 82                   | 75                 | 7                   |
| 8                       | 36                   | 30                 | 6                   |
| 9                       | 93                   | 86                 | 7                   |
| <b>Promedio del SOC</b> |                      |                    | <b>6,56</b>         |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

**Tabla 4-17:** Promedio del SOC ruta 2

| Número de viajes | % SOC Inicial | % SOC Final | $\Delta$ % Descarga |
|------------------|---------------|-------------|---------------------|
| 1                | 70            | 60          | 10                  |
| 2                | 53            | 40          | 13                  |
| 3                | 66            | 57          | 9                   |
| 4                | 99            | 85          | 14                  |
| Promedio del SOC |               |             | 11,5                |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

**Tabla 4-18:** Promedio del SOC ruta 3

| Número de viajes | % SOC Inicial | % SOC Final | $\Delta$ % Descarga |
|------------------|---------------|-------------|---------------------|
| 1                | 75            | 70          | 5                   |
| 2                | 70            | 66          | 4                   |
| 3                | 57            | 52          | 5                   |
| 4                | 52            | 48          | 4                   |
| 5                | 48            | 42          | 6                   |
| 6                | 42            | 36          | 6                   |
| Promedio del SOC |               |             | 5                   |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

#### 4.5.2. Cálculo del estado de carga de la batería (SOC) de las rutas

Para la obtención del cálculo del SOC de la batería se considera los promedios del SOC en cada ruta como lo muestra la tabla 4-17, tabla 4-18 y tabla 4-19, la distancia de las rutas y por ultimo las distancias de las autonomías calculadas en la tabla 4-16, estos parámetros nos indica el porcentaje de energía eléctrica que se ha utilizado en cada ruta.

**Tabla 4-19:** Promedio del SOC de las rutas establecidas

| Parámetros                | Ruta 1 | Ruta 2 | Ruta 3 | Unidad |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Variación del SOC en ruta | 6,56   | 11,5   | 5      | [%]    |
| Distancia de las rutas    | 19,58  | 25,05  | 13,39  | [km]   |
| % SOC                     | 93,44  | 88,5   | 95     | [%]    |

Realizado por: Calozuma R; Toscano, A. 2023.

#### 4.6. Comparación entre la autonomía calculada y la autonomía indicada por el fabricante

Después de haber obtenido los cálculos de autonomía en cada ruta típica se obtuvo un promedio de autonomía de las 3 rutas dándonos un resultado de 197 km de autonomía en la ciudad de Ambato y la autonomía dada por el fabricante fue de 405 km, en la tabla 4-21 se muestran los mismos resultados.

**Tabla 4-20:** Comparativa de autonomías

| <b>Comparación entre la autonomía calculada y la autonomía indicada por el fabricante</b> |   |   |               |
|---|---|---|---------------|
| <b>Parámetro</b>  | <b>Calculada en la ciudad de<br/>Ambato</b> | <b>Indicada por el fabricante<br/>del automóvil</b> | <b>Unidad</b> |
| Autonomía   | 197   | 405   | km            |

**Realizado por:** Calozuma R; Toscano, A. 2023.

Los resultados obtenidos revelaron discrepancias significativas entre la autonomía calculada y la autonomía indicada por el fabricante. En general, se observó que la autonomía calculada era inferior a la autonomía indicada por el fabricante. Esto puede atribuirse a diversos factores, como la influencia de las condiciones climáticas, la variabilidad del estilo de conducción, carga adicional en el vehículo y geografía de la ciudad.

Además, se recalca que la autonomía indicada por el fabricante fue determinada con el ciclo NEDC mismo que ya está discontinuado y no muestra las exigencias normales que actualmente tiene un vehículo en uso diario, además que este ciclo es a una altura constante puesto que no tiene ninguna resistencia a la pendiente, lo que significa menos esfuerzo para el automóvil y a por ende va a recorrer más kilómetros de distancia con una sola carga.

Los resultados presentados en este apartado se basan en los datos recopilados durante el periodo de estudio y las condiciones específicas analizadas. Sin embargo, es importante considerar que los resultados pueden variar dependiendo del modelo del vehículo, el estilo de conducción y la ruta establecida.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Mediante fuentes bibliográficas se analizó especializadas para la realización del marco teórico que permitió comprender la aplicación de metodologías de ciclos de conducción efectiva y experimental, los cuales se utilizó para la determinación de la autonomía de un vehículo eléctrico.
- Logrando definir las variables que influyen en el rendimiento del vehículo eléctrico mediante una detallada identificación y definición de los factores clave que impactan en estos vehículos como lo son: la dinámica vehicular, factores ambientales y factores de operación útiles para ejecutar las pruebas experimentales.
- Google Earth fue una herramienta para indagar e identificar rutas con mayor tráfico vehicular y grandes cambios de elevación en diferentes momentos del día para simular la movilidad vehicular en áreas urbanas. Por lo tanto, utilizando esta información, se crearon 3 rutas para el ciclo de conducción típico.
- Teniendo en cuenta el ciclo habitual de conducción en la metodología de mínimas diferencias ponderadas, se determinó que las rutas adecuadas para analizar en términos de recorrido del vehículo eléctrico son: la ruta 1 del quinto viaje, con una mínima diferencia de 0,66; la ruta 2 del tercer viaje, con una mínima diferencia de 0,05; y la ruta 3 del quinto viaje, con una mínima diferencia de 1,39.
- Se determinó que la autonomía real del vehículo eléctrico es de 226,05 km en la ruta 1, 180,35 km en la ruta 2 y 183,44 km en la ruta 3. Estos cálculos se basan en una batería de 53,61 kWh. Es importante destacar que la ruta 2 tiene una menor distancia en su autonomía, debido a la resistencia a la pendiente de 44,24% y por ende presenta un mayor consumo de energía.
- Concluyendo que el estado de carga 0 % SOC del automóvil una vez terminado el recorrido de la ruta 1 fue de 93,44%, de la ruta 2 fue de 88,5 %, de la ruta 3 fue de 95 %, es decir este porcentaje es el que nos sobra en el automóvil para seguir circulando.

- El promedio de la autonomía calculada en los ciclos reales de las tres rutas es de 197 km, mientras que el fabricante indica una autonomía de 405 km en ciclos NEDC. Estos resultados revelan discrepancias significativas entre ambas mediciones, lo que subraya la importancia de considerar condiciones de conducción realistas al evaluar la autonomía de los vehículos eléctricos.

## **5.2. Recomendaciones**

- Realizar un análisis con mínimo 30 viajes y así poder determinar un ciclo de conducción con mejores características y ver su repercusión en la autonomía.
- Lograr disminuir el error del análisis de autonomía si las pruebas experimentales se realizan con el vehículo en condiciones estándar, sin emplear ningún sistema que intervenga en el consumo de autonomía y conservando un modo de conducción estable.
- En posteriores análisis de determinación autónoma, es aconsejable acortar los tiempos de muestreo para un análisis más preciso ya que, a más tiempo transcurrido el error puede aumentar, dando datos incorrectos para el análisis autónomo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **AGUILAR, Ricardo.** *Xataka* [blog]. [Consulta: 20 de septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.xataka.com/movilidad/baterias-litio-azufre-gran-esperanza-para-coches-electricos-estamos-cerca-hacerlas-realidad>
2. **ALBUJA BOHÓRQUEZ, Emilio., & PUENGUENÁN DE LA CRUZ, Andrés.** Análisis de la autonomía de un vehículo eléctrico, bajo ciclos de conducción efectiva en ciudad, carretera y combinado en el distrito metropolitano de quito [en línea] (trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador. 2022. pp. 12-25. [consultado el 20 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/5411/1/UIDE-Q-TMA-2022-1.pdf>
3. **BUENO JUELA, Claudio Marcelo., & QUIZHPE SINCHIRE, Juan Christian.** Determinación de la autonomía real del vehículo eléctrico en la ciudad de Cuenca mediante análisis experimental [en línea] (trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2017. pp. 12-25. [consultado el 6 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14729/1/UPS-CT007234.pdf>
4. **CAMUENDO, Fabián., & PASTAZ, Manuel.** Análisis de ciclo de vida de vehículos urbanos eléctricos y propuesta de reutilización de baterías de alto voltaje [en línea] (trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica Del Norte, Ibarra, Ecuador. 202. Pp. 60-102. [Accessed 26 April 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11727/2/04%20MAUT%20155%20TRA%20BAJO%20GRADO.pdf>
5. **CORDERO MORENO, Daniel; & ASTUDILLO BRAVO, Rómulo.** Obtención de ciclos de conducción para la flota de buses urbanos del cantón Cuenca: [en línea]. (trabajo de titulación). (Magíster) Universidad Del Azuay, Cuenca, Ecuador. (2016). pp 70 – 80. [consultado el 12 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6145/1/12407.pdf>
6. **DSFK Motor.** Manual del DFSK Glory E3 [en línea] (artículo). [consultado el 21 de mayo de 2023]. Disponible en: [https://www.evmotors.eu/images/manuals/SERES3\\_EN.pdf](https://www.evmotors.eu/images/manuals/SERES3_EN.pdf)



7. **DUQUE SARMIENTO, Diego Andrés., & ROCANO YUNGA, Jaime Andrés.** Determinación de la autonomía del vehículo eléctrico mediante ciclos controlados [en línea] (trabajo de titulación).(Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2018. pp. 3-15. [consultado el 5 de enero de 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15067/1/UPS-CT007435.pdf>
8. **EMIRO DIEZ, Andrés., & RODRIGUEZ, Melisa & BOHORQUEZ, Armando.** Estudios sobre el desempeño de vehículos eléctricos dependiendo de la arquitectura de su sistema de tracción [En línea] (artículo científico). [Ingeniería] Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia. 2015. pp. 7-15. [Consulta: 2023-05-9]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/278666924\\_Estudios\\_sobre\\_el\\_desempeno\\_de\\_Vehiculos\\_Electricos\\_Dependiendo\\_de\\_La\\_Arquitectura\\_de\\_su\\_Sistema\\_de\\_Traccion](https://www.researchgate.net/publication/278666924_Estudios_sobre_el_desempeno_de_Vehiculos_Electricos_Dependiendo_de_La_Arquitectura_de_su_Sistema_de_Traccion)
9. **FERNÁNDEZ, Sergio.** *El consumo real de los coches es hasta un 51% más del que anuncian, según la OCU* [blog]. [Consulta: 1 junio 2023]. Disponible en:<https://forococheselectricos.com/2015/06/el-consumo-real-de-los-coches-es-hasta-un-51-mas-del-que-anuncian-segun-la-ocu.html>
10. **FOLEY, Bethany; & DEGIRMENCI, Kenan; & YIGITCANLAR, Tan.** “Journals”. Factors Affecting Electric Vehicle Uptake: Insights from a Descriptive Analysis in Australia [en línea], 2020, (Australia) volumen (4), pp. 2-5. [consultado el 15 de mayo de 2023]. ISSN 2413-8851. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2413-8851/4/4/57>
11. **GALÁN CENALMOR, Rodrigo.** Análisis de vehículos industriales híbridos y eléctricos [en línea] (trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Valladolid, España, Valladolid. 2019. pp. 71-105. [consultado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/232122981.pdf>
12. **Galán, Rodrigo.** ANÁLISIS DE VEHÍCULOS INDUSTRIALES HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS [en línea] (trabajo de titulación).(Ingeniería) Universidad de Valladolid, Valladolid, España. 2019. [consultado el 10 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/232122981.pdf>
13. **INSIDE EVS**, 2020. World Energy Trade. Online. 17 September 2020. [Accessed 26 April 2023]. Retrieved from: <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/general/como-se-calcula-la-autonomia-de-un-coche-electrico>

14. **JAUMANDREU, Marc Font.** Estudio de la relación del conjunto neumático-llanta de un automóvil, con el consumo energético y la seguridad vial [en línea] (trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica De Catalunya, Catalunya, España. 2014. pp. 100-120. [consulta: 2 de mayo 2023]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24328/ANEXOS.pdf>
15. **JIMÉNEZ HIDALGO, Bryan Damián., & ROSERO LUCERO, Edison German.** Diseño e implementación de un poste de recarga de baterías para un prototipo de vehículo híbrido en la escuela de ingeniería automotriz [en línea] (trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, Riobamba. 2019. pp. 20-51. [consultado el 10 de junio de 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/13575/1/65T00335.pdf>
16. **PACHECO RODRÍGUEZ, Cristian.** Análisis de Autonomía de Vehículos Eléctricos en Función del Ciclo de Conducción [en línea] (trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador. 2022. pp. 29-46. [consultado el 15 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/5155/1/T-UIDE-0436.pdf>
17. **PAILLACHO PROAÑO, Erick Javier., & TEQUIS IBUJES, Alberto Xavier.** Análisis de la autonomía de la batería de un vehículo urbano eléctrico [en línea] (trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 2022. pp. 15-25. [consultado el 7 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12249/2/04%20MAUT%20175%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
18. **QUITO VARAS, Fabian Andrés., & SARANGO CASANOVA, Pedro David.** Diseño e implementación de un prototipo iot de adquisición de datos de OBD-II con monitoreo web server para análisis de detección de falla [en línea] (trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. 2021. pp. 106-130. [consultado el 2 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20772/1/UPS-GT003345.pdf>
19. **ROS MARIN, Joan Antoni; & BARRERA DOBLADO, Oscar.** *Vehículos eléctricos e híbridos*. Google Books [en línea]. 2017 [consultado el 10 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=3LwrDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=veh%C3%ADculos+el%C3%A9ctricos+sistema&ots=oB9A3DeMkK&sig=g0efyLibo>

usObVWCCd01RLy0EDM#v=onepage&q=veh%C3%ADculos%20el%C3%A9ctricos%20sistema&f=false

20. **ROSAS ZURITA, Javier Andrés., & TRUJILLO MALDONADO, Álvaro Daniel.** Análisis de autonomía de batería y ciclos de conducción en un vehículo eléctrico urbano, en ciudades de altura [en línea] (trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 2022. pp. 10-30. [consultado el 7 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12431/2/04%20MAUT%20182%20TRA%20BAJO%20DE%20GRADO.pdf>
21. **SOLANO TOLEDO., Walter Adrián & CABRERA GUERRERO, Carlos Santiago.** Determinación de la autonomía del vehículo eléctrico Kia Soul en rutas preestablecidas en la ciudad de Machala, a través de métodos experimentales [en línea] (trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2018. pp. 23-30. [consultado el 2 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16539/1/UPS-CT008035.pdf>
22. **TRASHORRAS MONTECELOS, Jesus.** *Vehículos eléctricos*. Google Books [en línea]. 2019.[consultado el 10 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=FMqwDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=veh%C3%ADculos+el%C3%A9ctricos+sistema&ots=sI8GHLw7-R&sig=y5ChWpDFFBnm46XUQ6R1-ng4kUM#v=onepage&q=veh%C3%ADculos%20el%C3%A9ctricos%20sistema&f=false>
23. **TRUJILLO SANDOVAL, Danny; & GARCÍA TORRES, Edwin.** (2020). Respuesta de demanda de energía por introducción de vehículos eléctricos: estado del arte. *I+D Tecnológico*, 16(1), 5-11. <https://doi.org/10.33412/idt.v16.1.2433>
24. **ZHOU, S; et al.** “Visualizing interfacial collective reaction behaviour of Li-S batteries”. *Nature* [en línea], 2023, 621, pp 75-81. [consulta: 20 de septiembre 2023]. ISSN 1476-4687 Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06326-8>



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 22 / 01 / 2024

|   |  |
|---|--|
| <b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>  |  |
| <b>Nombres</b>  | <b>Apellidos:</b> Ricky Jhomar Calozuma Apolo<br>Anthony Daniel Toscano Cayo |
| <b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>  |  |
| <b>Facultad:</b> Ingeniería Mecánica  |  |
| <b>Carrera:</b> Ingeniería Automotriz   |  |
| <b>Título a optar:</b> Ingeniería Automotriz  |  |
| <br><b>Ing. Ángel José Quevedo Ríos</b><br>Director del Trabajo de Integración Curricular |  |
| <br><b>Ing. Fabián Celso Gunsha Maji</b><br>Asesor del Trabajo de Integración Curricular   |  |