



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TEMA:

**ANÁLISIS DE AUTONOMÍA DE BATERÍA Y CICLOS DE CONDUCCIÓN EN UN
VEHÍCULO ELÉCTRICO URBANO, EN CIUDADES DE ALTURA.**

AUTORES: JAVIER ANDRÉS ROSAS ZURITA

ALVARO DANIEL TRUJILLO MALDONADO

DIRECTOR: ZAMIR ANDRES MERA ROSERO, PHD.

IBARRA, ABRIL DE 2022

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “Análisis de autonomía de batería y ciclos de conducción en un vehículo eléctrico urbano, en ciudades de altura” presentado por el señor(es): Javier Andrés Rosas Zurita con número de cédula 0401541479 y Alvaro Daniel Trujillo Maldonado con número de cédula 1726805805, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 29 días del mes abril del 2022.

Atentamente

Zamir Andrés Mera Rosero, PhD.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040154147-9		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Rosas Zurita Javier Andrés		
DIRECCIÓN:	El Olivo - Ibarra		
EMAIL:	jarosasz@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062251772	TELÉFONO MÓVIL:	0985794632
DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	172680580-5		
APELLIDOS Y NOMBRES	Trujillo Maldonado Alvaro Daniel		
DIRECCIÓN:	El Olivo - Ibarra		
EMAIL:	adtrujillom@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2185217	TELÉFONO MÓVIL:	0963278604
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	ANÁLISIS DE AUTONOMÍA DE BATERÍA Y CICLOS DE CONDUCCIÓN EN UN VEHÍCULO ELÉCTRICO URBANO, EN CIUDADES DE ALTURA		
AUTOR (ES):	Rosas Zurita Javier Andrés Trujillo Maldonado Alvaro Daniel		
FECHA:	29 de abril del 2022		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ		
ASESOR/DIRECTOR:	Ing. Zamir Andrés Mera Rosero Ph.D.		

2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de abril de 2022

AUTOR (es)

A handwritten signature in blue ink that reads "ANDRÉS ROSAS". The signature is stylized with a horizontal line through the middle.

Firma

Rosas Zurita Javier Andrés

040154147-9

A handwritten signature in blue ink that reads "Trujillo". The signature is highly stylized and cursive.

Firma

Trujillo Maldonado Álvaro Daniel

172680580-5

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para cumplir uno de mis más grandes sueños. A mis padres por ser el pilar fundamental en esta etapa a lo largo de mi vida, por su ánimo, su cariño y sobre todo por todo el sacrificio que han hecho ellos por mí. Es un orgullo y privilegio ser su hijo, son los mejores padres. A mis hermanos por siempre acompañarme en todo, y brindarme siempre su apoyo moral incondicional, por último, a todas las personas que me han apoyado e incluso me han abierto las puertas compartiéndome su conocimiento.

Andrés Rosas

Quiero dedicar el presente trabajo de grado a personas muy especiales que a lo largo de mi vida y mi formación de profesional me han dado su ayuda y sin ellos no habría sido posible llegar a culminar mis estudios. A mi madre, por brindarme el soporte, cariño y siempre apoyarme en mis metas, a mi padre por compartirme sus anécdotas, conocimientos, enseñanzas brindándome sabiduría para mi vida, a mis abuelos, Cesar y Aida por guiar mi camino para ser una persona de bien y darme un apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida.

Daniel Trujillo

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por darme la salud en todo el transcurso de mi carrera universitaria, por permitirme y poder disfrutar de mi familia, agradezco a mi familia por todo el apoyo que me han dado, principalmente gracias a mis padres ustedes han sido el motor que impulsa mis sueños. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Hoy concluyo mis estudios, como una meta más conquistada, gracias a ellos por confiar y creer en mí. Por estar siempre apoyándome. Gracias por ser quienes son y creer siempre en mí.

A mis profesores, les debo todos los conocimientos que he adquirido, donde quieran que vaya los llevare conmigo en mi transitar profesional. La semilla de conocimientos germino en el alma y el espíritu. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e inigualable.

A mis amigos y compañeros de este proceso, hoy culmina una aventura y no puedo pasar por alto las horas de trabajo que nos juntamos a lo largo de toda nuestra formación. Hoy cerramos este capítulo en nuestra vida y no puedo dejar de agradecerles por el apoyo y constancia. Gracias por estar ahí siempre

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por abrirme las puertas para que pueda cumplir mi sueño, por brindarme una educación de calidad y formarme como un profesional culto y capaz de desenvolverme en cualquier campo de la industria automotriz.

Andrés Rosas

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a mis padres, por el apoyo brindado no solo a lo largo de mis años en formación profesional, en toda mi vida, por su comprensión, paciencia sus enseñanzas y por mostrarme día a día el camino para llegar ser una persona de bien, con su ejemplo de esfuerzo y dedicación.

También agradezco a mis abuelos por apoyarme en momentos difíciles a lo largo de mis estudios ya que sin su apoyo no habría logrado culminarlos para llegar a ser un buen profesional.

Quiero darles mi agradecimiento a todos los docentes, que me instruyeron y enseñaron en mi carrera universitaria, brindándome conocimientos todos los días para formarme como un excelente profesional, con la mención especial a los docentes a cargo del presente trabajo de grado, por todo su apoyo, consejos y soporte a lo largo de la realización de este.

A mis compañeros y amigos que hice a lo largo de mi formación en la Universidad, por su ayuda y amistad mostrada a lo largo de estos años.

Finalmente, a la Universidad Técnica del Norte por acogerme en sus aulas y darme todo el conocimiento que tengo, finalmente otorgándome el título de ingeniero.

Daniel Trujillo

ÍNDICE

RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPITULO I	20
1 ANTECEDENTES	20
1.1 Situación actual	22
1.2 Planteamiento del problema	23
1.3 Objetivos	24
1.3.1 Objetivo general	24
1.3.2 Objetivos específicos	24
1.4 Alcance	24
CAPITULO II	26
2 MARCO TEÓRICO	26
2.1 Movilidad urbana	26
2.2 Vehículos eléctricos.	26
2.2.1 Funcionamiento del vehículo eléctrico	27
2.2.2 Vehículos eléctricos de dos ruedas	28
2.3 Componentes del vehículo eléctrico	29
2.3.1 Inversor.	29
2.3.2 Controlador	29
2.3.3 Batería.	30
2.3.4 Parámetros de la batería	30
2.3.5 Capacidad de carga o amperaje	31
2.3.6 Potencia específica	31
2.3.7 Eficiencia energética	31
2.4 Tipos de baterías	31
2.5 Características de las baterías	33
2.6 Ciclos de conducción	34
2.6.1 Importancia de la creación de los ciclos de conducción	34
2.6.2 Ciclos de conducción en laboratorio	35
2.6.3 NEDC (ciclo europeo)	36
2.6.4 FTP (ciclo americano)	36
2.6.5 Ciclo de conducción para motos wmtc	37
2.7 Ciclo de conducción para vehículos eléctricos	39

2.8	Comparación de los parámetros de los ciclos de conducción	39
2.9	Dinámica longitudinal de un vehículo	40
2.9.1	Fuerza de propulsión	40
2.9.2	Resistencia a la rodadura	40
2.9.3	Resistencia aerodinámica	42
2.9.4	Fuerza de aceleración	42
2.9.5	Coefficiente aerodinámico	43
2.9.6	Coast-down	43
2.9.7	Potencia de tracción	44
CAPITULO III		45
3	MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.1	Materiales	47
3.1.1	Moto eléctrica super soco	47
3.1.2	Data logger (gps)	48
3.1.3	Higrómetro	49
3.2	Métodos	49
3.2.1	Prueba de coast-down	50
3.2.2	Fórmula de potencia de tracción (sp)	55
3.3	Obtención de ruta	56
3.3.1	Zona urbana de la ciudad de Ibarra	60
3.3.2	Zona rural de la ciudad de Ibarra	62
3.3.3	Zona de Autopista	64
3.3.4	Consumo y eficiencia energética tank to wheel (ttw).	68
3.3.5	Determinación de la autonomía de la me.	68
3.3.6	Desarrollo del ciclo de conducción	69
3.3.7	Eficiencia tank to wheel (ttw)	69
CAPITULO IV		71
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
4.1	Prueba de coast-down	71
4.1.1	Datos obtenidos en la prueba de coast-down	71
4.1.2	Graficas obtenidas en la prueba	72
4.1.3	Consumo y eficiencia energética ttw	75
4.2	Obtención de la autonomía de la batería	76
4.3	Ruta de ensayo ibarra	77
4.3.1	Ciclo de conducción en modo 1 (eco)	77
4.3.2	Ciclo de conducción en modo 2 (normal)	78
4.3.3	Ciclo de conducción en modo 3 (sport)	79
4.3.4	Ciclo de conducción wmtc de laboratorio vs ciclo real	79
CAPITULO V		84

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
5.1	Conclusiones	84
5.2	Recomendaciones	85
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
	ANEXOS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG NUM	PAGINA
Figura 2.1 Moto eléctrica Super Soco	28
Figura 2.2 Componentes generales de un vehículo eléctrico	29
Figura 2.3 Vehículo sometido a un ciclo de conducción de laboratorio	35
Figura 2.4 Ciclo NEDC	36
Figura 2.5 Ciclo FTP-75	36
Figura 2.6 Ciclo de conducción WMTC	38
Figura 2.7 Fuerzas actuantes en un vehículo en movimiento	41
Figura 3.1 Flujograma de la Metodología	46
Figura 3.2 Moto eléctrica Super Soco	47
Figura 3.3 Data logger GPS	49
Figura 3.4 Higrómetro	49
Figura 3.5 Protocolo de COAST-DOWN	50
Figura 3.6 Modelado de moto y su piloto	54
Figura 3.7 Croquis frontal de motocicleta	54
Figura 3.8 Calculo del área frontal del vehículo	55
Figura 3.9 Flujograma de obtención de ruta	57
Figura 3.10 Matriz Origen – Destino	58
Figura 3.11 Mapa de ruta 1(ruta urbana)	61
Figura 3.12 Mapa de Ruta 2 (Ruta rural)	63
Figura 3.13 Ruta Periférica (Carretera)	65
Figura 3.14 Prueba en condiciones reales	66
Figura 4.1 Prueba A	73

Figura 4.2	Prueba B	73
Figura 4.3	Prueba C	74
Figura 4.4	Potencia de tracción	75
Figura 4.5	Gráfica ruta modo 1	77
Figura 4.6	Gráfica Ruta modo 2	78
Figura 4.7	Gráfica ruta modo 3	79
Figura 4.8	WMTC vs ciclo en condiciones reales modo 1	80
Figura 4.9	WMTC vs ciclo en condiciones reales modo 2	81
Figura 4.10	WMTC vs ciclo en condiciones reales modo 3	81

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NUM		PAGINA
Tabla 2.1	Tipos de baterías eléctricas	32
Tabla 2.2	Parámetros característicos del ciclo de conducción WMTC.	38
Tabla 2.3	Parámetros de los principales ciclos de conducción	39
Tabla 2.4	valores típicos de los coeficientes que caracterizan la resistencia a la rodadura de diversos materiales.	42
Tabla 3.1	Ficha técnica de la moto eléctrica	48
Tabla 3.2	Tabla de presión de neumáticos en el COAST-DOWN	51
Tabla 3.3	Parámetro principales de COAST-DOWN	52
Tabla 3.4	Consideraciones de la Prueba	59
Tabla 3.5	Características de la ruta de ensayo en función de la norma	67
Tabla 4.1	Datos obtenidos en la prueba	72
Tabla 4.2	Coefficientes Moto eléctrica Super Soco	75
Tabla 4.3	Resultados consumo y eficiencia energética en la rueda	76
Tabla 4.4	Valores que influyen en la autonomía	77
Tabla 4.5	Comparación ciclo WMTC y ciclo en condiciones reales	83

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NUM	PAGINA
2.1 Resistencia a la rodadura	40
2.2 Resistencia aerodinámica	42
2.3 Fuerza de aceleración	42
3.1 Segunda ley de newton	52
3.2 Fuerzas que intervienen en el coast-down	53
3.3 Test de coast-down	53
3.4 Coeficiente aerodinámico	53
3.5 Fuerzas que intervienen en el cálculo del s_p	55
3.6 S_p para vehículos ligeros	55
3.7 Potencia	69
3.8 Eficiencia energética	69

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS NUM	DESCRIPCIÓN	PAGINA
1.	Prueba de coast-down en Yahuarcocha	96
2.	Prueba en ruta	97
3.	Programación en Matlab	100

GLOSARIO DE TÉRMINOS

NEDC	European Driving Cycle
FTP	Federal Test Procedure
WLTP	World Harmonized Light-duty Vehicle Test Procedure
EPA	Environmental Protection Agency
SOC	State of charge
DOD	Depth of discharge
WMTC	World Motorcycle Test Cycle
Crr	Coefficiente de Resistencia a la Rodadura
Cd	Coefficiente de Resistencia Aerodinámico
SP	Potencia de Tracción
DLC	Data Link Connector
ME	Motocicleta eléctrica
TTW	Tank To Wheel
BEV	Vehículo Eléctrico de Batería
DRL	Luz de Circulación Diurna

RESUMEN

Los vehículos eléctricos de dos ruedas son una opción de medio de transporte sostenible en zonas urbanas, la distancia que pueden recorrer depende de la capacidad de su batería y factores externos no afines al vehículo eléctrico. El objetivo del presente trabajo de grado fue determinar la autonomía de un vehículo eléctrico urbano, en condiciones reales en una ciudad de altura siendo para este caso de estudio la motocicleta super soco Tc Max en la ciudad de Ibarra. Para la metodología se usó el software computacional Matlab con su versión estudiantil para el análisis y procesamiento de datos, así como para el cálculo de los diferentes resultados que se muestran en el presente trabajo de grado. Se determino los diferentes factores cinemáticos que presenta la motocicleta eléctrica, con una prueba de Coast-Down, obteniendo el coeficiente aerodinámico de 0.75 y la potencia de tracción que tiene la motocicleta al moverse a través de la ciudad. Para la motocicleta se determinó que cuenta con una eficiencia TTW de 70%, calculada en base a la energía que es capaz de almacenar la batería y la energía que consume la rueda en condiciones reales, se analizó con otros estudios observando que se encuentra en los rangos para este vehículo. Se estudio los diferentes ciclos de conducción existentes para vehículos y se eligió el WMTC para la comparación del perfil de velocidad vs tiempo con el fin de diseñar un ciclo de conducción específico para la ciudad de Ibarra, donde se probó los tres modos de conducción (eco, normal y sport) que presenta la motocicleta eléctrica. En base a los resultados de los kilómetros recorridos en las pruebas de ruta y con los valores de potencia de tracción y la eficiencia TTW, se formuló un algoritmo en Matlab capaz de predecir un valor aproximado de la autonomía medida en kilómetros que el vehículo podría recorrer en función de la energía aún almacenada en la batería.

ABSTRACT

Two-wheeled electric vehicles are a sustainable means of transport option in urban areas, the distance they can travel depends on the capacity of their battery and external factors not related to the electric vehicle. The objective of this degree work was to determine the autonomy of an urban electric vehicle, in real conditions in a high-altitude city, being for this case study the super soco Tc Max motorcycle in the city of Ibarra. For the methodology, the Matlab computer software was used with its student version for data analysis and processing, as well as for the calculation of the different results shown in this degree work. The different kinematic factors that the electric motorcycle presents were determined, with a Coast-Down test, obtaining the aerodynamic coefficient of 0.75 and the traction power that the motorcycle has when moving through the city. For the motorcycle, it was determined that it has a TTW efficiency of 70%, calculated based on the energy that the battery is capable of storing and the energy that the wheel consumes in real conditions. It was analyzed with other studies, observing that it is found in the ranges for this vehicle. The different existing driving cycles for vehicles were studied and the WMTC was chosen for the comparison of the speed vs. time profile in order to design a specific driving cycle for the city of Ibarra, where the three driving modes were tested (eco , normal and sport) that presents the electric motorcycle. Based on the results of the kilometers traveled in the road tests and with the values of traction power and TTW efficiency, an algorithm was formulated in Matlab capable of predicting an approximate value of the autonomy measured in kilometers that the vehicle could travel. based on the energy still stored in the battery.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado aborda un tema tan importante como lo es los ciclos de conducción para vehículos eléctricos, que a pesar de las innovaciones tecnológicas y de su introducción en el sector automotriz no se han desarrollado del todo y no existe una caracterización precisa para este tipo de vehículos. Los sistemas urbanos e interurbanos llevan asociados pautas y ritmos diferentes que influyen sobre la movilidad, configurando una demanda de movilidad compleja, en cuanto a destinos, horarios y características de los servicios (Ministerio de Fomento, 2009 , pág. 1).

Los perfiles de velocidad vs tiempo son los que representan el comportamiento de una conducción normal dentro de la urbe tomando en consideración diversos factores como el tipo de tráfico, distancia, tipo de vía, entre otros, fueron determinados por un método teórico que conducen a obtener resultados fruto de cálculos experimentales con el uso de las variables cinemáticas para una predicción de la autonomía.

CAPITULO I

1 ANTECEDENTES

Los ciclos de conducción fueron desarrollados para conocer el comportamiento de los vehículos en las vías y se desarrollan en un perfil de velocidad vs tiempo los fabricantes usan estos datos como referentes para el diseño y evaluación en el desempeño de los automóviles (Gómez, 2014 , pág. 6) , el primer ciclo de conducción que se uso fue el Federal Test Procedure (FTP) ha mediado de los años 60 (González, 2005 , pág. 1), y ha ido evolucionando al igual que los ciclos de conducción europeos como el EUROTTEST que por muchos años se usó como referente de consumo de combustible (Van Den Brink & Van Wee, 2001 , pág. 75).

En los ciclos de conducción se debe tener en cuenta diferentes factores, como el grado de la carretera, la rugosidad de la superficie de la carretera. Los patrones de conducción demuestran que influyen en el consumo de energía de los vehículos como muestra el análisis de más de 14000 patrones de conducción en zonas urbanas y la influencia de los semáforos (Brundell Freij & Ericsson, 2005 , pág. 271), además, factores ambientales tales como temperatura ambiental. Factores dependientes del vehículo y el conductor como velocidad de conducción, agresividad, presión de pedal de freno y presión del acelerador (Qi et al., 2018 , págs. 2-4). Además de esto se debe tener en cuenta la condiciones de tráfico por la ruta donde se establece el ciclo de conducción (Hu et al., 2017 , págs. 1-2).

Con el uso de ciclos de conducción en Estados Unidos, Canadá y Europa se encontró que existe una sobre estimación del rendimiento real que tiene un vehículo nuevo que varía alrededor de un 25% (Schnipper & Tax, 1994, págs. 274-275). New European Driving Cycle (NEDC), fue el primer paso de la Unión Europea para informar a los usuarios del consumo de combustible de los vehículos que se ofrecían en el mercado de la automoción. Dicha normativa consistía en dos partes la primera prueba urbana y la segunda extraurbana. Con el fin de medir la cantidad de energía requerida para mantener un vehículo en movimiento a cierta velocidad además de patrones de conducción como aceleración y desaceleración (Shim et al., 2014, pág 755).

Desde el año 2017 se establece un nuevo ciclo de consumo en algunos países de Europa como lo es el ciclo World Harmonized Light-duty Vehicle Test Procedure (WLTP), que viene siendo una renovación del ciclo New European Driving Cycle (NEDC), con la

particularidad que se obtendrán mejores resultados de consumo, es decir resultados más reales a los obtenidos con el antiguo ciclo (Olona, 2018 , págs. 1-2) .En general, una tasa de consumo de energía constante utilizada para la evaluación EV se obtiene bajo ciclos de conducción estandarizados (Yuan et al., 2017 , págs. 1-3).

A raíz de la alta contaminación atmosférica y el calentamiento global se crea nuevas opciones de mejora como la creación de vehículos híbridos (Chele Sancan, 2017, págs. 1-10) . En el transcurso de los años se han creado diferentes tipos de hibridación a raíz de las normativas anticontaminación, la primera idea sobre un auto híbrido data de 1896 con las patentes de H. J. Dowsing y L. Epstein y esta patente se usó para la creación de un autobús híbrido en 1900 de la compañía Fischer (Toyota, 2019), Ferdinand Porsche que diseña un vehículo híbrido sin embargo su costo de producción fue un problema y no pudo competir con el vehículo de ciclo Otto (Costas, 2009, págs 1-2), El Toyota Prius a finales de los años 90 se convierte en el primer híbrido de producción masiva de la historia, demostrando economía de combustible y cuidado del medio ambiente.

Los vehículos eléctricos existen desde 1890 , sin embargo el motor de combustión interna tuvo mayor auge y por lo tanto desarrollo, es en años modernos al rededor del año 2000 con la aparición del GM EV1 que dio como inicio la apertura a la investigación de vehículos eléctricos (Johnson, 1999 , pág. 142).

La primera batería la inventó Volta en 1800. Este invento supuso el inicio del desarrollo de la electricidad, pues permitió la experimentación con corrientes eléctricas de forma repetitiva. La batería de níquel-cadmio (Ni-Cd) la inventó Waldemar Jungner en 1899. Las baterías más usadas en la actualidad en vehículos eléctricos son la de níquel metal hidruro (NiMH), inventada en 1970, y la de ion litio, que fue inventada por John B. Goodenough en 1980. Las más utilizadas en vehículos eléctricos son las citadas anteriormente (Moreno, 2016 , págs. 120-121). La base de la batería de iones de litio se sentó durante la crisis del petróleo en la década de 1970 y aquí es donde debemos remontarnos; fue entonces cuando el estadounidense Whittingham comenzó a explorar tecnologías que no precisaran de esta fuente de energía primaria, explica la Real Academia de las Ciencias de Suecia. Con el cátodo de Goodenough como base, Akira Yoshino creó la primera batería de iones de litio comercialmente viable en 1985. En lugar de usar litio reactivo en el ánodo, usó coque de petróleo, un material sólido carbonoso que, como el óxido de cobalto del cátodo, puede intercalar iones de litio (Fuentes, 2019, pág 2).

El problema principal de los vehículos eléctricos son las baterías. Se ha demostrado que el consumo de zinc de una batería resultaba cuatro veces más caro que el carbón de una máquina de vapor, que en el pasado era el principal competidor del motor eléctrico (Moreno, 2016 , pág. 120). Este problema ha persistido con el pasar de los años, los fabricantes de vehículos eléctricos no han podido solucionar el problema de la autonomía de los autos eléctricos.

1.1 SITUACIÓN ACTUAL

Las estadísticas mundiales de venta de vehículos eléctricos van cada vez en aumento, sumado al éxito de la compañía Tesla que hace sobresalir cada vez más a sus modelos (SOMOSELÉCTRICOS, 2020, pág 1), las leyes para uso y venta de vehículos eléctricos están aún en desarrollo en varios países (iea, 2020, pág 10).

(Ramos, 2019) menciona que en Ecuador a partir del 3 de junio de 2019 se aplica la exoneración total de aranceles a la importación de vehículos eléctricos, baterías y cargadores por parte de El Comité de Comercio Exterior (Comex) para su uso particular o transporte público, con el fin de reducir el impacto ambiental (p. 1).

(González, 2019), señaló que la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), en el 2018 se vendieron 130 unidades de vehículos eléctricos, en el año 2019 se vendieron 7 unidades menos que en el año 2018. En Quito, por ejemplo, la exoneración del pingo y placa para quienes compren autos eléctricos es parte de los temas que están en la mesa de discusión. Pero aún hay barreras difíciles de sortear. Una de ellas es la necesidad de ampliar el número de electrolineras, que hasta ahora básicamente se han instalado por iniciativa privada. Marcas de vehículos como Kia han realizado alianzas para colocar electrolineras gratuitas en centros comerciales. Un ejemplo son los puntos de carga en Quicentro Shopping y Quicentro sur. Actualmente el número de vehículos eléctricos no supera el 0,1% del mercado automotor que hasta el cuarto mes del 2019 sumaba las 42222 unidades (p. 5-8).

En la ciudad de Ibarra se está evidenciando el aumento en la oferta de vehículos eléctricos por parte de diferentes empresas automotrices que empiezan a ofrecer productos de este tipo como automóviles y motocicletas como el automóvil Dayang de producción China garantía de un año, puesta en el mercado por la empresa eléctricos del norte y la motocicleta Super Soco introducida al mercado por Intercar, ambos vehículos destinados al uso dentro de la

ciudad y disponibles al público por precios asequibles lo cual los hace una opción de compra, los vehículos ofrecen autonomías del fabricante de aproximadamente 50km por carga y se pueden recargar su batería desde una casa con una corriente domestica de 110v. Actualmente no existen electrolineras en Ibarra, el municipio de la ciudad no ha generado leyes específicas para el uso de este tipo de transporte urbano, hasta la fecha tampoco se cuenta con ninguna entidad que regule el uso y desempeño de los vehículos eléctricos, en la ciudad e Ibarra no existe una investigación del desempeño de los EV, se ha evaluado el rendimiento de vehículos eléctricos en otras ciudades del Ecuador con ciclos de conducción homologados para vehículos de combustión interna como el New European Driving Cycle (NEDC) (Duque & Rocano, 2017 , pág. 9).

En Ecuador la primera ciudad en implementar electrolineras es Guayaquil. Quien también impulso el uso de vehículos eléctricos en el servicio de transporte público, proponiendo ordenanzas de ayuda económica para los transportistas que deseen cambiar el uso de combustibles fósiles por la energía eléctrica (Gonzales, 2019, pág 1).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los constructores de vehículos eléctricos buscan potenciar la autonomía de la batería y reducir el tiempo de carga lo cual genera varios temas de investigación (Silva, 2012 , pág. 12). Es ahí donde nace el problema de este trabajo de grado. Actualmente en nuestro país no se ha considerado aún la creación o implementación de estrategias para la determinación de la autonomía de los vehículos eléctricos. En nuestra región la autonomía de un vehículo eléctrico se ve afectada por factores e influyen directamente en el funcionamiento de estos vehículos, como la velocidad de conducción o el clima que reside en el país (Wolf, 1892 , pág. 16). Además de la condición geográfica que presentan en las ciudades, con alto relieve geográfico y trafico excesivo. A esto se añade el desconocimiento de los usuarios sobre la nueva tecnología que tiene los vehículos eléctricos, debido a estos factores surgen muchas inquietudes entorno a la autonomía del vehículo eléctrico. Además, las baterías de un vehículo eléctrico presentan un gran problema, no solo por el costo de estas, sino por la manera lenta de carga, como la velocidad de descarga. Esto ha generado un tema de interés y por lo tanto merece una investigación más adecuada.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar la autonomía de la batería en un vehículo eléctrico urbano en condiciones reales en la ciudad de Ibarra.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar características cinemáticas que intervienen en el desempeño de los vehículos y los patrones de movilidad de la población.
- Establecer las rutas específicas de conducción urbano, rural y carretera que se usaran en el diseño de los ciclos de conducción aplicable en la motocicleta de propulsión eléctrica.
- Comparar la autonomía de la batería teórica en función de la autonomía real.

1.4 ALCANCE

Con el presente trabajo de grado se pretende diseñar un ciclo de conducción urbano y extraurbano específico para una motocicleta eléctrica en ciudades de altura tomando como modelo Ibarra. Teniendo en cuenta los factores más importante de consumo de energía en los automóviles y las características cinemáticas que influyen en el rendimiento y autonomía de la batería siendo el tráfico y la geografía irregular de la ciudad los más relevantes se toma en cuenta los patrones de movilidad de las personas mediante el plan de movilidad de la ciudad de Ibarra con el que se define el motivo de movilización de la población en la zona urbana y extraurbana de la ciudad como trabajo, estudio, necesidades básicas, ocio. Usando como base de la investigación ciclos de conducción internacionales homologados, como el New European Driving Cycle (NEDC) y el ciclo Environmental Protection Agency (EPA) y el World Motorcycle Test Cycle (WMTC), el presente trabajo de grado usara las especificaciones de etapas de los ciclos en los que se emplea un dinamómetro, sin embargo en el trabajo se creara un ciclo de conducción propio, la definición de rutas más relevantes se hará mediante un GPS que defina la geografía adecuada para el estudio, Para más exactitud en lo que se refiere a latitudes y longitudes , dichos datos servirán para determinar

la ruta exacta que se debe seguir en la realización del ciclo de conducción, ya sea urbano o extraurbano.

Se obtendrán los datos autonomía de una batería en un perfil muy aproximado al tipo de conducción real, tomando en cuenta el ciclo de carga que pueden tener por los usuarios y se deberá comparar en función de la autonomía teórica que brinda la ficha técnica del fabricante que tiene una base factores teóricos e ideales, para posteriormente realizar un esquema comparativo con los datos que proporcionan los fabricantes definiendo así la duración de carga estimada que puede tener un vehículo eléctrico en nuestro medio.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 MOVILIDAD URBANA

La movilidad sostenible es un concepto que aparece de la preocupación de los problemas medio ambientales y sociales ocasionados por el uso masivo del vehículo particular como medio de transporte.

Los inconvenientes más destacados son la contaminación del aire, el consumo excesivo de energía, efectos nocivos sobre la salud de las personas y la saturación de las vías de circulación vehicular; esto ha generado una gran preocupación por encontrar alternativas que ayuden a minimizar los efectos negativos de los problemas mencionados.

Con los años se han desarrollado prácticas de movilidad responsable por parte de las personas afectadas por estos problemas, usando medios alternativos para el transporte como: desplazarse a pie, usar bicicleta, viajar en transporte público o compartiendo el vehículo particular entre varias personas, fomentando el desarrollo de tecnologías que amplíen las opciones de movilidad sostenible en este caso el uso del vehículo eléctrico. Con frecuencia el concepto de movilidad sostenible se vincula a la creación de nuevas tecnologías desarrolladas en el campo automotriz con el fin de reducir las emisiones contaminantes a la atmosfera.

Las políticas de movilidad sostenible llevadas a cabo por las administraciones públicas se centran en reducir la congestión vial, como también, el uso y consumo de combustibles fósiles contaminantes. A menudo se promueve el uso de vehículos de propulsión eléctrica o híbrida mediante planes de financiación en la compra, facilidades de pago, dando beneficios en el perímetro urbano de la ciudad (Observatorio Tecnológico de la Energía, 2012 , pág. 4).

2.2 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Es un vehículo propulsado por uno o más motores eléctricos. La tracción puede ser proporcionada por ruedas o hélices impulsadas por motores rotativos, o en otros casos utilizar otro tipo de motores no rotativos, como los motores lineales o los motores inerciales

(Grupo Cooperativo Cajamar, 2019, pág 1) .El motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de interrelación electromagnética, estos motores se pueden instalar en un sistema eléctrico para poder recargar las baterías mientras este detenido (Barrionuevo & Granda, 2011 , pág. 26)

Los vehículos eléctricos obtienen su movimiento por la energía liberada por las baterías, o bien en algunos casos por pilas de hidrogeno, o en casos excepcionales tomando directamente de la red eléctrica como el trole bus. El intercambio de cargas positivas y negativas entre los acumuladores electroquímicos y las sustancias conductoras mantienen una corriente eléctrica que se la utiliza para el movimiento del vehículo eléctrico (Observatorio Tecnológico de la Energía, 2012, págs. 9-10).

El uso de estos vehículos aporta varias ventajas desde el punto de vista medio ambiental, ya que con estos vehículos se disminuyen los niveles de CO2 emanados a la atmosfera (Ortiz, 2010 , pág. 33).

2.2.1 FUNCIONAMIENTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Este tipo de vehículos poseen tres elementos importantes que son: motor eléctrico, controlador y las baterías. Cuando se enciende el automóvil, la corriente pasa de la batería al controlador para que este a su vez tome la potencia de la batería para luego pasarla al motor eléctrico. Luego el motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía mecánica, la misma que hará mover el vehículo hacia adelante o hacia atrás. En un vehículo eléctrico las baterías se encuentran debajo del mismo, o en algunas ocasiones se las encuentra en el maletero de este. Estas baterías son las mismas que alimentaran a todo el vehículo, las mismas que cuentan con un regulador para asegurar la cantidad de energía producida y la que consume el automóvil.

El motor eléctrico convierte la energía eléctrica en energía mecánica que mueve el vehículo hacia adelante, mientras que el controlador se rige como el comprador de la potencia de la batería y le da la potencia necesaria al motor (KIA, 2019).

2.2.2 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DE DOS RUEDAS



Figura 2.1 Vehículo eléctrico de dos ruedas

(Etiqueta Zero , 2019).

La Figura 2.1 muestra una motocicleta de propulsión eléctrica de la marca Super Soco. Una de las principales ventajas de las motos eléctricas es que no emiten ningún tipo de ruido molesto. No contaminan la atmósfera, ni producen contaminación acústica, por lo que son una alternativa al transporte de motor de combustión.

El coste de combustible para el motor eléctrico es aproximadamente el 10% de lo que cuesta el motor de gasolina: es decir, puedes llegar a ahorrar hasta un 90% en tu factura energética cada mes. Además, una moto eléctrica puedes recargarla en tu propio garaje sin necesidad de que te desplaces hasta el punto de recarga. Cada vez más compañías eléctricas están ofertando tarifas especiales ante el despliegue de todo tipo de vehículos eléctricos.

Además del ahorro energético, también hay un ahorro en mantenimiento, ya que este tipo de motocicletas no disponen de filtros y aceite a diferencia de una moto convencional. El campo del mantenimiento es más reducido y esto conlleva a que sea más económico (Revista Moto, 2018, pág 1).

2.3 COMPONENTES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

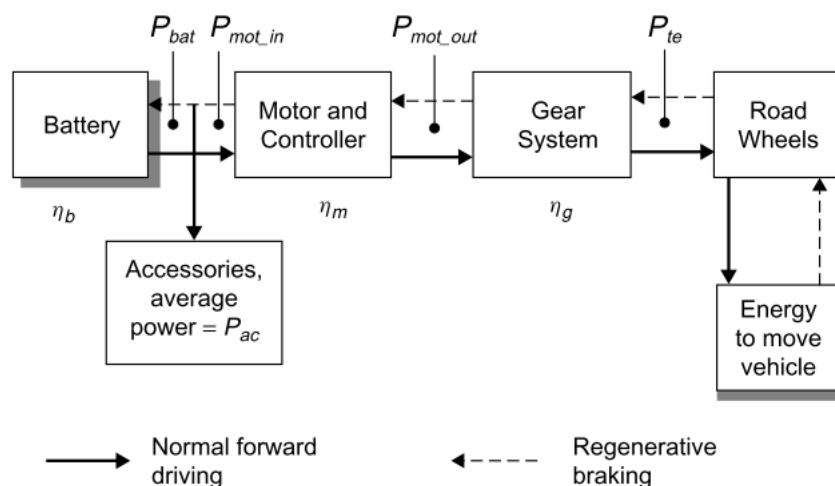


Figura 2.2 Componentes generales de un vehículo eléctrico

(Vutetakis, 2016 , pág. 201).

La Figura 2.2 muestra el flujo de energía a través de los componentes generales de un vehículo eléctrico con freno regenerativo.

2.3.1 INVERSOR.

Este componente se encarga de gestionar el proceso de conversión de la corriente continua procedente de la batería en corriente alterna para alimentar al motor eléctrico (Arroyo, 2018, pág 2).

2.3.2 CONTROLADOR

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de gestionar, ordenar o regular el comportamiento de otro sistema con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados en el vehículo para ello se dispone de múltiples cerebros denominados centralitas o unidades centrales de proceso (CPU). Estas unidades de control mediante la información facilitada por las variables de entrada (sensores) saben en cada momento que orden deben dar a los distintos sistemas para un correcto funcionamiento de todo el conjunto.

Para un óptimo funcionamiento del sistema el controlador debe tener una buena interfaz, comunicarse y conectarse con el motor de una manera correcta y eficiente (Cabrera et al., 2016 , pág. 25).

2.3.3 BATERÍA

La batería de un vehículo eléctrico es un acumulador de energía en el que se almacena la electricidad que será transmitida al motor de corriente alterna o continua. Sin embargo, es mucho más que eso es el elemento que le da su entidad sostenible, al independizarlo de los combustibles fósiles, y el núcleo del que dependen las preocupaciones de los compradores, su autonomía, distancia que puede recorrer sin necesidad de cargarse, su tiempo de carga y su precio. Sin embargo, recientemente se han producido algunos avances importantes en la tecnología de las baterías que ofrecen grandes esperanzas para el futuro.

En la última década, las baterías han experimentado una revolución sin precedentes. Como consecuencia, la autonomía media de los vehículos eléctricos ha aumentado considerablemente, terminando así con la denominada range anxiety, el miedo de los compradores a quedarse varados en la carretera por la escasa autonomía. La autonomía no es la única dimensión de las baterías en la que se han hecho progresos, también se ha reducido su tiempo de carga con cargas rápidas que ya bajan de 10 minutos y se ha incrementado su eficiencia y su ciclo de vida (Viera Pérez, 2008, pág 6).

2.3.4 PARÁMETROS DE LA BATERÍA

La Batería en el vehículo eléctrico brinda la energía para moverlo segundo a segundo, almacenando en pequeñas celdas la energía eléctrica procedente del cargador.

Voltajes de celda y batería

Todas las celdas eléctricas tienen voltajes nominales que dan el voltaje aproximado cuando la celda está suministrando energía eléctrica. Las celdas se pueden conectar en serie para proporcionar el voltaje total requerido. Las baterías de tracción para vehículos eléctricos generalmente se especifican como 6 V o 12 V, y estas unidades a su vez están conectadas en serie para producir el voltaje requerido. Este voltaje, en la práctica, cambiará. Cuando se emite una corriente, el voltaje caerá; cuando la batería se está cargando, el voltaje aumentará. Esto se expresa mejor en términos de "resistencia interna" (Vutetakis, 2016 , pág. 24).

2.3.5 CAPACIDAD DE CARGA O AMPERAJE

En general el término capacidad (C) de una batería es la cantidad de carga disponible en la misma, expresada en amperios-hora (Ah).

La capacidad de una batería se relaciona con: la cantidad de material activo en la misma, el porcentaje de electrolito y el área superficial de las placas (Guanoluisa Taco & Pazmiño Estrella, 2008 , pág. 19).

2.3.6 POTENCIA ESPECIFICA

La potencia específica es la cantidad de potencia obtenida por kilogramo de batería. Es una cantidad muy variable y bastante anómala, ya que la energía que emite la batería depende mucho más de la carga conectada a ella que de la propia batería. Aunque las baterías tienen una potencia máxima, no es sensato operarlas en ningún lugar cercano a esta potencia máxima durante más de unos pocos segundos, ya que no durarán mucho y funcionarían de manera muy ineficiente (Vutetakis, 2016 , pág. 27).

2.3.7 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se define como la relación entre la energía eléctrica suministrada por una batería y la cantidad de energía eléctrica necesaria para devolverla al estado anterior a la descarga. Un fuerte argumento a favor del uso de vehículos eléctricos se basa en su uso eficiente de la energía, con la consiguiente reducción de las emisiones globales; por tanto, es deseable una alta eficiencia energética. Si la batería se carga y descarga rápidamente, por ejemplo, la eficiencia energética disminuye considerablemente. Sin embargo, actúa como una guía para comparar baterías, de la misma manera que lo hace el consumo de combustible para los automóviles (Vutetakis, 2016 , pág. 29).

2.4 TIPOS DE BATERÍAS

En la Tabla 2.1 se describen los diferentes tipos de baterías que se usan en la actualidad en los vehículos, mostrándose en una clasificación de tecnología que usan, yendo desde la más antigua hasta las que se desarrollan en la actualidad.

Tabla 2.1 Tipos de baterías eléctricas

Tecnología de la batería	Características de funcionamiento
Plomo -ácido	Generalmente se constituye por un par de electrodos de plomo, incrustada en una matriz de plomo metálico y con una solución de ácido sulfúrico.
Níquel -Cadmio (NiCd)	para su funcionamiento se usa un cátodo de cadmio y un ánodo de níquel y una de sus características principales es su capacidad de resistir muchas recargas
Níquel-Hidruro Metálico (NiMH)	En este tipo de baterías utiliza un cátodo hecho de una aleación de hidruro metálico y el ánodo es de oxidróxido de níquel. En este tipo de baterías se produce comúnmente el efecto memoria que afecta a la capacidad de carga de esta.
Iones de litio (Li-ion)	Estas baterías proceden del desarrollo de la tecnología móvil y son las baterías más actuales y continuó a un desarrollo su principal inconveniente es el calentamiento y alto costo de producción sumada a las pocas reservas de litio.
Baterías zebra (NaNiCl)	Las baterías de sodio-cloruro de nitrato, este tipo de baterías se caracterizan por una alta densidad de energía operando en altas temperaturas 270-350 °C por lo cual hace necesario aislamiento térmico. Todavía se encuentra en desarrollo, pero aun así son una alternativa frente a las baterías de litio por su posibilidad de operar en voltajes altos.

Fuente: (García, 2015 , págs. 11-17).

2.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS BATERÍAS

(Ordóñez, 2011), Muestra los términos que caracterizan a las baterías son los siguientes:

Celda: Es un elemento similar a una caja, en el que se contiene dos electrodos sumergidos en electrolito (Lara, 2018), se conectan en serie y dependiendo del número de celdas aumento disminuye la capacidad de una batería.

Estado de carga (SOC): State of charge, es un porcentaje de referencia de una carga completa y se define con Amperios-hora(Ah),Columbios(C), kilovatios-hora (kWh) (Carvajo, 2010 , pág. 2).

Profundidad de descarga (DOD): Depth of discharge, es el porcentaje utilizado del total de la capacidad de la batería en un ciclo de carga o descarga (Sunfields, 2020).

Capacidad: Es la capacidad máxima de electricidad que puede contenerse en una batería totalmente cargada (ujaen.es, 2018), se mide en Amperios-hora (Ah).

Capacidad nominal: Es la cantidad de corriente que puede extraer ese de una batería durante un tiempo determinado (Placervial, 2018).

Capacidad real: Es la cantidad de corriente que puede entregar una batería con condiciones específicas y diferentes a la de la capacidad nominal (navegar.com, 2013).

Energía específica: (W/kg) es la cantidad de energía que se puede almacenar en una batería en función de su peso.

Vida útil: Se refiere a la cantidad de tiempo por la cual una batería en funcionamiento me entiendes sus características.

Eficacia: Es el porcentaje de energía entrega la batería en base a la energía que fue requerida para completar su 100% de carga.

Tiempo de recarga normal: es el tiempo necesario para que la batería del llegue al 100% de su almacenamiento.

2.6 CICLOS DE CONDUCCIÓN

Existen diversos ciclos de conducción de acuerdo con las necesidades de los diferentes países, los mismos que fueron implementados para conocer el comportamiento de los vehículos en las vías y se desarrollan en un perfil de velocidad VS tiempo (Gómez, 2014 , pág. 9), los fabricantes usan estos datos como referente en el diseño y evaluación del automóvil. Estos ciclos están homologados en cada uno de los países, bajo su respectiva normativa. Cubre las principales características del flujo de tráfico en una región determinada y se basa en el análisis de datos. Como tecnología central de la industria automotriz, el ciclo de conducción se utiliza, entre otros, en pruebas de emisiones, evaluación de automóviles nuevos y evaluación de riesgos de control de tráfico (Jing et al., 2017 , pág. 79).

Los ciclos de conducción influyen en el desarrollo de las ciudades, la validación en los modelos que predicen el comportamiento de los vehículos en la vía pública y en los informes de emisiones en las grandes urbes (González Oropeza, 2005 , pág. 148).

2.6.1 IMPORTANCIA DE LA CREACIÓN DE LOS CICLOS DE CONDUCCIÓN

Los ciclos de conducción tienen un amplio rango de usos. Los fabricantes de vehículos necesitan de éstos para generar bases de diseño, construcción y mercadeo a largo plazo. También es fundamental el trabajo de los ingenieros de transporte para diseñar el control del tráfico y hacer simulaciones de paradas y flujo vehicular. Los ciclos de conducción se usan para determinar las emisiones generadas por el parque automotor según el tipo de conducción. Adicionalmente, las curvas de velocidad contra tiempo que se generan pueden ser utilizadas para realizar pruebas de consumo de combustible y emisiones en los laboratorios, aplicables a la región en estudio (Gómez, 2014 ,pág. 6)

2.6.2 CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LABORATORIO

Los ciclos de conducción no legislativos son creados para calcular las emisiones generadas y el consumo de combustible del motor en laboratorios y como herramienta para la industria automotriz (Gómez, 2014 , pág. 6). Las mediciones de consumo en un ciclo de laboratorio se realizan en un banco de rodillos (dinamómetro), y la prueba se divide en dos partes.



Figura 2.3 Vehículo sometido a un ciclo de conducción de laboratorio

(revistacentrozaragoza, 2018).

La Figura 2.3 muestra a un vehículo sometido a un ciclo de conducción de laboratorio. Tras arrancar en frío, se simula una conducción urbana en un ciclo que dura 13 minutos y a una velocidad media de 18,8 km/h, en el que se somete al motor a distintas aceleraciones y frenadas, arranques y paradas. En la segunda parte se reproduce una conducción interurbana en un ciclo que dura poco más de 6 minutos (400 segundos), con puntos de cambio de marcha definidos, diferentes resistencias en el volante de inercia del dinamómetro y hasta alcanzar una velocidad máxima de 120 km/h (Olona, 2018, pág 2).

2.6.3 NEDC (CICLO EUROPEO)

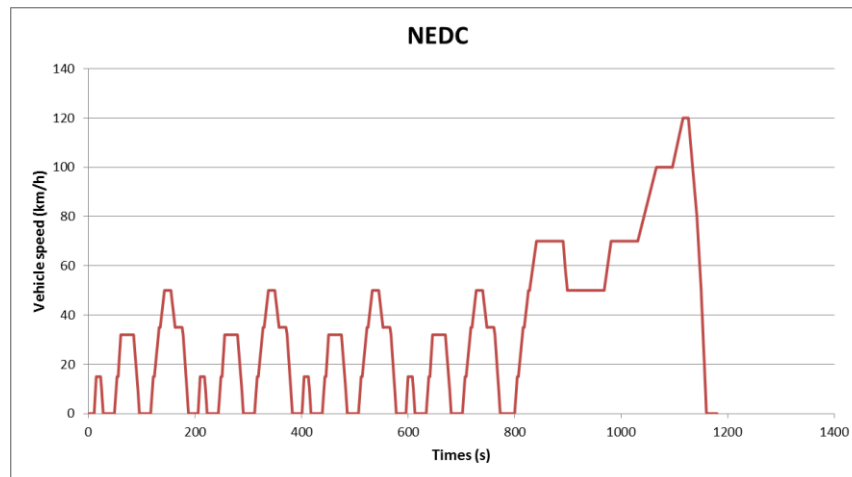


Figura 2.4 Ciclo NEDC

(Romain , The different driving cycles, 2020)

La Figura 2.4 muestra la gráfica del ciclo NEDC, el mismo que consiste en una serie de pruebas para evaluar objetivamente el impacto medio ambiental de los vehículos de combustión interna. Durante años fue criticado por varios expertos que afirman que representa estilos de conducción no reales con aceleraciones muy suaves, mucho tiempo de inactividad y una velocidad crucero constante (Oropeza, 2020, pág 2).

2.6.4 FTP (CICLO AMERICANO)

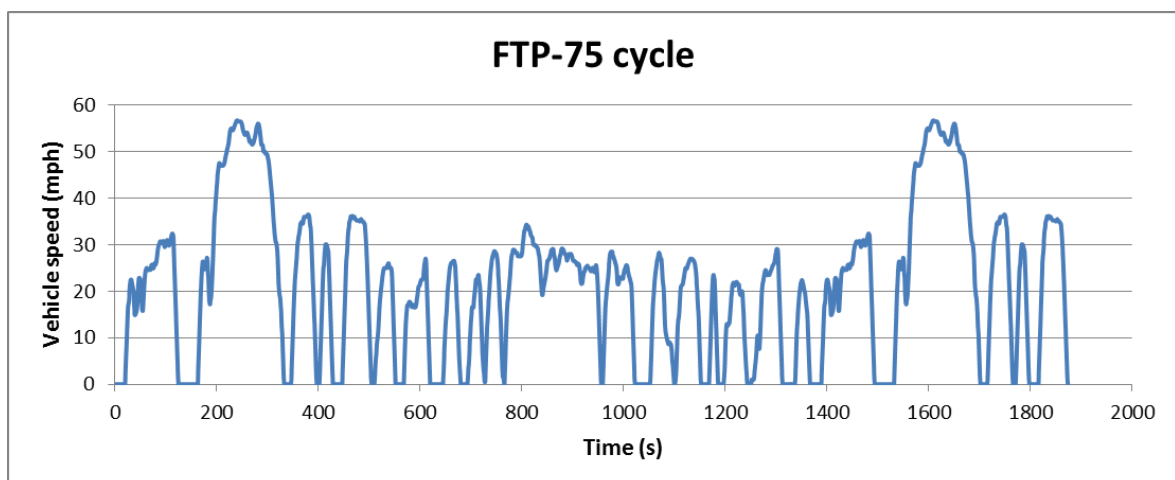


Figura 2.5 Ciclo FTP-75

(Romain , The different driving cycles, 2020)

La Figura 2.5 muestra la gráfica del ciclo FTP. El ciclo de conducción FTP (Federal Test Procedure) fue creado por la EPA (agencia de protección ambiental), para representar ciclos de viaje diario de la casa al trabajo con una parte de conducción urbana incluyendo paradas frecuentes y una parte de conducción en autopista (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2015, pág. 3).

2.6.5 CICLO DE CONDUCCIÓN PARA MOTOS WMTC

Según (Evoke, 2021) el World Motorcycle Test Cycle (WMTC), fue propuesto por la Comisión Europea para Europa de las Naciones Unidas (CEPE), se trata de un ciclo que mide el consumo de energía y las emisiones en motocicletas con relación al tiempo. Siendo el objetivo principal tener ciclos de conducción que represente condiciones de conducción reales. A menudo es utilizado por diferentes organizaciones y países para comprobar el rendimiento de un vehículo en términos de autonomía del vehículo eléctrico y emisiones contaminantes. El WMTC no es una prueba obligatoria a la que deban adherirse los fabricantes de motocicletas. Sin embargo, si desean vender sus bicicletas dentro de un mercado regulado como la Unión Europea (UE), deben someterse al ciclo de prueba (p. 2).

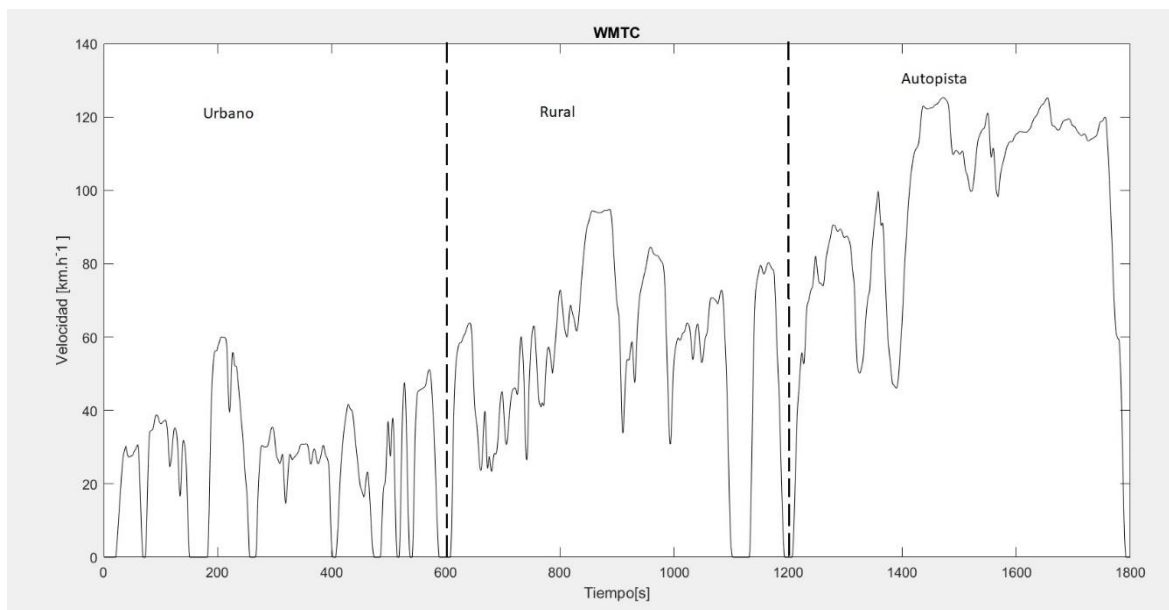


Figura 2.6 Ciclo de conducción WMTC

La Figura 2.6 muestra la gráfica del ciclo WMTC, el mismo que se desarrolló con la intención de incluir todas las operaciones relevantes del vehículo en condiciones reales, para ello se toman en cuenta los datos del comportamiento de conducción y se combinan con las estadísticas sobre el uso del vehículo formando una base de datos referencial y representativa del comportamiento de conducción de motocicletas alrededor el mundo (Heinz, 2002 , pág. 5).

En la Tabla 2.2 se muestra los parámetros principales del ciclo WMTC, distancia, tiempo, velocidad media, velocidad y aceleración máximas, dividido en tres zonas urbano, rural y autopista.

Tabla 2.2 Parámetros característicos del ciclo de conducción WMTC.

WMTC					
ZONA	Distancia recorrida (Km)	Tiempo (s)	Velocidad Máxima (Km/h)	Velocidad media (Km/h)	aceleración máxima (m/s)
Urbano	4,07	600	60	24,4	2,51
Rural	9,11	600	94,9	54,7	2,68
Autopista	15,14	600	125,3	94,4	1,56

Fuente:(Heinz, 2002 , pág. 19).

2.7 CICLO DE CONDUCCIÓN PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

La prueba WLTP dura 30 minutos y consta de cuatro fases: baja velocidad (589 segundos), velocidad media (433 segundos), alta velocidad (455 segundos) y muy alta velocidad (323 segundos). Todo ello a temperatura constante.

La idea es simular una conducción en ciudad, carretera secundaria, carretera nacional y autopista o autovía. En este caso la velocidad máxima será de 131 km/h y la velocidad media del protocolo de 46,5 km/h. Una vez finalizada la prueba, el vehículo se vuelve a conectar a un cargador. El cable está equipado con un contador eléctrico. Éste mide la cantidad de corriente total, con la ventaja que también detecta las pérdidas de energía de la batería en el momento de la carga. El resultado de la medición es dividido por la distancia recorrida en la prueba y se obtiene así el consumo medio del coche y por ende su autonomía (Murias, 2019, pág 1)

2.8 COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LOS CICLOS DE CONDUCCIÓN

En la Tabla 2.3 se realiza una breve comparación de los principales parámetros de los ciclos de conducción New European Drive Cycle (NEDC) y el Federal Test Procedure (FTP), siendo el ciclo de conducción europeo y americano, con el fin de mostrar las diferencias que presenta cada ciclo en sus parámetros para la evaluación de las emisiones y consumo energético de los vehículos.

Tabla 2.3 Parámetros de los principales ciclos de conducción

	NEDC	FTP
Distancia	11 km	12.07 km
Duración	20 min	22.8 min
Temperatura	20 °C	-
Velocidad media	4 km/h	31.6 km/h
Velocidad Máxima	120 km/h	91.26 km/h
Paradas	9	14
Cambio de marcha	Prefijados	Variables
Velocidad constante	475 seg	-
Tiempos de aceleración	247 seg	506 seg
Tiempo de frenado	178 seg	271 seg
Tiempo al ralentí	280 seg	-

Fuente: (Ramos Penabad, 2018).

2.9 DINÁMICA LONGITUDINAL DE UN VEHÍCULO

Existen diferentes valores de resistencia y fuerzas que están presentes en la cinemática de los vehículos, estas se deben tomar en cuenta debido a que influyen en el rendimiento real, así como en el consumo de energía y la potencia que va a requerir para desplazarse.

2.9.1 FUERZA DE PROPULSIÓN

Según Vutetakis (2016), la fuerza de propulsión es aquella que impulsa al vehículo eléctrico a través de sus ruedas hacia adelante considerando una masa m , velocidad v , y un ángulo de pendiente del camino (p. 184).

Esta fuerza debe vencer además a la resistencia aerodinámica, la resistencia a la rodadura, mover la masa del vehículo y proporcionar velocidad al mismo

2.9.2 RESISTENCIA A LA RODADURA

Se debe al rozamiento de los neumáticos en la calzada y depende de la velocidad y peso que tenga el vehículo (Vutetakis, 2016 , pág 184). A continuación, se describe la ecuación de la resistencia a la rodadura.

$$F_{rr} = \mu_{rr} m g \quad [2.1]$$

Donde:

μ_{rr} : Coeficiente de resistencia.

m : Masa.

g : Gravedad.

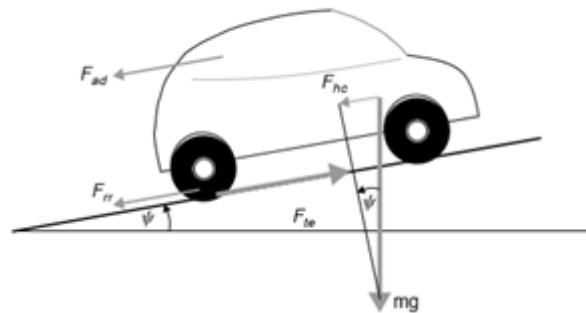


Figura 2.7 Fuerzas actuantes en un vehículo en movimiento

(Vutetakis, 2016).

La Figura 2.7 muestra las fuerzas que actúan en un vehículo en movimiento. Los valores típicos para μ_{rr} son de 0,005 en neumáticos desarrollados para vehículos eléctricos.

La resistencia a la rodadura se presenta cuando un cuerpo rueda sobre una superficie, deformándose uno de ellos o ambos de manera inelástica (Piro, 2014 , pág 1).

(Artés, 2012) señala que esta fuerza opuesta al movimiento, generada en la zona de contacto entre el neumático y el asfalto, es la segunda más importante tras la resistencia aerodinámica a la hora de dificultar el movimiento de nuestro coche en general, y la más importante a bajas velocidades. La resistencia a la rodadura de un neumático depende, además de sus propias características químicas y morfológicas, del peso que lleve encima. De hecho, la resistencia a la rodadura es directamente proporcional al peso soportado por el neumático. Así pues, el coeficiente de resistencia a la rodadura se define como una magnitud adimensional que expresa la fuerza opuesta al movimiento por cada unidad de carga soportada. Este coeficiente representa el porcentaje del peso soportado que se transforma en resistencia al avance (p. 2).

Características de las que depende el coeficiente a la rodadura:

- La rigidez de la rueda y su superficie
- El radio de la rueda.
- El peso o carga al que está sometida la rueda.
- El acabado de las formas de las superficies en contacto.
- La viscosidad entre las superficies en contacto.
- La temperatura de los cuerpos en contacto.
- En el caso de las ruedas neumáticas, su presión (a mayor presión menor resistencia) (mecanicos, 2017).

Tabla 2.4 valores típicos de los coeficientes que caracterizan la resistencia a la rodadura de diversos materiales.

C_{rr}	u_r	Descripción
0,0010 a 0,0024	0.5 mm	Ruedas de ferrocarril de acero sobre rieles de acero
0.0010 a 0.0015	0,1 mm	Rodamientos de bolas en acero sobre acero
0,0025		Neumáticos especiales Michelin para automóvil solar/eco-marathon
0,005		Ríeles estándar de tranvía
0,0055		Neumáticos BMX de bicicleta usados para automóviles solares
0,010 a 0,015		Neumáticos ordinarios de automóvil sobre hormigón
0,030 a 0,035		Neumáticos ordinarios de automóvil sobre alquitrán o asfalto
0,3		Neumáticos ordinarios de automóvil sobre arena

Fuente: (Piro, 2014 , pág 5).

2.9.3 RESISTENCIA AERODINÁMICA

Se debe a la fricción de la carrocería del vehículo que se mueve a través del aire. Es una función del área frontal, la forma, las protuberancias como los espejos laterales, los conductos y conductos de aire, los spoilers y muchos otros factores.

$$F_{ad} = \frac{1}{2} \rho A C_d v^2 \quad [2.2]$$

Donde:

A : Área frontal

ρ : Densidad del aire

C_d : Resistencia de arrastre

2.9.4 FUERZA DE ACELERACIÓN

Determina la aceleración lineal del vehículo, se basa en la segunda ley de Newton:

$$F_a = m a \quad [2.3]$$

Donde:

m : masa

a : aceleración

Sin embargo, considerando el movimiento rotacional del motor con velocidades angulares altas se puede obtener un resultado más preciso.

2.9.5 COEFICIENTE AERODINÁMICO

Se trata de un número adimensional, que se utilizaba tanto en aeronáutica como en automoción, y otros campos en los que se estudiará el movimiento de objetos en un entorno con aire. En definitiva, en lo que hace el coeficiente aerodinámico es medir cuál es la resistencia al viento que tiene un objeto. En la actualidad, el diseño aerodinámico ha cobrado mucha importancia en los vehículos, sobre todo, a raíz de la mayor proliferación de vehículos híbridos y eléctricos. Ya que una de las principales características de estos últimos coches es conseguir la máxima eficiencia y aumentar su autonomía.

Las letras C_d se utilizan para representar el coeficiente aerodinámico y su valor de referencia es uno. Se puede representar por una plancha cuadrada de metal de un metro de lado. Hoy día, la mayoría de los vehículos se mueven entre el 0,25 a 0,40. Se considera que es más eficiente cuanto más pequeño es el valor.

Cabe señalar que, los camiones y las motos suelen tener un coeficiente mayor que la de los turismos. Esto es debido a que las líneas de la carrocería de camiones y motos son más abruptas y heterogéneas (RETINGFINDERS, 2019, pág 1).

2.9.6 COAST-DOWN

Según Preda et al. (2010), el Coast-Down es una de las más pruebas frecuentes de moto vehículos y consiste en el lanzamiento del vehículo desde una cierta velocidad con el motor sin engranajes, registrando simultáneamente la velocidad y distancia recorrida hasta que el vehículo se detiene. Esta puede estar hecho para diferentes razones, principalmente apuntando para obtener información valiosa sobre el estado general del vehículo y sobre la interacción con el medio ambiente.

Un objetivo principal de esta la prueba es para evaluar los valores de las fueras resistentes que actúan en el vehículo a cierta velocidad. Además, que tiene la posibilidad para reproducirlos sobre soportes de prueba (dinamómetros con o sin rodillos) para medir el consumo de combustible, o ruido por otros propósitos. Otro punto importante es para determinar algunas posibles anomalías de algunos subconjuntos de del motor vehículo (p. 155).

2.9.7 POTENCIA DE TRACCIÓN

Según Jiménez Palacios (1999) , se define como la potencia instantánea por la unidad de masa del vehículo, la potencia instantánea generada por el motor se utiliza para superar la resistencia a la rodadura y la resistencia aerodinámica y aumentar la energía potencial del vehículo, no debe confundirse con la potencia específica del motor definida como la máxima potencia se salida de un motor. Es igual al producto de la velocidad y una aceleración equivalente, que incluye los efectos de la pendiente del camino y la resistencia a la rodadura, más un término para la resistencia aerodinámica que es proporcional al cubo de la velocidad instantánea (p. 54).

CAPITULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describen todos los materiales como también procesos metodológicos que se utilizó en este trabajo de grado para cumplir con los objetivos planteados en el inicio de este. Además, se detallan todas las pruebas a las que se sometió a la moto eléctrica Super Soco Tc Max, con el fin de conocer su autonomía real y así mismo establecer un ciclo de conducción en condiciones reales basado en el ciclo de conducción WMTC.

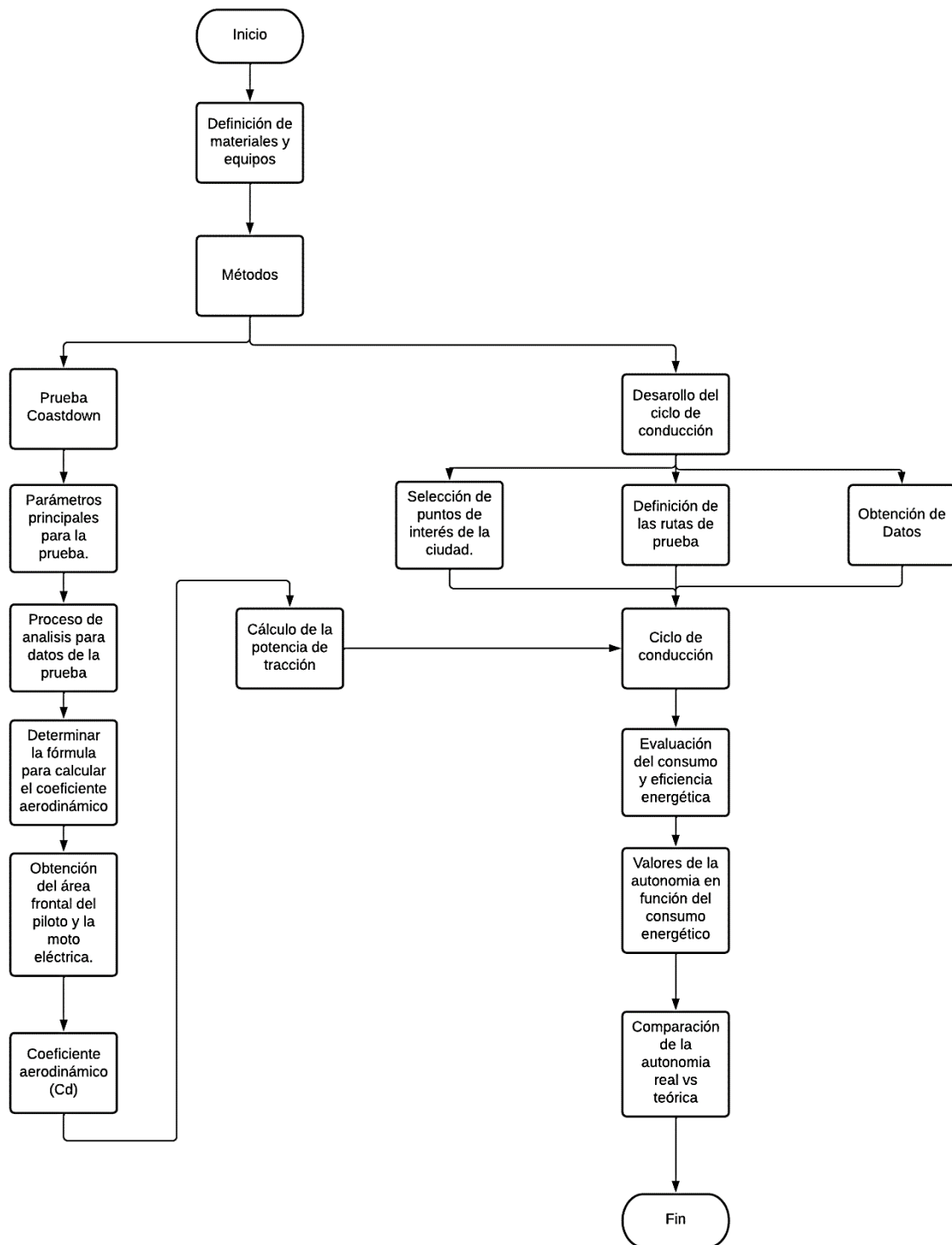


Figura 3.1 Flujograma de la Metodología

La Figura 3.1 muestra el flujograma de la metodología, donde se describe de forma ordenada las pruebas que se realizaron en el presente trabajo de grado.

3.1 MATERIALES

Los materiales que intervienen en este trabajo de grado han sido detallados y seleccionados de acuerdo con las diferentes pruebas que se va a realizar.

3.1.1 MOTO ELÉCTRICA SUPER SOCO

Existen diferentes modelos y versiones de la motocicleta Super Soco, con variación en su precio en función de la autonomía y de las opciones que puede brindar, la usada en el trabajo de grado fue la TC MAX, elegida por sus características además de contar con un puerto DLC para escáner automotriz y una función de conectividad Bluetooth que está disponible solo en algunos países.



Figura 3.2 Moto eléctrica Super Soco

La Figura 3.2 muestra la Moto Eléctrica Super Soco Tc Max, es una motocicleta eléctrica diseñada para ser un vehículo urbano, con un máximo de dos ocupantes, su país de origen es China, cuenta con un motor Bosch con batería fabricada por Panasonic, tacómetro digital con información de la batería como el SOC, temperatura, velocidad.

Se presenta en la Tabla 3.1 la información técnica del manual de usuario de la Super Soco TC Max.

Tabla 3.1 Ficha técnica de la moto eléctrica

Super Soco modelo TC-MAX	Característica.	Parámetro.
Motor	Potencia Máxima	4500 W
	Tipo de motor	Central con correa
	Fabricante	Bosch
	Controlador	Campo de control guiado FOC
	Max Torque	180 Nm
Batería	Fabricante	Panasonic
	Tipo de batería	Celdas de Litio
	Fuente de alimentación	72 V
	Capacidad	45 Ah
	Carga	de 5h a 6h
	Cargador	110V 60 V/4AH
Capacidad	Velocidad Máxima	90 km/h
	Autonomía (km)	110 km con 1 batería
	Peso	84 kg
	Distancia entre ejes	1.320 mm
	Carga Máxima	160 Kg

Fuente: Manual super soco

3.1.2 DATA LOGGER (GPS)

Se utilizaron dos de estos equipos para las distintas pruebas que se realizaron, configurando el registro de los datos en una frecuencia de 1 Hz con el fin de mejorar la fiabilidad en la obtención de los datos. El dispositivo funciona en conjunto con un software que es proporcionado por el fabricante, en el cual se visualiza la ruta recorrida y se puede obtener un archivo Excel con la memoria de Data Logger.



Figura 3.3 Data logger GPS

La Figura 3.3 muestra al Data logger GPS, Es un instrumento de registra la altura, velocidad, tiempo, latitud y distancia recorrida, mediante una señal satelital.

3.1.3 HIGRÓMETRO



Figura 3.4 Higrómetro

La Figura 3.4 muestra al Higrómetro, es un instrumento que se utilizó para medir el grado humedad del aire, para la prueba de Coast-Down, se lo instalo en un costado de la pista y se verificaron los datos al inicio y final de cada recorrido de la motocicleta

3.2 MÉTODOS

En este capítulo, se presentan los ciclos de conducción, las diferentes metodologías destinadas a la prueba de Coast-Down, medición del consumo de energía del vehículo, y el análisis comparativo entre la autonomía real y la autonomía teórica. Igualmente se presenta el procedimiento de la para la selección de rutas que pasen por los distintos puntos de

atracción de la ciudad, con el único fin de desarrollar un procedimiento aplicable en ciudades de altura a los diferentes vehículos eléctricos.

3.2.1 PRUEBA DE COAST-DOWN

Inicialmente se realiza la prueba de Coast-Down, la cual consiste en la desaceleración del vehículo de motor en una pista larga y plana. A partir de una velocidad inicial, hasta llegar a una velocidad final, sin presionar el pedal del freno. Determinando el tiempo que toma el vehículo en completar el delta de velocidades y la distancia recorrida. A continuación, se detalla el protocolo de esta prueba.

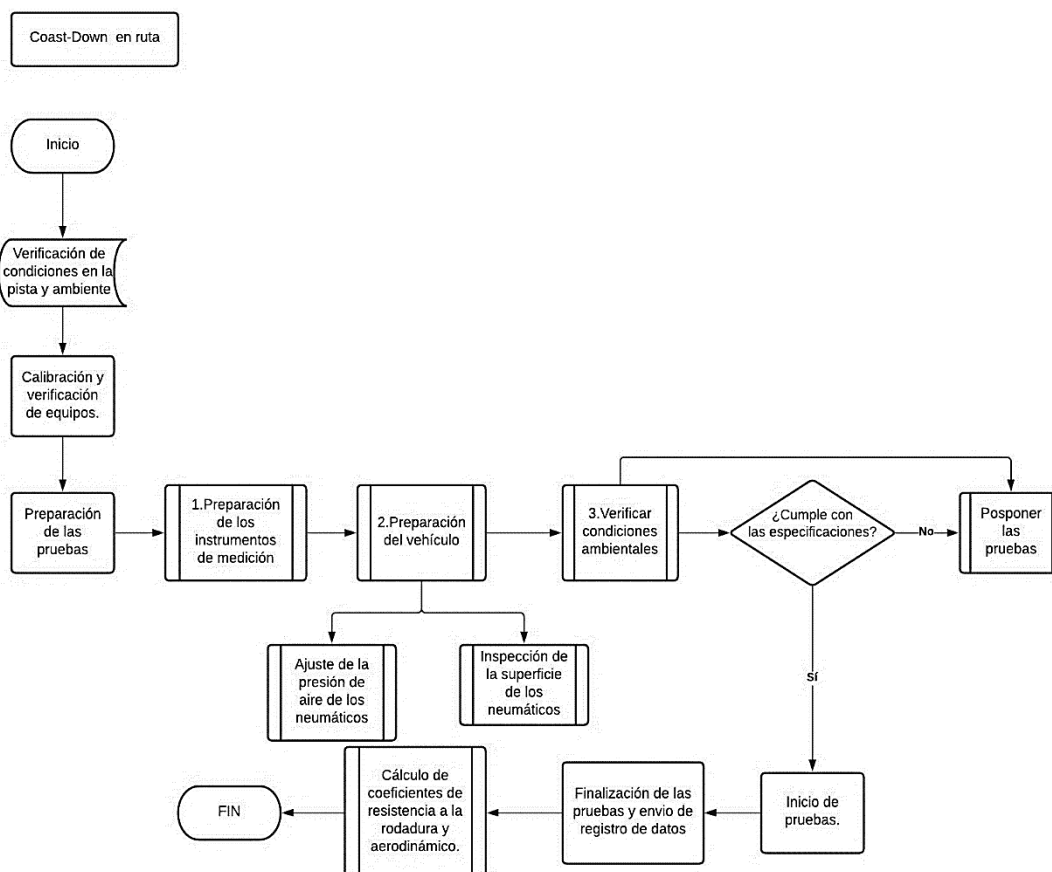


Figura 3.5 Protocolo de Coast – down

La Figura 3.5 muestra el protocolo seguir antes de realizar la prueba de Coast – down. Esta prueba permite determinar los coeficientes de resistencia a la rodadura y el coeficiente aerodinámico que presenta el vehículo en la prueba de desaceleración libre en ruta (Herrera, 2018 , pág. 26)

Desarrollo de la prueba

Esta prueba se la realizó en el Autódromo de Yahuarcocha, con el fin de llevar la moto eléctrica a la velocidad máxima establecida para la prueba, se determinó puntos de referencia para marcar el inicio y el fin del recorrido. Considerando un bajo grado de inclinación en una zona de la pista libre de curvas. Además, esta prueba se realizó con tres diferentes presiones de los neumáticos, y las pruebas se las clasifico en pruebas A, B Y C. En cada una de estas pruebas se realizó tres repeticiones para una mejor obtención de datos.

La hora de la ejecución de las pruebas fue entre las 10:30 am hasta las 12:30 pm, teniendo condiciones climáticas favorables para cumplir con el protocolo de ejecución de la prueba de Coast-Down.

La Tabla 3.2 muestra los porcentajes de las presiones de los neumáticos delanteros y posteriores en cada una de las pruebas realizadas siendo reducida en un 15% en cada prueba.

Tabla 3.2 Tabla de presión de neumáticos en el COAST-DOWN

Tabla de Presión y Pruebas				
Pruebas		Porcentaje de presión	Presión de Neumático delantero	Presión de Neumático Trasero
Prueba A	Prueba A1	100%	29 PSI	32 PSI
	Prueba A2			
	Prueba A3			
Prueba B	Prueba B1	-15%	24 PSI	27 PSI
	Prueba B2			
	Prueba B3			
Prueba C	Prueba C1	-30%	20 PSI	22 PSI
	Prueba C2			
	Prueba C3			

Parámetros principales Coast-Down

La Tabla 3.3 describe los parámetros principales de la prueba de coast – down los mismos que se modificaron para que la moto eléctrica pueda cumplir.

Tabla 3.3 Parámetro principales de COAST-DOWN

PARÁMETROS COAST DOWN	
velocidad	80-0 Km/h
carretera seca y nivelada	menor al 5%
sin viento sin precipitaciones	-
presión atmosférica	29 inHg
masa área	-
presión de neumáticos	recomendada por el fabricante
gps	1hz

Fuente: (Preda et al., 2010 , págs. 2-7)

Una vez realizado las pruebas de COAST-DOWN se procedió a realizar la ingeniería de datos, es decir a procesar los datos obtenidos con los data logger(GPS). Con la obtención de esos datos se procede a calcular el coeficiente aerodinámico aplicando la fórmula correspondiente.

Obtención del coeficiente aerodinámico (Cd)

Se parte de la segunda ley de Newton la cual plantea la siguiente ecuación:

$$\sum F = m * a \quad [3.1]$$

Donde

$F = fuerza$ (N)

$m = masa$ (kg)

$a = aceleración$ (m/s²)

Las fuerzas que influyen en la prueba de COAST DOWN son:

$$F_{aero} + F_{mech} = m * a \quad [3.2]$$

Donde

F_{aero} = Fuerza de resistencia aerodinámica

F_{mech} = Fuerza de resistencia mecánica

Al analizar cada una de las fuerzas se obtiene la siguiente ecuación:

$$\frac{\rho V^2 C_d A}{2} + C_{rr} N = m * a \quad [3.3]$$

Se despejo el coeficiente aerodinámico (C_d), y se obtuvo lo siguiente:

$$C_d = \frac{[(ma) - (c_{rr}N)]2}{\rho V^2 A} \quad [3.4]$$

Donde:

C_d : coeficiente aerodinámico (adimensional)

m : masa (kg)

a : aceleración

C_{rr} : coeficiente de rozamiento (adimensional)

N : normal (kg)

ρ : densidad del aire (kg/m^3)

V : velocidad instantánea (m/s)

A : área (m^2)

Obtención del área del vehículo

Fue necesario obtener el área frontal del vehículo con su piloto, para eso se utilizó el software SOLID WORKS

Se realizo el modelo CAD de la moto con el piloto en el software solid Works.

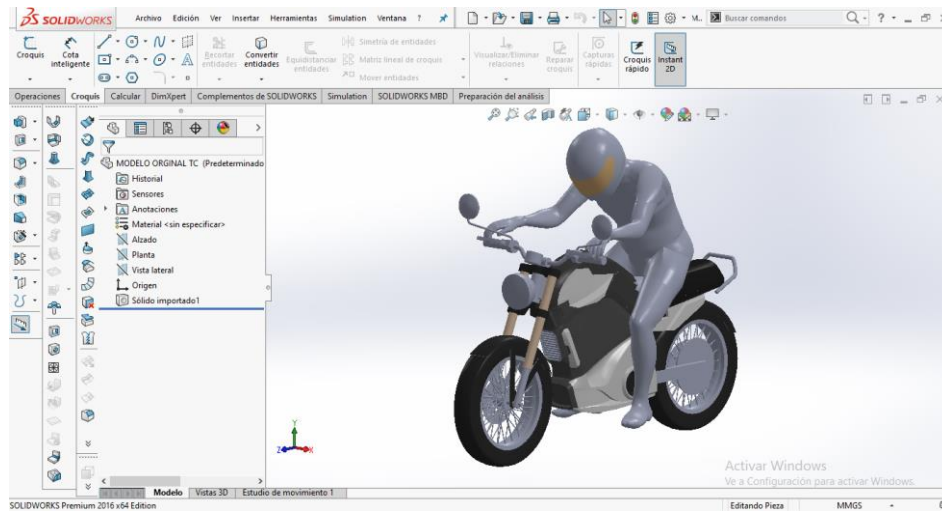


Figura 3.6 Modelado de moto y su piloto

La Figura 3.6 muestra el modelado de la ME junto con su piloto en SOLID WORKS, para la obtención del área se tomó en cuenta la parte frontal del vehículo, por ello se lo paso a un plano 2D para facilitar el proceso. Para completar esta fase del trabajo de grado se procedió a borrar todas las líneas interiores del modelo, es decir se deja solo el perímetro del modelo.

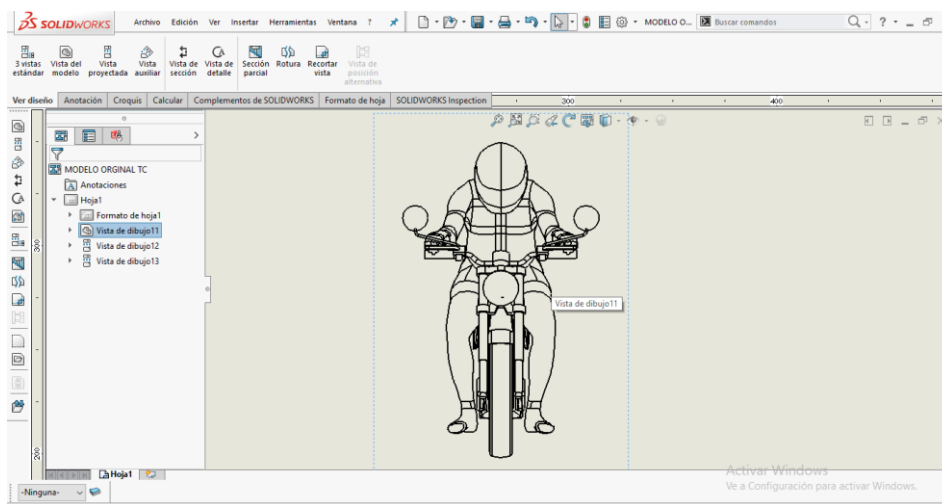


Figura 3.7 Croquis frontal de motocicleta

La Figura 3.7 muestra el croquis del plano frontal del vehículo, con el cual se procedió a ejecutar el comando calcular, seguido de la operación medir.

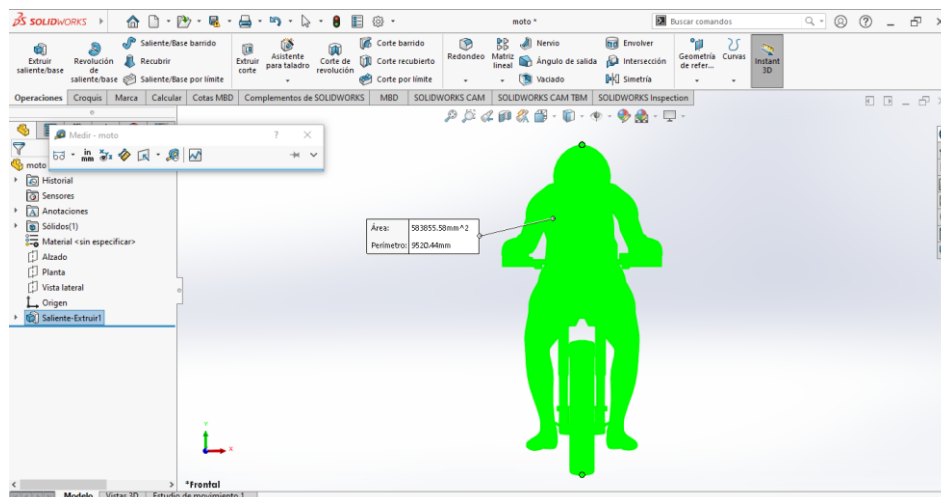


Figura 3.8 Cálculo del área frontal del vehículo

La Figura 3.8 muestra la obtención del área frontal del vehículo, la misma que se la obtuvo con las operaciones que posee el software SolidWorks.

3.2.2 FÓRMULA DE POTENCIA DE TRACCIÓN (SP)

La ecuación [3.5] muestra las fuerzas que intervienen en el SP

$$SP = \frac{\frac{d}{dt}(KE + PE) + F_{rolling} * V + F_{Aerodynamic} * V}{m} \quad [3.5]$$

$$SP = \frac{\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} m * (1 + \epsilon_i) * V^2 + mgh \right) + C_R mg * V + \frac{1}{2} \rho_a C_d * A (V)^2 * V}{m}$$

La ecuación [3.6] muestra la fórmula destinada al cálculo del SP

$$SP = V * (a * (1 + \epsilon_i) + g * grade + g * C_R) + \frac{1}{2} \rho_a \frac{C_d * A}{m} (V)^2 * V \quad [3.6]$$

Donde:

m: masa del vehículo. (kg)

v: velocidad del vehículo. (m/s)

a: aceleración del vehículo. (m/s²)

ε_i : factor de masa. (adimensional)

h: altitud del vehículo (m)

grade: elevación vertical, longitud de la pendiente.

g : gravedad (9,8 m/s²)

C_R: coeficiente de resistencia a la rodadura(adimensional).

C_d: coeficiente aerodinámico (adimensional).

A: área frontal del vehículo. (m²)

ρ_a : densidad del aire (kg/m³)

Para facilitar los cálculos con las fórmulas mencionadas anteriormente se procedió a usar el software Matlab, en el cual se describe una programación que contiene la ecuación 3.6, donde utilizan los datos obtenidos en las diferentes pruebas, para obtener la gráfica y los valores de potencia de tracción (SP) de la ME, segundo a segundo de los ensayos realizados.

3.3 OBTENCIÓN DE RUTA

Para la obtención de la ruta se tomó en consideración el plan de movilidad de la ciudad de Ibarra y con ayuda de una matriz origen destino que se muestra en la figura 3.10 se pudo determinar la ruta adecuada para determinar la autonomía de la ME. Además, se planteó un protocolo, el mismo que debe ejecutarse antes de elegir una ruta para la ejecución de las diferentes pruebas. En los siguientes subtemas se detallan cada una de las partes que intervienen en el flujograma.

- **Protocolo para la obtención de rutas adecuadas.**

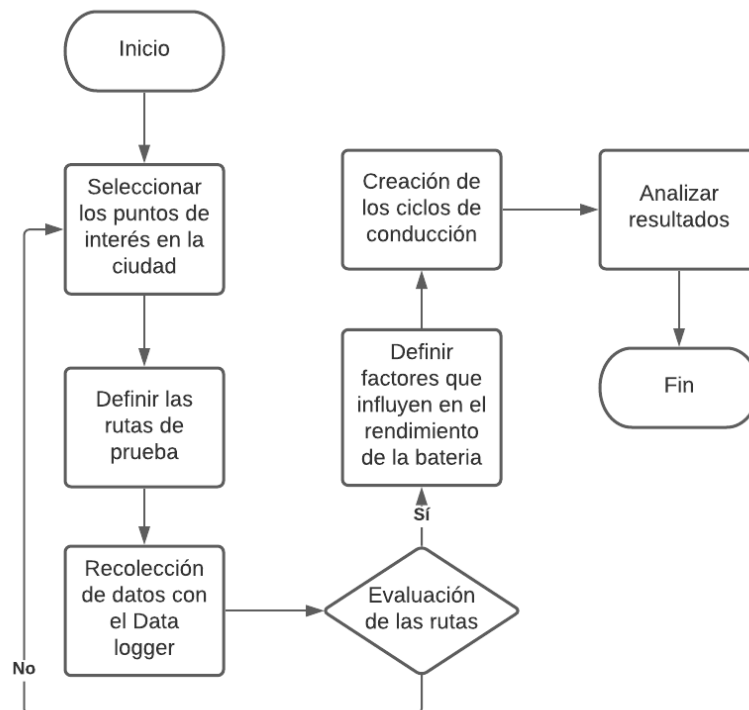


Figura 3.9 Flujograma de obtención de ruta

La Figura 3.9 muestra un flujograma en cual describe el proceso de la obtención la ruta adecuada en la que se realizó la prueba y así obtener los datos para conocer la autonomía real de la batería de la moto eléctrica.

Puntos de atracción de la ciudad

Para este caso de estudio en la ciudad de Ibarra, con un área de 242 Km², y con 182457 habitantes. Se considero el plan de movilidad de la ciudad, para determinar los diferentes motivos por los cuales se movilizan las personas en la ciudad.

Los principales motivos que impulsan la movilidad de la ciudad son los siguientes: estudio, ocio y trabajo. Una vez definidos los motivos de movilidad se procedió a clasificar los puntos de atracción en las tres categorías mencionadas anteriormente.

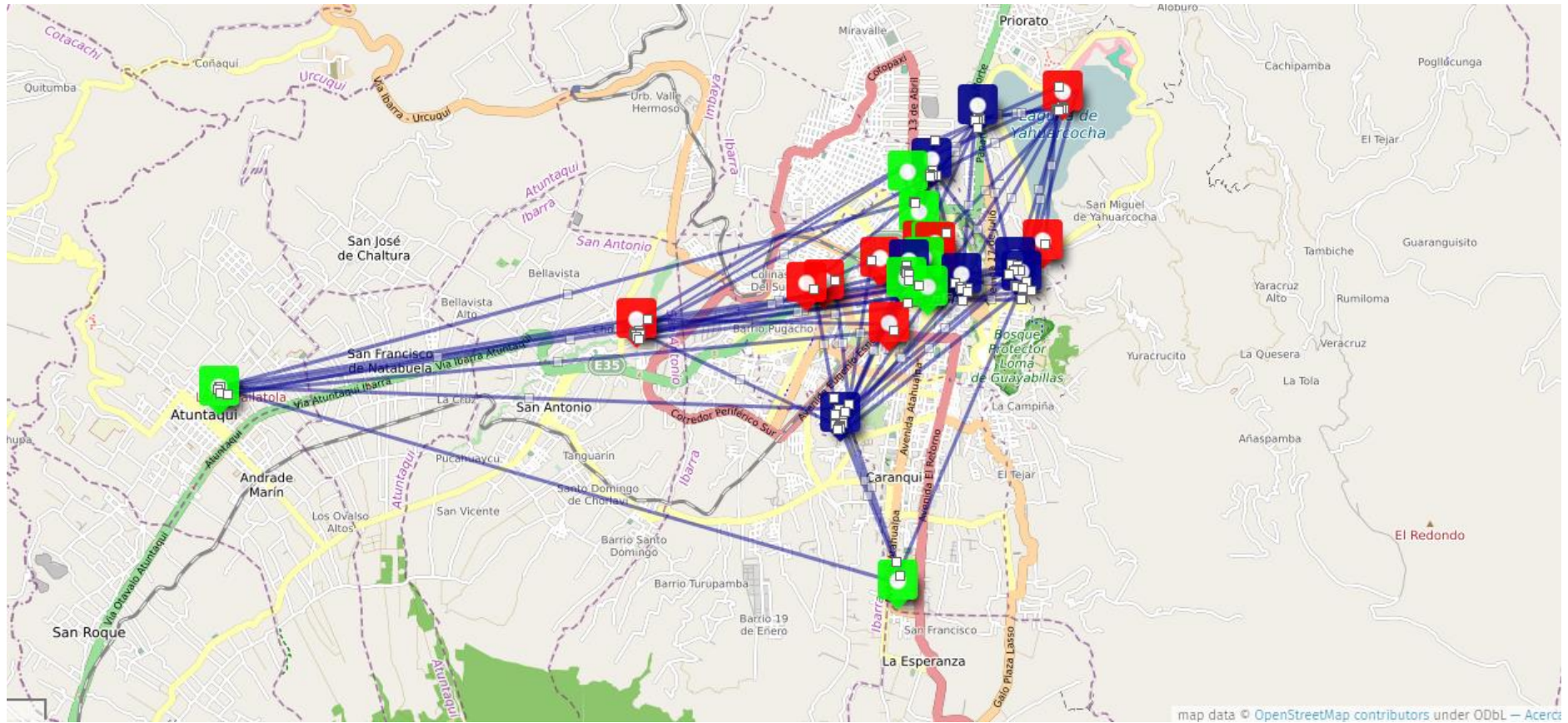


Figura 3.10 Matriz Origen – Destino

(umap, 2021)

La Figura 3.10 muestra la matriz origen destino, la misma que se planteó para definir la ruta adecuada para la obtención de la autonomía de la ME. Donde los iconos de color azul representan los puntos de trabajo, los iconos verdes representan los puntos de estudio y los rojos representan los puntos de ocio.

Consideraciones de la prueba

La prueba se la realizo en la ruta que se describe a continuación, considerando la masa de la ME y del piloto. No se incluye el peso de otros ocupantes ya que la prueba se la realizo con una sola persona, el conductor. Las pruebas se las realizo en los tres modos de conducción (eco, normal, sport) que posee la moto eléctrica Super Soco Tc Max.

La Tabla 3.4 muestra los parámetros que se consideró al momento de hacer la prueba en ruta.

Tabla 3.4 Consideraciones de la Prueba

Parámetro	Valor	Unidad
Peso conductor	75	Kg
Peso moto	100	Kg
Modo de conducción	1,2,3	-

Determinación de las rutas para las pruebas experimentales

Teniendo en cuenta los diferentes puntos de atracción se determinó la ruta de prueba, con tres distintas zonas: urbana, rural y autopista.

A continuación, se presenta el estudio realizado para la obtención de la ruta, posterior a esto se realizó la adquisición de los datos correspondiente como también la respectiva interpretación de estos, para así determinar la autonomía real de la moto en la ciudad de Ibarra.

Variables de selección de la ruta

Las variables más considerables para la obtención de las rutas son:

- Vías de mayor frecuencia
- Congestión vehicular
- Pendientes

- Límite de velocidad (vías rápidas/ciudad)
- Tipo de calzada
- Condición climática
- Posición geográfica

Descripción de la ruta establecida

Una vez definidos las variables que intervienen en la selección de la ruta, se procederá a desarrollar la misma en la zona urbana, rural y carretera de la ciudad de Ibarra. Cumpliendo con todos los parámetros mencionados anteriormente, para su posterior ejecución experimental.

A continuación, se detallará la ruta escogida con las variables que intervienen en cada una de ellas, además, se especificara las características principales por la que fue escogida.

3.3.1 Zona urbana de la ciudad de Ibarra

Para la selección de esta ruta se estableció las siguientes variables:

- Vías de mayor frecuencia
- Congestión vehicular
- Límite de velocidad

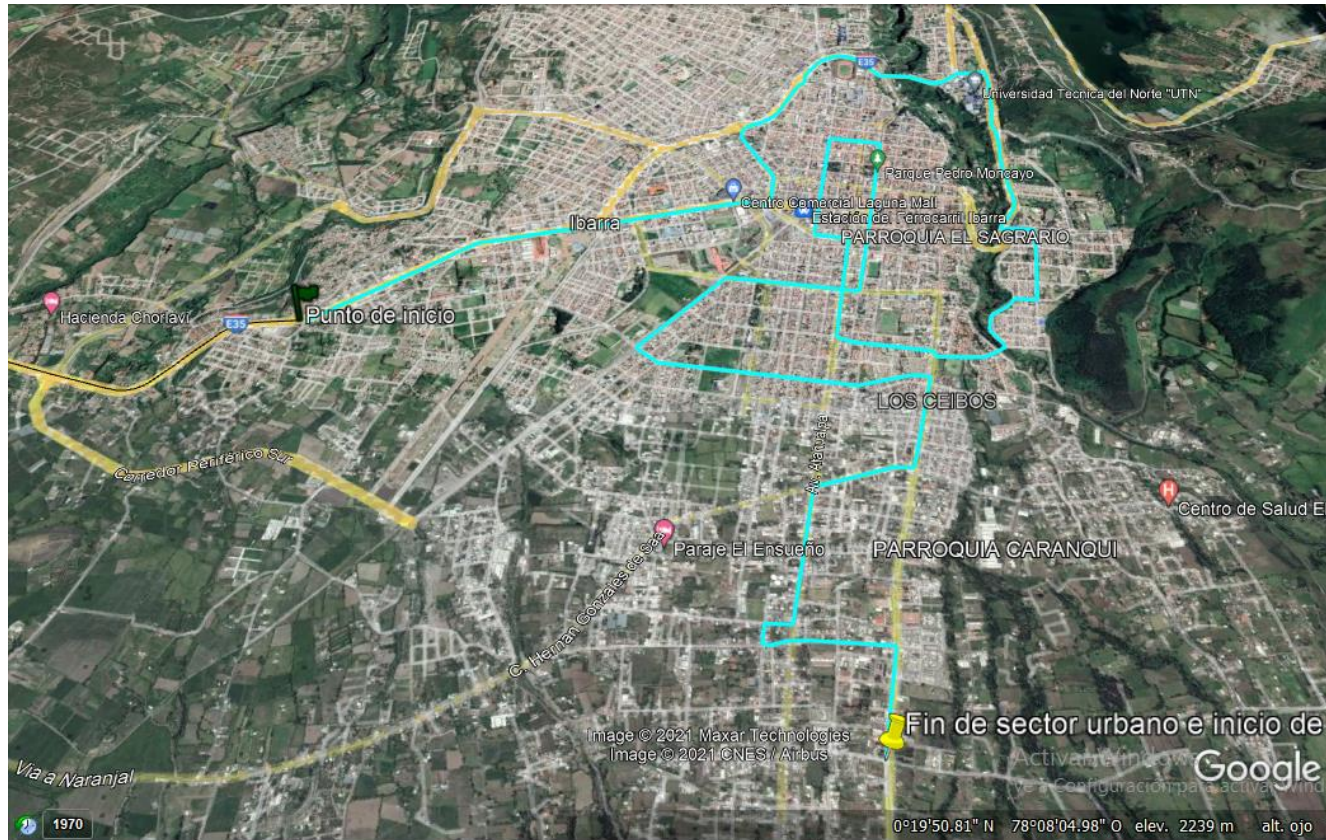


Figura 3.11 Mapa de ruta 1(ruta urbana)

(Google Earth, 2021).

La Figura 3.11 muestra la zona urbana de la ciudad la misma que tiene una amplia zona residencial y comercial. En todo el recorrido existen vías de dos carriles, desde el sector de La Florida hasta el sector del Retorno con una distancia de 19 Km. Esta ruta esta considera como una ruta urbana de mayor frecuencia y congestión vehicular. Recorre algunos de los principales lugares turísticos, de estudio y lugares de ocio que las personas frecuentan en la ciudad, con una velocidad máxima de 50 Km/h.

3.3.2 Zona rural de la ciudad de Ibarra

Para la elección de esta ruta se consideró las siguientes variables:

- Pendientes
- Tipo de calzada
- Posición geográfica

Es una zona con una amplia zona residencial, pero con una baja zona comercial, por tal motivo es considerada una ruta rural.

Para la elección de esta ruta se tuvo en consideración el plan de movilidad de la ciudad, como también se realizó una matriz de origen destino, donde se detalla la movilidad de las distintas personas de esta ruta ya sea por trabajo, estudio u ocio.

A continuación, en la siguiente tabla se detalla aspectos principales de la ruta escogida.

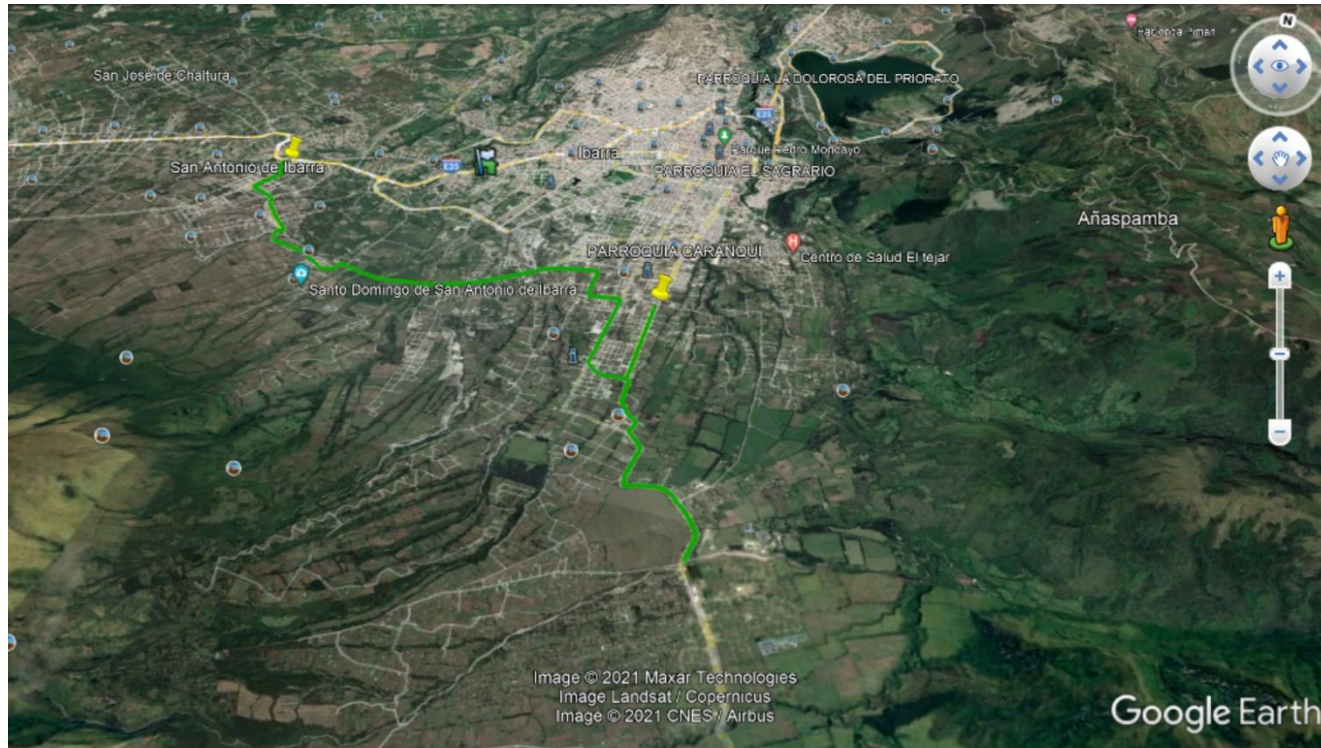


Figura 3.12 Mapa de Ruta 2 (Ruta rural)

(Google Earth, 2021).

La Figura 3.12 muestra el mapa de la zona rural, la cual posee una amplia zona de cosecha de productos agrícolas. Esta ruta es a continuación de la ruta urbana descrita anteriormente. Con una distancia de 17.7 Km, empieza por el retorno en la Unidad Educativa Imbabura PCEI. Sigue vía a la Esperanza hasta llegar al batallón militar Yaguachi, dando una vuelta en U, y por el mismo camino se regresa hasta la intersección de la avenida El Retorno y avenida Atahualpa. Pasando por Caranqui con dirección hacia San Antonio.

3.3.3 Zona de Autopista

Para la elección de esta ruta se consideró los siguientes parámetros:

- Congestión vehicular
- Vías de mayor circulación
- Tipo de calzada
- Límites de velocidad (vía rápida)

Con esta ruta se espera comprobar la autonomía de la moto, considerando los factores mencionados anteriormente, ya que esta ruta es una vía rápida, por lo tanto, el vehículo fue sometido a un esfuerzo mayor para poder cumplir con la prueba, y sobre todo cumplir con los límites de velocidad establecidos en la ruta.

A continuación, se detalla la información de la ruta con su respectivo croquis.

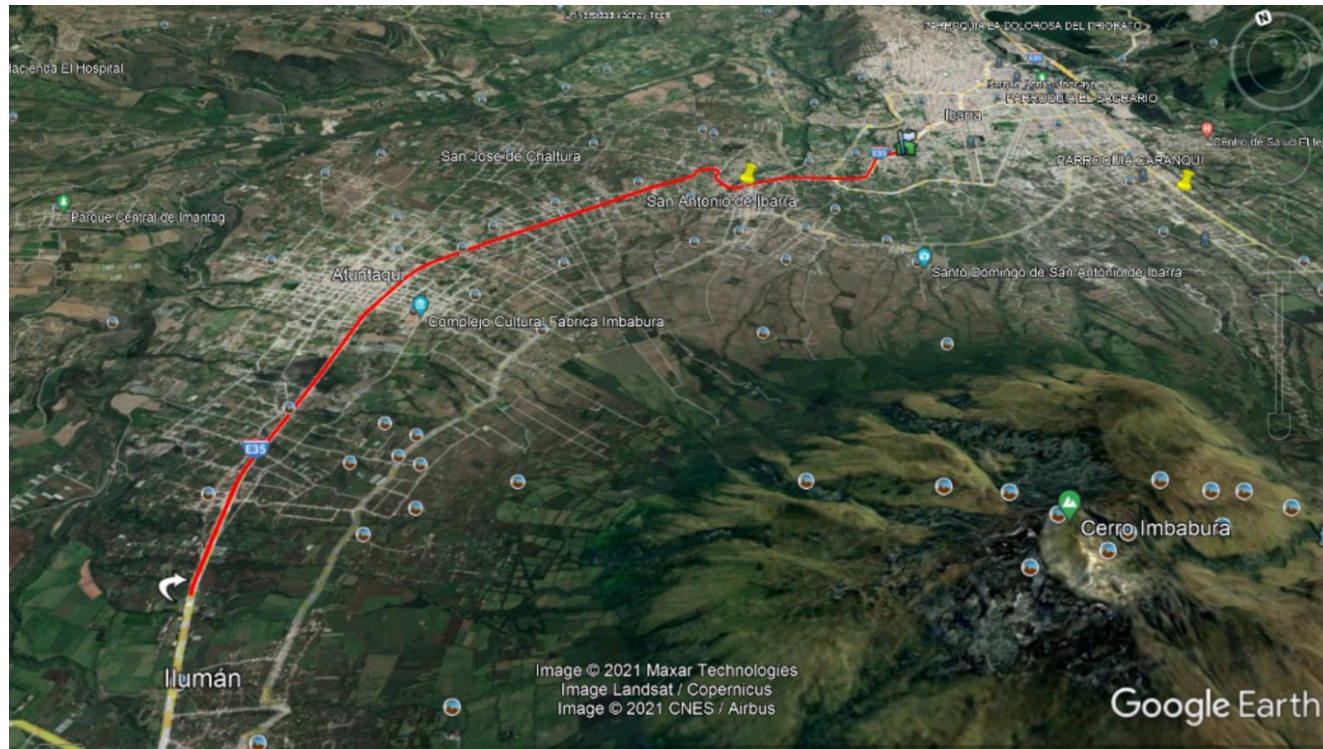


Figura 3.13 Ruta Periférica (Carretera)

(Google Earth, 2021).

La Figura 3.13 muestra la zona de autopista, la ruta escogida consta de una amplia zona comercial, todo el trayecto de esta ruta consta de 3 carriles en un solo sentido, la misma que cuenta con una distancia de 17.7 Km.

Desarrollo de la prueba

Una vez establecida la ruta, tanto por la zona urbana, rural y carretera, se procedió ejecutar la misma. teniendo en cuenta las variables mencionadas anteriormente, las mismas que se consideró ya que es un ensayo en condiciones reales.



Figura 3.14 Prueba en condiciones reales

En la Figura 3.14 se muestra la prueba en condiciones reales, se estableció el punto de inicio de la prueba en la zona urbana, fijando la hora de inicio alrededor de las 8 am con el fin de realizar el recorrido en horas con mayor flujo vehicular. Los datos fueron recolectados en varios días en los cuales se utilizó los tres diferentes modos de conducción que posee la moto eléctrica Super Soco TC Max. Se efectuó la misma prueba para cada modo en días distintos.

En la Tabla 3.5, se muestran los datos obtenidos en la ruta, se los comparo con la normativa Eu 2018/1832 la misma que analiza las emisiones reales y el consumo de energía

Tabla 3.5 Características de la ruta de ensayo en función de la norma

Parámetros en Ruta		Requisitos en la Regulación STD	Requisitos Obtenidos en la Ruta	Cumple Si/No
Duración Total de la Prueba (modo 1)		Entre 90-120 min	155 min (2h35min)	No
Duración Total de la Prueba (modo 2)		Entre 90-120 min	115 min (1h55min)	Si
Duración Total de la Prueba (modo 3)		Entre 90-120 min	106 min (1h46min)	Si
Distancia	Urbano		19 Km	Si
	Rural	>16	17,7 Km	Si
	Carretera		24,4 Km	Si
Composición de la Ruta	Urbano	29 - 44% distancia	31,66%	Si
	Rural	23 - 43% distancia	29,50%	Si
	Carretera	23 - 43% distancia	40,66%	Si
Velocidades Promedio (modo 1)	Urbano	15 - 50 Km/h	25,37 Km/h	Si
	Rural	60 - 90 Km/h	29,56 Km/h	No
	Autopista	<90	36,15 Km/h	Si
Velocidades Promedio (modo 2)	Urbano	15 - 50 Km/h	27,76 Km/h	Si
	Rural	60 - 90 Km/h	33,82 Km/h	No
	Autopista	<90	51,05 Km/h	Si
Velocidades Promedio (modo 3)	Urbano	15 - 50 Km/h	38,04 Km/h	Si
	Rural	60 - 90 Km/h	35 Km/h	No
	Autopista	<90	59,71 Km/h	Si
Carga Útil		<90 % del peso máximo del vehículo	75kg	Si
Altitud	Moderada	0 - 700 m	2400	No
	Extendida	700 - 1300 m	2196 - 2663	No
	Diferencia	No mas de 100 m de diferencia de altitud	467	No
	Ganancia Acumulada	1200 m por 100 Km	760 por 100 Km	No
Temperatura Ambiente	Moderada	0°C - 30°C	15°C	Si
	Extendida	7°C-0°C Y 30°C-35°C		
Porcentaje de Parada		entre 6% y 30% del tiempo urbano	6 a 9 minutos (12,67%)	Si

Tabla 3.5 Características de la ruta de ensayo en función de la norma (**Continuación...**)

Máxima Velocidad (modo 1)		145 Km/h (160 Km/h para el 3% del tiempo de conducción en la autopista)	50 Km/m	No
Máxima Velocidad (modo 2)		145 Km/h (160 Km/h para el 3% del tiempo de conducción en la autopista)	70 Km/h	No
Máxima Velocidad (modo 3)		145 Km/h (160 Km/h para el 3% del tiempo de conducción en la autopista)	100 Km/h	No
Uso de sistemas Auxiliares		de uso gratuito en la vida real (operación no registrada)	dr1 se mantiene encendido con un consumo de 0,8 W	

Fuente: (Europeo et al., 2018, p. 210–230)

3.3.4 CONSUMO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA TANK TO WHEEL (TTW).

Mediante el software Matlab, se calculó el SP de la moto eléctrica en cada segundo de la ruta. Se realizó un análisis de las unidades con el fin de transformar el SP que está definido en W/kg, a las unidades de consumo energético de la rueda que se encuentra en kWh. Por lo tanto, para encontrar el consumo energético es necesario transformar las unidades a Jules y posteriormente a kWh.

Se lo realizó multiplicado a cada uno de los valores por la suma de la masa del vehículo con el conductor y a este resultado se lo volvió a multiplicar por el tiempo, en este caso por 1s ya que son muestras que se realizaron segundo a segundo.

3.3.5 DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA DE LA ME.

Para la determinación de la autonomía se procedió a calcular la energía consumida en la rueda, Tabla 4.3 y la eficiencia del ME, con la ecuación 3.7. Para realizar los cálculos mencionados anteriormente se utilizó el dato de la capacidad real de la batería (3,46 kWh)

del trabajo de grado (Camuendo Olger Fabian; Pastaz Manuel Patricio, 2021 , pág 58). El ensayo se lo realizo en modo 2 con la batería totalmente cargada 100% hasta que se descargue completamente al 0% recorriendo un total de 75,7 Km.

Se realizo un algoritmo en Matlab, en función de los datos de eficiencia y energía. El mismo que mediante datos reales obtenidos con un data logger GPS, puede calcular los kilómetros restantes de autonomía de cualquier ruta que recorra la ME

3.3.6 DESARROLLO DEL CICLO DE CONDUCCIÓN

Existen diferentes tipos de ciclos de conducción para la determinar el consumo energético de los diferentes vehículos. Entre los más conocidos y usados está el ciclo europeo NEDC, el ciclo americano FTP-75 y el WMTC, que no es más que un ciclo de conducción para motocicletas, en el capítulo de 2 este documento se detallan los ciclos, en Ecuador se usan estos ciclos para la homologación de los vehículos. Además, se realizó una comparación del ciclo WMTC, el mismo que es propio para las motocicletas.

3.3.7 EFICIENCIA TANK TO WHEEL (TTW)

El concepto de "tank-to-wheel" hace referencia a la eficiencia del vehículo propiamente dicho, desde que se carga de combustible hasta que este se transforma en energía mecánica (Gil & Prieto, 2013). La eficiencia de un vehículo eléctrico es un factor que cada vez está más presente en estos vehículos. En este caso el TTW se lo realizó con una división entre la energía de la rueda y la energía de la batería. Para obtener este resultado se aplicó la fórmula 3.8.

$$P = \frac{dE}{dt} \quad [3.8]$$

$$E = \sum P \Delta t \quad 1s$$

$$E = \sum P$$

$$\eta = \frac{E_r}{E_b} \quad [3.9]$$

Donde:

P: potencia

t: tiempo

E: energía

η : eficiencia energética

Er: energía en la rueda

Eb: energía de la batería

CAPITULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente capítulo se detallan los resultados obtenidos en las pruebas realizadas a la moto eléctrica Super Soco TC Max. En la primera parte se detalla los datos obtenidos de la prueba de Coast-Down realizada en el Autódromo de Yahuarcocha, con el fin de obtener el coeficiente aerodinámico en las condiciones reales para la motocicleta Super Soco TC Max.

La siguiente prueba que se realizó, es el ensayo en ruta en condiciones reales, con el fin de comparar la autonomía real versus la autonomía teórica proveniente de los manuales de la moto eléctrica Super Soco TC Max. Para esto fue necesario la creación de una ruta que cumpla con todas las variables mencionadas en el capítulo anterior. Además, se realiza una comparación con el ciclo de conducción WMTC con el ciclo en condiciones reales planteada en la presente investigación.

4.1 PRUEBA DE COAST-DOWN

Una vez realizadas las pruebas de coast-down en el Autódromo de Yahuarcocha se procedió a recolectar los datos de velocidad y tiempo del GPS data logger que se usó en esta prueba. Dichos datos se tabularon en una hoja de cálculo en Matlab, realizando una gráfica velocidad vs tiempo, para una mejor apreciación de dichos resultados en las 4.1, 4.2 y 4.3 se muestran dichos resultados.

4.1.1 DATOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA DE COAST-DOWN

La Tabla 4.1 muestra los resultados de distancia y tiempo recorridos por la motocicleta en la prueba de Coast-Down ejecutados en el Autódromo de Yahuarcocha, clasificados en función de la presión de aire en los neumáticos el 100% de presión descrito en la tabla es el recomendado por el fabricante para un óptimo funcionamiento del vehículo. En las pruebas A1, A2 y A3 se observa que los datos de distancia y tiempo varían, aunque el recorrido se lo realizó sin variar la presión de los neumáticos, es decir al 100%, se nota una variación de los datos obtenidos.

En la prueba B se observa que los valores de distancias y tiempo son mayores en comparación con la prueba A, esto se debe a que en esta prueba la presión de los neumáticos se disminuyó un 15%, haciendo que se incremente la resistencia y con esto la distancia y tiempo de recorrido también aumentan.

La prueba C es la prueba con los datos más diferentes entre las tres pruebas (A, B y C), existen una diferencia muy notable entre las distancia y tiempo recorrido, además estos valores son mucho mayores a los de las pruebas A y B.

Tabla 4.1 Datos obtenidos en la prueba

Tabla de datos								
			Distancia(m)			Tiempo(s)		
			De 0 a 80Km/h	De 80 Km/h a 0	Total	De 0 a 80Km/h	De 80 Km/h a 0	Total
PRUEBA A	Presión neumáticos 100%	PRUEBA A1	173.21	393.30	566.545	54	40.5	94.5
		PRUEBA A2	216.8	541.15	802.95	35.5	109.5	147
		PRUEBA A3	241.6	533.99	775.595	16.5	103.5	120
PRUEBA B	Presión neumáticos -15%	PRUEBA B1	179.91	253.59	433.49	77	104	181
		PRUEBA B2	177.86	332.18	510.04	71	154.5	225.5
		PRUEBA B3	268.75	509.97	778.71	89	283	372
PRUEBA C	Presión neumáticos -30%	PRUEBA C1	184.21	162.57	346.78	80	64	144
		PRUEBA C2	244.16	203.70	448.07	88.5	66	154.5
		PRUEBA C3	272.15	232.57	504.72	106.5	80.5	187

4.1.2 GRAFICAS OBTENIDAS EN LA PRUEBA

Las Figuras 4.1, 4.2 y 4.3 muestran una la velocidad en función del tiempo para las pruebas de Coast-Down obtenidas en el software Matlab. La línea azul muestra los picos de todos los datos graficados, la línea roja muestra el análisis de regresión, es una técnica analítica que calcula la relación estimada entre una variable dependiente y una o más variables explicativas. Este proceso se lo ejecuta con el fin de suavizar los picos y tener una mejor comprensión de los resultados en la gráfica.

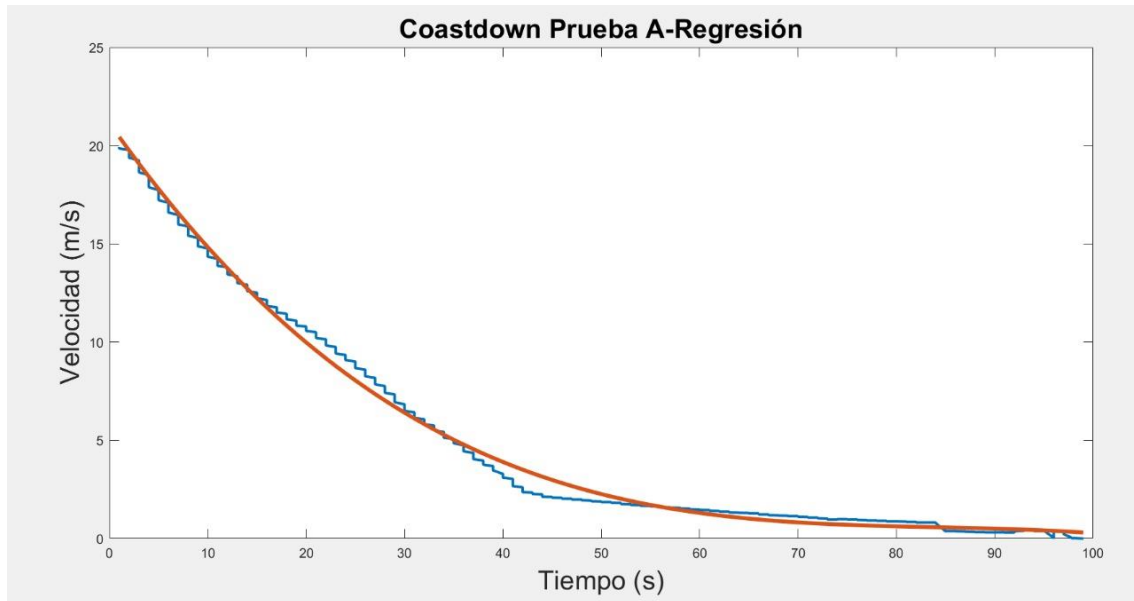


Figura 4.1 Prueba A

En la Figura 4.1 se observa que el tiempo de recorrido desde su velocidad máxima hasta detenerse es de 100 segundos, en esta figura la línea azul no presenta picos exagerados, es decir no muestra mucha resistencia a la rodadura. La línea roja no modifica en gran medida la trayectoria de la línea azul.

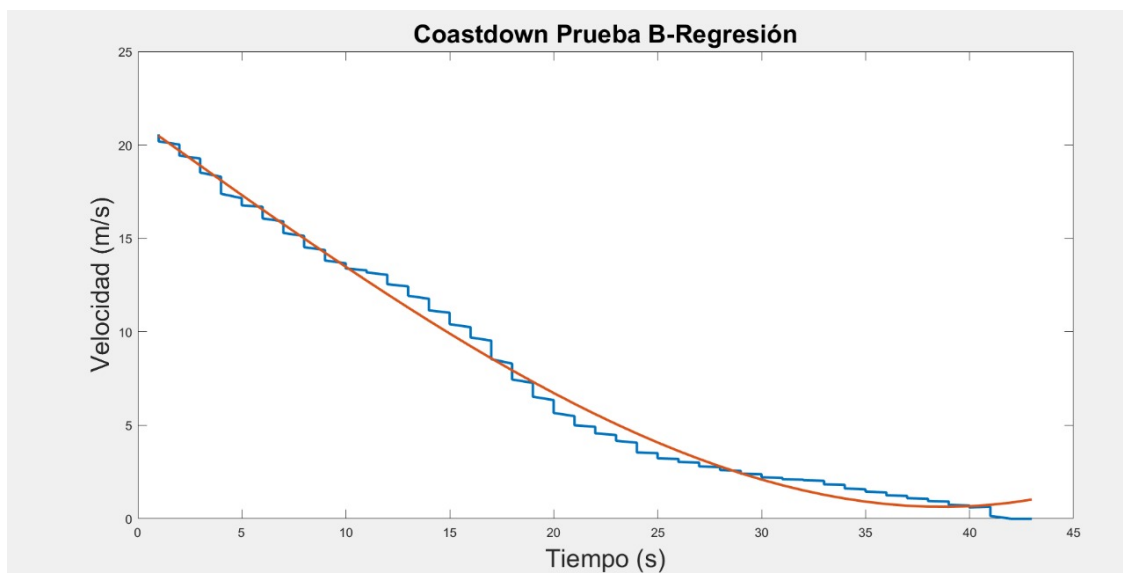


Figura 4.2 Prueba B

En la Figura 4.2 se nota una disminución considerable del tiempo de recorrido, debido a la reducción de menos 15% de la presión de aire en los neumáticos, la línea azul no suavizada

empieza a mostrar mayores picos, por lo tanto, la línea roja que representa a la regresión es más notoria visualmente que en la prueba A.

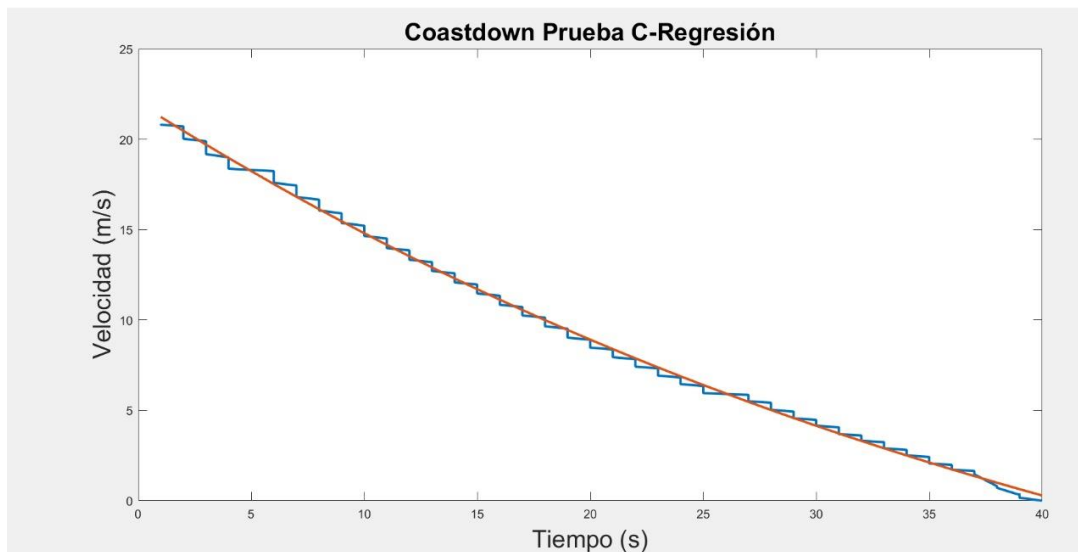


Figura 4.3 Prueba C

En la Figura 4.3 presenta una disminución de tiempo de recorrido, esto debido a que en esta prueba se disminuyó el 30% de la presión del aire de los neumáticos, además esta figura muestra que la regresión se convirtió en una línea casi recta en comparación con las figuras 4.1 y 4.2, donde la línea roja traza una curva definida.

Coefficientes para la ME Super Soco Tc Max

Con el software de programación Matlab en conjunto con diseño en SolidWorks se procede a obtener las diferentes variables de la fórmula 3.4, se realiza un nuevo algoritmo para la programación establecida en Matlab dando como resultado el coeficiente aerodinámico final para este caso de estudio.

Los datos valederos para este trabajo son los de la prueba A, con los neumáticos en la presión recomendada por el fabricante, por lo tanto, en el cálculo del coeficiente aerodinámico no afectaría una resistencia adicional en la rodadura.

En la Tabla 4.2 se observa los resultados obtenidos después de realizar las respectivas pruebas de Coast-Down, teniendo un coeficiente aerodinámico de 0.75 que está en los rangos aceptables para vehículos motorizados de dos ruedas.

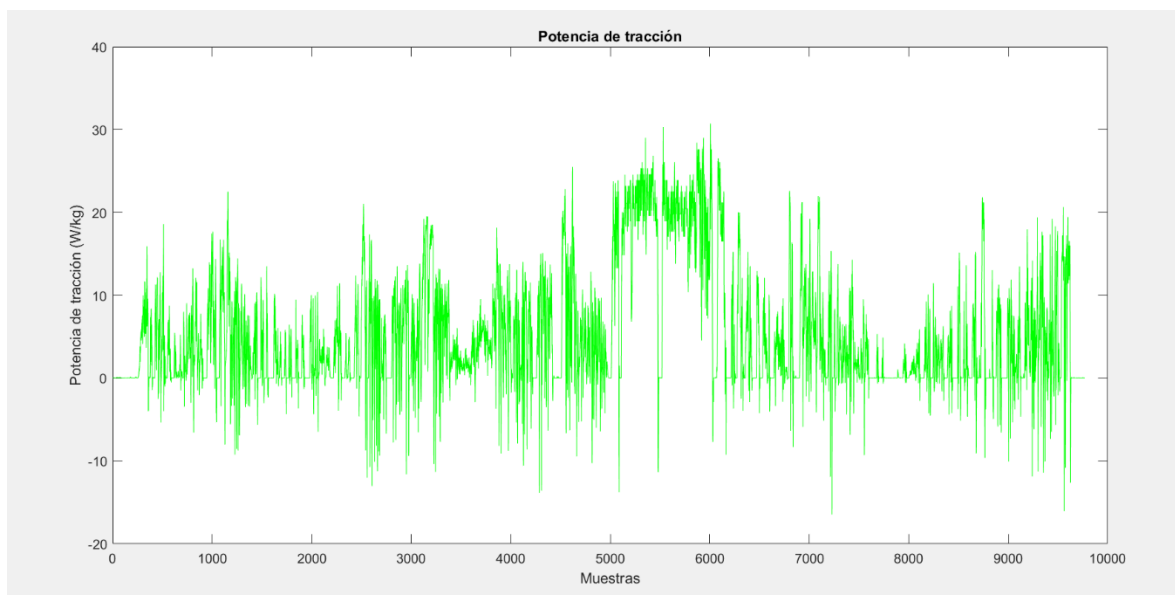
Tabla 4.2 Coeficientes Moto eléctrica Super Soco

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
Masa	m	175	Kg
Área Frontal	A	0,5838	m ²
Coeficiente Aerodinámico	Cd	0,75	adimensional
Coeficiente a la Rodadura	Crr	0,032	adimensional

4.1.3 CONSUMO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA TTW

Con la ruta mencionada en el capítulo anterior, se obtuvo valiosos datos que sirvieron como parámetros para determinar el consumo y eficiencia energética en la rueda de la ME.

Inicialmente se determinó el SP de la ME segundo a segundo en condiciones reales, para posteriormente lograr el cálculo de la eficiencia energética.

**Figura 4.4** Potencia de tracción

La Figura 4.4 muestra los valores de potencia de tracción a lo largo de la ruta en una gráfica que muestra los valores de potencia de tracción (SP) en función de las muestras (tiempo de la prueba) expresado en segundos, fue calculada y graficada en Matlab con los valores

recolectados con el GPS data logger, los datos varían desde -10 W/kg hasta un máximo de 30 W/kg.

Eficiencia energética

Según, (Energía y sociedad, 2020) en el caso del BEV, las estimaciones muestran una eficiencia que alcanza el 77% si la electricidad que carga las baterías del BEV tiene un origen plenamente renovable, en este caso de estudio se determinó una eficiencia del 70,71%, siendo un valor que estaría dentro de los parámetros de la eficiencia para este tipo de vehículos.

Para una mejor comprensión se muestra los resultados obtenidos para el consumo energética y eficiencia TTW mediante una tabla.

La Tabla 4.3 muestra los diferentes resultados obtenidos en base a consumo y eficiencia energética como también el valor de la sumatoria del SP expresado en Jules.

Tabla 4.3 Resultados consumo y eficiencia energética en la rueda

Unidades	Valores	Parámetro
W/kg	50335	$\sum SP$
J	8808600	$\sum SP$
kWh	2,44	E rueda
kWh	3,46	E batería
η	70,71%	Eficiencia

4.2 OBTENCIÓN DE LA AUTONOMÍA DE LA BATERÍA

Con los datos obtenidos en el apartado anterior se realiza un algoritmo en Matlab, el mismo que es capaz de predecir la autonomía de la batería en condiciones reales en función de la energía consumida en la rueda, mostrando un estimado de los kilómetros restantes que podría recorrer la ME.

La Tabla 4.4 muestra los resultados obtenidos en las diferentes pruebas que se realizó para la obtención de la autonomía de la batería.

Tabla 4.4 Valores que influyen en la autonomía

Parámetros	Resultados	Unidades
Capacidad teórica de la batería	3,24	kWh
Capacidad Real de la Batería	3,46	kWh
Energía en la rueda	2,44	kWh
Autonomía teórica	110	km
Autonomía real	75,72	Km
Tiempo	2h:42min	-
Velocidad media	27,79	Km/h

Fuente:(Camuendo Olger Fabian; Pastaz Manuel Patricio, 2021)

4.3 RUTA DE ENSAYO IBARRA

En este apartado se muestra el ciclo representativo para la ciudad de Ibarra, las gráficas 4.5, 4.6 y 4.7 muestra al ciclo en los tres modos de conducción que posee la ME. Este ciclo se lo grafico en la ruta que se estableció en el capítulo anterior pasando por las tres zonas delimitados tales como urbana, rural y carretera. Recorriendo los diferentes puntos de atracción de la ciudad.

Estos ciclos se los realizo en horas pico para una mejor apreciación de los datos.

4.3.1 CICLO DE CONDUCCIÓN EN MODO 1 (ECO)

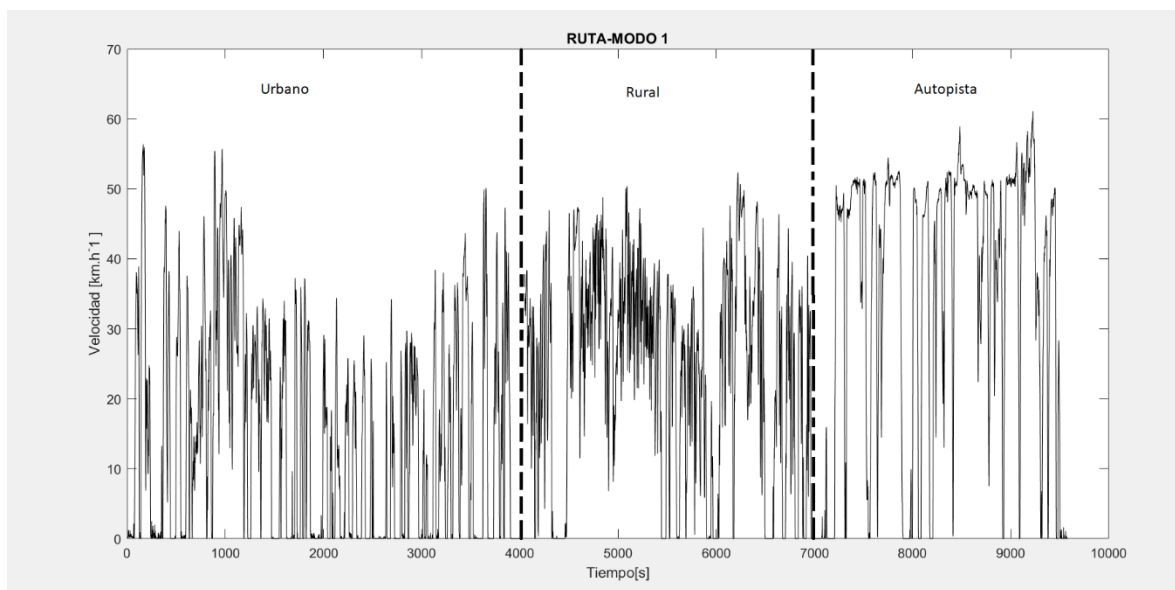


Figura 4.5 Gráfica ruta modo 1

La Figura 4.5 describe el ciclo de conducción en modo 1 de la ME, este modo se denomina ECO, ya que está diseñado para un menor consumo de energía en la batería, mediante un corte en la aceleración, permitiendo una velocidad máxima de 60 km/h. como se aprecia en la gráfica la velocidad máxima se la pudo lograr solo en la autopista.

Debido a este corte en la aceleración no se puede alcanzar una velocidad considerable, este ciclo de conducción tiene una duración total de 10000 segundos, siendo un tiempo elevado a comparación de otros ciclos.

4.3.2 CICLO DE CONDUCCIÓN EN MODO 2 (NORMAL)

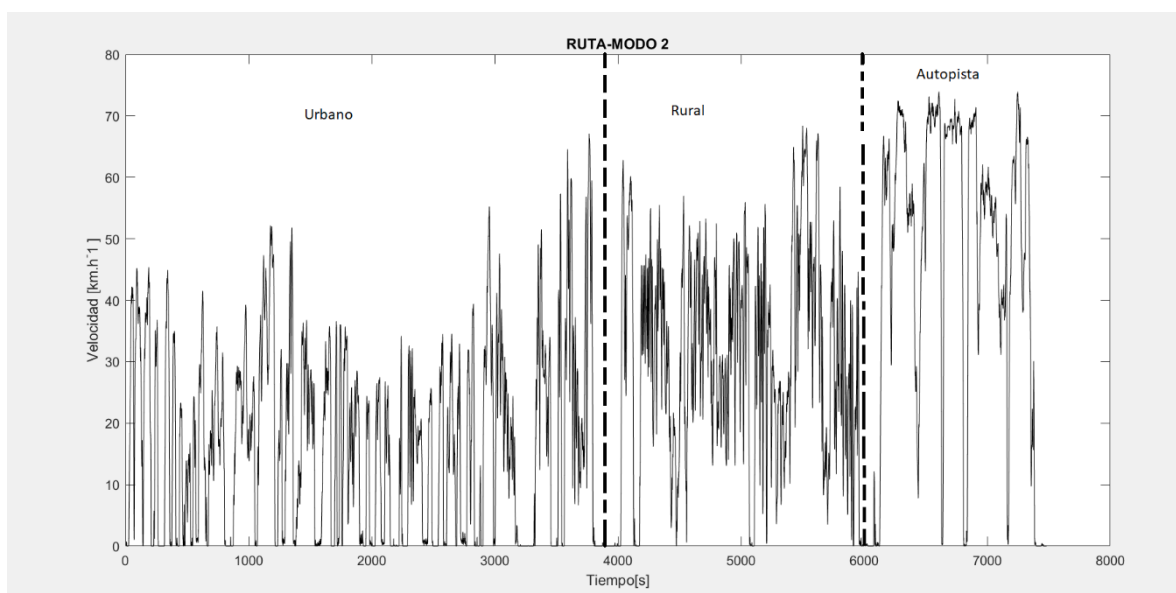


Figura 4.6 Gráfica Ruta modo 2

La Figura 4.6 describe el ciclo de conducción en modo 2 de la ME, este modo se denomina NORMAL, ya que está diseñado para consumo regular de energía en la batería, mediante un corte en la aceleración, permitiendo una velocidad máxima de 73 km/h. en esta figura se aprecia que el tiempo de recorrido disminuye aproximadamente 2000 segundos, debido al incremento de la velocidad máxima que puede alcanzar la ME.

4.3.3 CICLO DE CONDUCCIÓN EN MODO 3 (SPORT)

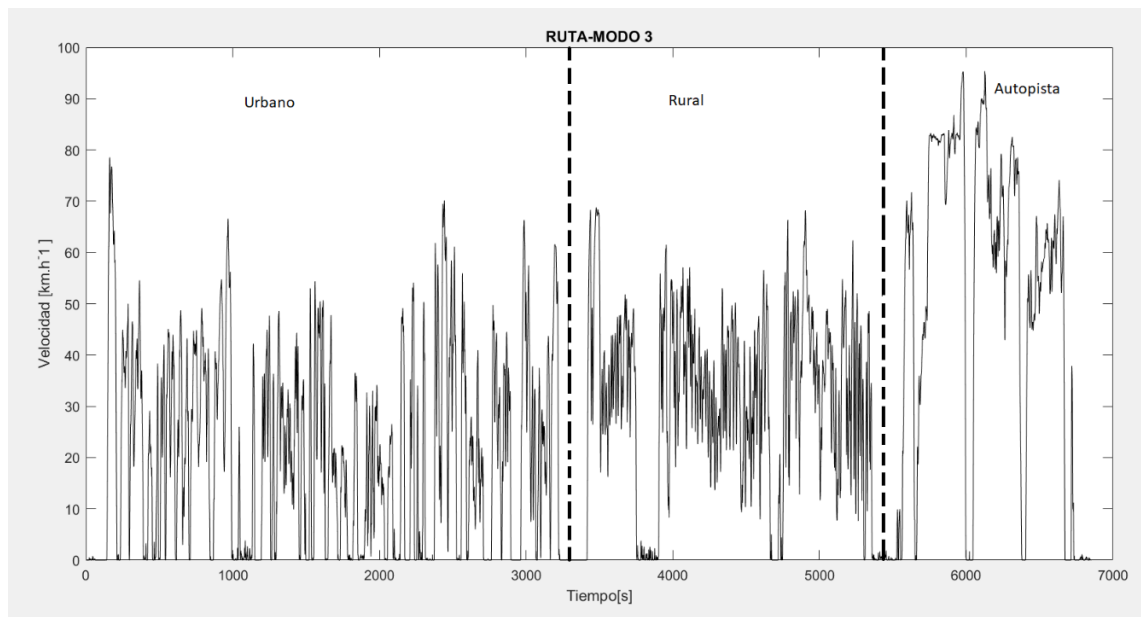


Figura 4.7 Gráfica ruta modo 3

La Figura 4.7 describe el ciclo de conducción en modo 3 de la ME, este modo se denomina SPORT, ya que está diseñado para otorgar la energía necesaria con la finalidad de que el motor pueda alcanzar su potencia máxima, por lo tanto, permite que la ME logre una velocidad máxima de 105 km/h. No existe corte en la aceleración.

4.3.4 CICLO DE CONDUCCIÓN WMTC DE LABORATORIO VS CICLO REAL

Con el desarrollo y análisis del ciclo de conducción en cada modo de la ME, en la tabla 4,8 se realiza una comparativa entre el ciclo WMTC y los ciclos de conducción planteados en este trabajo de grado. Se puede observar que el ciclo WMTC presenta velocidades similares en la zona urbana, sin embargo, en la zona rural y autopista la velocidad aumenta considerablemente, siendo un ciclo de laboratorio con un tiempo de duración de 10 min aproximadamente se lo realiza en un solo modo de conducción.

En cambio, en el presente trabajo se operó los tres modos que posee la ME, con una ruta de condiciones reales la cual pasa por los distintos puntos de atracción de la ciudad de Ibarra con una duración aproximada de dos horas.

Además, el ciclo WMTC se lo simuló las veces necesarias para cumplir con el periodo tiempo del ciclo en condiciones reales, en todas las zonas que intervinieron en la ruta de prueba.

En el presente trabajo se observa graficas de los distintos modos de operación de la ME vs el ciclo WMTC, en donde la línea roja representa el ciclo WMTC y la línea azul representa el ciclo en condiciones reales. Además, para una mejor comprensión de los datos que se muestran en las gráficas, se plateo la tabla 4.5 donde se compara los dos ciclos mencionados anteriormente, en la cual se logra apreciar con más claridad la diferencia de velocidades y tiempo.

- **MODO 1 VS WMTC**

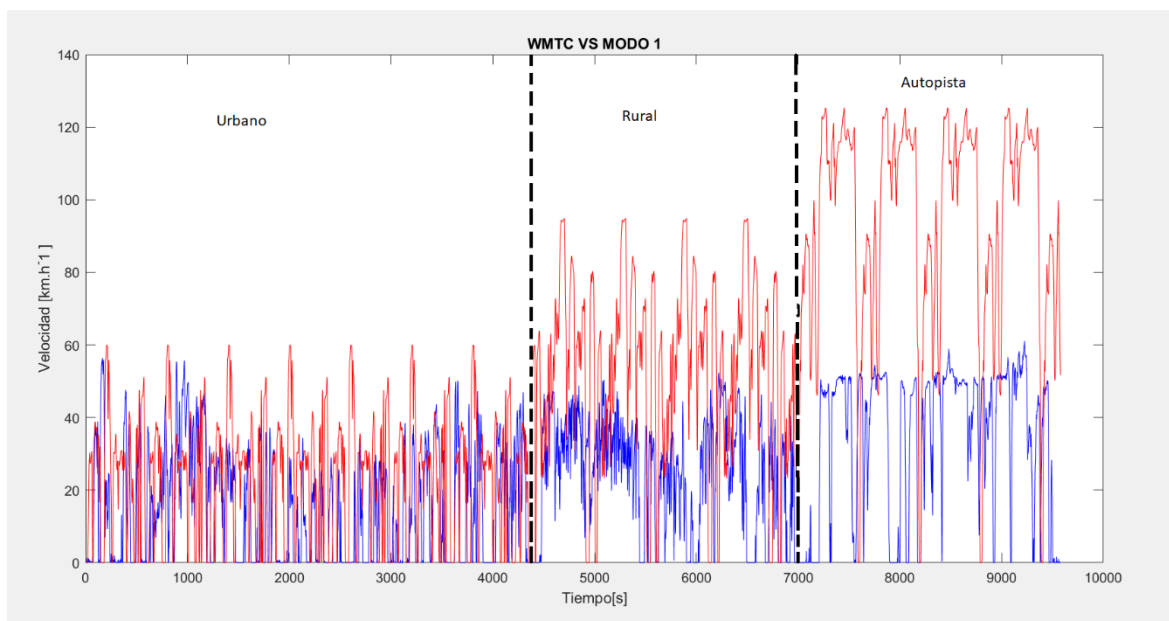


Figura 4.8 WMTC vs ciclo en condiciones reales modo 1

En la Figura 4.8 el ciclo WMTC se lo repitió 7 veces en la zona urbana, 4 veces en la zona rural y autopista, con el fin de cumplir con el periodo de tiempo que se obtuvo del ciclo en condiciones reales.

- **MODO 2 VS WMTC**

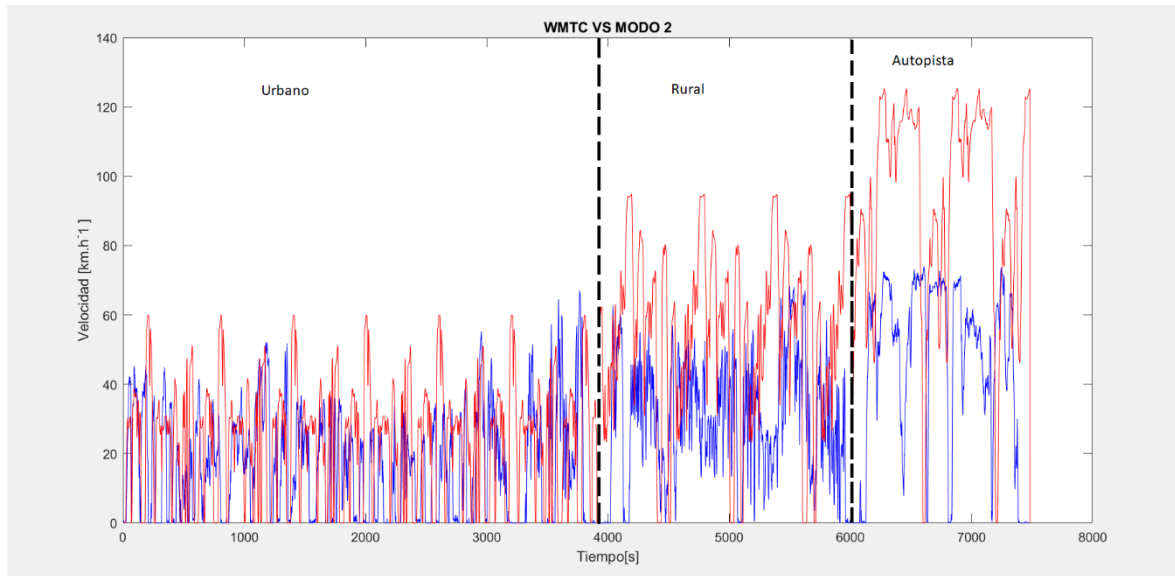


Figura 4.9 WMTC vs ciclo en condiciones reales modo 2

En la Figura 4.9 el ciclo WMTC se lo repitió 6 veces en la zona urbana, 3 veces en la zona rural y 2 veces en autopista, con el fin de cumplir con el periodo de tiempo que se obtuvo del ciclo en condiciones reales.

- **MODO 3 VS WMTC**

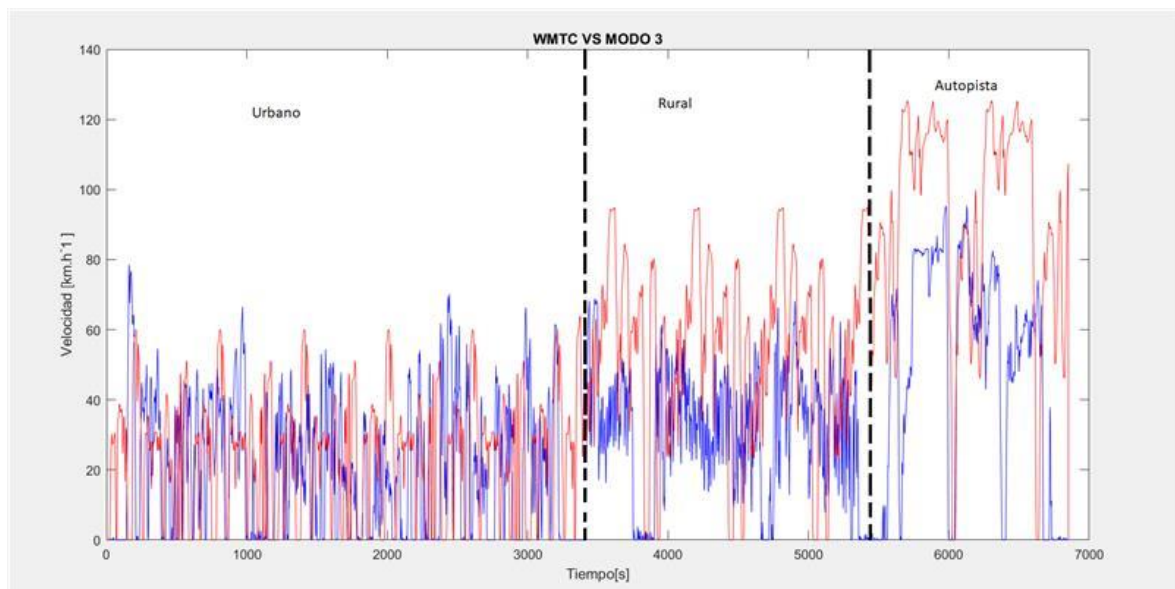


Figura 4.10 WMTC vs ciclo en condiciones reales modo 3

En la Figura 4.10 el ciclo WMTC se lo repitió 5 veces en la zona urbana, 3 veces en la zona rural y 2 veces en autopista, con el fin de cumplir con el periodo de tiempo que se obtuvo del ciclo en condiciones reales.

Comparación del ciclo WMTC y ciclo en condiciones reales

La Tabla 4.5 muestra la comparación de los parámetros del ciclo WMTC y los resultados de las pruebas de ensayo con el ciclo en condiciones reales probando los tres diferentes modos de conducción.

Se aprecia que en el ciclo en Ibarra la distancia es extremadamente mayor que en ciclo WMTC, además, el tiempo en el modo 1 del ciclo de conducción en Ibarra es el más alto en relación con los otros modos de conducción de la ME y el ciclo WMTC.

La velocidad máxima del ciclo WMTC es de 125.3 Km/h, con el modo sport la ME alcanzó en la zona de autopista una velocidad máxima de 94 Km/h, siendo una velocidad inferior al ciclo WMTC, esto se debe a la limitación de la propia ME.

La aceleración máxima en el ciclo WMTC es de 2.68 m/s^2 , la ME alcanzó su aceleración máxima con el modo sport siendo un valor de 3.2 m/s^2 , el cual es notoriamente mayor al del ciclo WMTC.

Tabla 4.5 Comparación ciclo WMTC y ciclo en condiciones reales

MODO DE CONDUCCIÓN	PARÁMETROS	CICLO IBARRA			CICLO WMTC		
	ZONA	Urbano	Rural	Autopista	Urbano	Rural	Autopista
MODO 1	Distancia recorrida (Km)	19	17.7	24.4	4,07	9,11	15,14
	Tiempo (s)	4260	2520	2520	600	600	600
	Velocidad Máxima (Km/h)	55	52	60	60	94,9	125,3
	Velocidad media (Km/h)	25,37	29,56	36,15	24,4	54,7	94,4
MODO 2	Aceleración máxima (m/s ²)	1,9	1,7	1,6	2,51	2,68	1,56
	Distancia recorrida (Km)	19	17.7	24.4	4,07	9,11	15,14
	Tiempo (min)	3780	1800	1320	600	600	600
	Velocidad Máxima (Km/h)	67	69	73	60	94,9	125,3
	Velocidad media (Km/h)	27,76	33,82	51,05	24,4	54,7	94,4
MODO 3	Aceleración máxima (m/s ²)	1,55	2,25	1,5	2,51	2,68	1,56
	Distancia recorrida (Km)	19	17.7	24.4	4,07	9,11	15,14
	Tiempo (s)	3120	1980	1260	600	600	600
	Velocidad Máxima (Km/h)	76	72	94	60	94,9	125,3
	Velocidad media (Km/h)	38,4	35	59,71	24,4	54,7	94,4
MODO 3	Aceleración máxima (m/s ²)	3,2	2,00	1,7	2,51	2,68	1,56

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En el presente trabajo de grado se realizó diferentes ensayos a la ME, empezando por la prueba de Coast-Down. Con la cual se obtuvo el coeficiente aerodinámico en condiciones reales. Además, se ejecutó una prueba en ruta pasando por los puntos de atracción más importantes de la ciudad de Ibarra para recolectar los datos necesarios, como la energía consumida por la rueda y la eficiencia de la ME. Finalmente, se realizó un modelo de la ME basada en la SP y la eficiencia TTW y una programación en Matlab capaz de predecir la autonomía de la ME en función de la energía consumida a la rueda.

Al culminar el trabajo de grado se tienen las siguientes conclusiones:

- Se evaluó la autonomía de la batería de la ME super soco TC Max mediante un ciclo de conducción en condiciones reales en la ciudad de Ibarra, en distintas zonas urbana, rural y autopista con la intención de hacer un análisis comparativo entre la autonomía real con un resultado de 75.72 Km, mientras que la autonomía teórica es de 110 Km, comprobando que la autonomía real es menor que la teórica, la misma que es afectada por factores variables en el funcionamiento y recorrido. Estos factores pueden ser condiciones climáticas, calidad del terreno, vías de alto flujo vehicular, posición geográfica de la ciudad y congestión vehicular.
- Se determino las características cinemáticas de la ME, empezando por el coeficiente aerodinámico mediante la prueba de Coast-Down, realizada en el Autódromo de Yahuarcocha que se encuentra en la ciudad de Ibarra. Este coeficiente es de 0,75 en la motocicleta de propulsión eléctrica, el mismo que se considera un valor valido para motocicletas pequeñas.
- A partir del plan de movilidad de Ibarra se realizó una matriz origen destino con la cual se determinó los puntos de atracción en la ciudad, los mismos se clasificaron en tres grupos ocio, estudio y trabajo, con el fin de trazar una ruta que simule la

movilidad urbana y extraurbana de las personas, por lo tanto, con esta información se diseñó el ciclo de conducción

- Para la obtención de datos se decidió utilizar el método directo, el cual consiste en una conducción libre por la ruta seleccionada, mostrando así el comportamiento de la ME en sus tres modos eco, normal, sport en condiciones reales.
- Se determinó la eficiencia de la ME cuyo valor de 70,71%, dicha eficiencia se encuentra en los rangos aceptables para este tipo de vehículos con un rango establecido de hasta un 77%.
- Se diseñó un modelo en Matlab basado en la potencia de tracción SP, el cual es capaz de predecir la autonomía en kilómetros en función de la energía consumida en la rueda y la energía restante que está almacenada en la batería.

5.2 RECOMENDACIONES

- La batería de la ME siempre debe almacenar un porcentaje de carga mayor al 50%, o cargar de inmediato cuando el porcentaje de batería es bajo para un constante uso de la batería y esta cumpla ciclos de carga y descarga, ya que debido a su tecnología de litio y por medida de seguridad del fabricante al dejar sin carga la batería y por un largo periodo de tiempo sin uso esta se puede bloquear y no volverá a funcionar hasta realizarle el mantenimiento correctivo.
- Los Datta loggers recolectan información en frecuencia de 1Hz, para el ciclo de conducción esto brinda gran cantidad de datos, por lo cual es recomendable utilizar Excel para la organización y limpieza de los mismos, con el fin de no tener errores y usarlos en programaciones de Matlab.

- Para próximas investigaciones se puede determinar la autonomía de la batería de la ME en función de la resistencia que presente los neumáticos al quitarles cierto porcentaje de presión de aire.
- Se podría optar por realizar el mismo estudio del presente trabajo de grado con un carenado orgánico instalado en la super soco TC Max, el mismo que podría variar el valor de coeficiente aerodinámico (C_d) como también su autonomía.
- La ME puede ser probada por diferentes puntos de atracción, creando así diferentes rutas y ciclos de conducción a la planteada en este trabajo de grado.
- Se puede probar la misma ruta descrita en este trabajo de grado, con una variación de masa que puede cargar la motocicleta, incluso llegando a la capacidad máxima que soporta de 160 kg la ME super soco TC Max, es decir con dos ocupantes de 80 kg cada uno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Angulo, S. (06 de 06 de 2019). *expreso.ec*. Obtenido de *expreso.ec*: <https://www.expreso.ec/actualidad/economia/comercializacion-vehiculos-electricos-comercio-economianacional-je2886902-308.html>
2. Arroyo, D. (2018). Coche eléctrico para “electrodummies”: así funciona un automóvil a baterías. *NIUS*, 1–2. https://www.niusdiario.es/economia/motor/coche-electrico-electrodummies-asi-funciona-automovil-baterias_18_3259471221.html#:~:text=El inversor,el motor eléctrico para moverse.
3. Artés, D. (2012, September). Enemigos de la eficiencia: la resistencia a la rodadura. *Tecmovia*, 5. <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/09/17/enemigos-de-la-eficiencia-la-resistencia-a-la-rodadura/>
4. Barrionuevo, J. P., & Granda, C. L. (2011). *Implementación de un sistema Híbrido en un cuadrón convencional*. [Universidad Internacional del Ecuador]. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2198>
5. Brundell Freij, K., & Ericsson, E. (2005). Influence of street characteristics, driver category and car performance on urban driving patterns. In L. I. of Technology (Ed.), *Transportation Research Part D: Transport and Environment* (Vol. 10, Issue 3, pp. 213–229). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2005.01.001>
6. Cabrera, A. X., Christian, P., Pérez, R. C., Jonatan, M. I., & Palacios, P. (2016). *SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO, CONTROLADOR Y BATERÍA PARA EL VEHÍCULO FORMULA SAE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA* [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12753>
7. Camuendo Olger Fabian; Pastaz Manuel Patricio. (2021). *Universidad técnica del norte*.
8. Carvajo, F. C. (2010). *Gestión de la batería : Estado de carga* (pp. 2–9). Universidad de Sevilla.
9. Chele Sancan, D. G. (2017). Vehículos híbridos, una solución interina para bajar los niveles de contaminación del medio ambiente causados por las emisiones provenientes de los motores de combustión interna. *INNOVA Research Journal*, 2(12), 1–10. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n12.2017.527>

10. Costas, J. (2009). Historia del coche híbrido: los pioneros. *Motorpassion*, 1, 20. <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-del-coche-hibrido-los-pioneros>
11. Deepak. (22 de 03 de 2021). *powertrain for aircraft in runways* . Obtenido de powertrain for aircraft in runways : <https://skill-lync.com/projects/project-1-powertrain-for-aircraft-in-runways-61>
12. Duque, D. A., & Rocano, J. A. (2017). *Determinación de la autonomía del vehículo eléctrico mediante ciclos controlados* [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14867/1/UPS-CT007298.pdf>
13. Europeo, E. L. P., Consejo, E. L., Uni, D. E. L. A., Europeo, P., Oficial, D., & Europeo, P. (2018). (*Texto pertinente a efectos del EEE*) 21.12.2018. 2018(2), 210–230.
14. Energía y sociedad. (2020). *Energía y sociedad*. Obtenido de Energía y sociedad: <https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/4-2-la-eficiencia-energetica-del-vehiculo-electrico/>
15. Etiqueta Zero . (2019). *Etiqueta Zero* . Obtenido de Etiqueta Zero : <https://etiquetazero.com/motos/super-soco-presenta-su-motocicleta-electrica-tc-max/>
16. Evoke. (2021, June). What is WMTC and Why Should E-Motorcycle Drivers Care? *Evoke Electric Motorcycles*, 1. <https://www.evokemotorcycles.com/what-is-wmtc-and-why-should-e-motorcycle-drivers-care>
17. Fuentes, V. (2019, October). *La revolución de las baterías para coches eléctricos: una carrera que no ha hecho más que empezar*. 20. [https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/revolucion-baterias-para-coches-electricos-carrera-que-no-ha-hecho-que-empezar#:~:text=Con el cátodo de Goodenough,puede intercalar iones de litio.](https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/revolucion-baterias-para-coches-electricos-carrera-que-no-ha-hecho-que-empezar#:~:text=Con%20el%20cátodo%20de%20Goodenough,puede%20intercalar%20iones%20de%20litio.)
18. García, M. (2015). *PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE VEHICULOS ELECTRICOS* [Universidad Tecnológica de Pereira]. <http://weekly.cnbnews.com/news/article.html?no=124000>
19. Garcia, G. (27 de 04 de 2020). *hibridosyelectricos*. Obtenido de hibridosyelectricos: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/autonomia-recarga-coche-electrico-alcanzan-madurez-tecnologica/20200424160542034705.html>

20. Garcia, P. (13 de 06 de 2020). *soymotor*. Obtenido de soymotor:
<https://soymotor.com/coches/articulos/guia-electricidad-vehiculo-autonomia-extendida-977045>
21. Gil, S., & Prieto, R. (2013). Eficiencia Energética en el transporte - Autos eléctricos. *Gerencia de Distribución Del ENARGAS Escuela de Ciencia y Tecnología – Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina*, 13.
22. Gómez, A. H. (2014). Desarrollo de ciclos de conducción para área metropolitana [UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA]. In *Implementation Science* (Vol. 39, Issue 1). <https://doi.org/10.4324/9781315853178>
23. Gonzales, J. (2019). La primera electrolinera del Ecuador se inauguró en Guayaquil. *El Comercio*, 10.
<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/primera-electrolinera-ecuador-inauguracion-guayaquil.html>
24. González Oropeza, R. (2005). Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 6(3), 1–16.
<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2005.06n3.011>
25. González, P. C. (2019). Empresas ofrecerán más autos eléctricos en el Ecuador. *El Comercio*, 20. <https://www.elcomercio.com/actualidad/empresas-oferta-autos-electricos-ecuador.html>
26. Gomez Hurtado, A. (2014). *Desarrollo de ciclos de conducción para área metropolitana*. PEREIRA: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
27. Google Earth. (2021). *Google Earth*. Obtenido de Google Earth:
<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1QiXqztxDcLeeek9mkzprWnKtDHghM4AK&ll=0.34870020178144034%2C-78.14211146304436&z=14>
28. Grupo Cooperativo Cajamar. (2019). El futuro de los electromotores. *Blog Grupo Cajamar*, 1–2. <https://blog.grupocajamar.com/el-futuro-de-los-electromotores/>
29. Guanoluisa, M. O., & Pazmiño, D. C. (2008). *Cargador de baterías de plomo-ácido de 48 voltios*. Univerisad Politécnica Nacional.
30. Heinz, S. (2002). Worldwide Harmonised Motorcycle Emissions Certification Procedure. *Technical Report*, 9, 1–131.

31. Herrera, J. C. (2018). *Eficiencia Energetica en vehiculos livianos del sector transporte en Colombia* (Vol. 151, Issue 2). UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
32. Hurtado Gomez, A. (10 de 09 de 2014). *repositorio.utp.edu*. Obtenido de repositorio.utp.edu:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/6149/62925H967.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
33. Hu, K., Wu, J., & Schwanen, T. (2017). Differences in energy consumption in electric vehicles: An exploratory real-world study in Beijing. *Journal of Advanced Transportation, 2017*. <https://doi.org/10.1155/2017/4695975>
34. iea. (2020). Entering the decade of electric drive? *Global EV Outlook, 276*.
https://iea.blob.core.windows.net/assets/af46e012-18c2-44d6-becd-bad21fa844fd/Global_EV_Outlook_2020.pdf
35. Jiménez Palacios, J. L. (1999). Understanding and Quantifying Motor Vehicle Emissions with Vehicle Specific Power and TILDAS Remote Sensing. In M. I. of Technology (Ed.), *Massachusetts Institute of Technology, Cambridge* (Issue 1993). Massachusetts Institute of Technology.
36. Jing, Z., Wang, G., Zhang, S., & Qiu, C. (2017). Building Tianjin driving cycle based on linear discriminant analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 53*, 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.04.005>
37. Johnson, B. C. (1999). Environmental Products That Drive Organizational Change: General Motor's Electric Vehicle (EV1). In C. ENVIRONMENTALSTRATEG (Ed.), *Corporate Environmental Strategy* (Vol. 6, Issue 2, pp. 140–150). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1066-7938\(00\)80024-X](https://doi.org/10.1016/S1066-7938(00)80024-X)
38. KIA. (2019). *¿Es un motor un motor?* KIA MOTORS.
<https://www.kia.com/cr/discover-kia/ask/is-an-engine-a-motor.html>
39. Lara, G. (5 de 2 de 2018). *Motorpasion*. Obtenido de Cómo funciona una batería:
<https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/como-funciona-una-bateria>
40. LÓPEZ LOMAS, S. W. (05 de 2018). <http://repositorio.puce.edu.ec/>. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/>:
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15053/Tesis%20final%20disertacion%20Sebastian%20Lopez%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

41. lovesharing. (2018). *lovesharing.com*. Obtenido de lovesharing.com:
<https://www.lovesharing.com/tipos-de-cargadores-para-coches-electricos/>
42. Malprtida, S. (09 de 04 de 2012). *feelmoto*. Obtenido de feelmoto:
<http://feelmotor.com/nedc-10-15-epa-como-se-homologa-el-consumo/>
43. mecanicos, B. (05 de 12 de 2017). *blogmecanicos*. Obtenido de blogmecanicos:
http://www.blogmecanicos.com/2017/12/la-resistencia-la-rodadura-y-la_5.html
44. Ministerio de Fomento. (2009). Estrategia Española de movilidad sostenible. In *Portal*. Portal.
45. Mitación, A. d. (2018). *bollullosdelamitacion*. Obtenido de bollullosdelamitacion:
<https://www.bollullosdelamitacion.org/delegaciones-bollullos/delegacion-de-medioambiente/movilidad-sostenible>
46. Motor. (2019). *Motor.es*. Obtenido de Motor.es: <https://www.motor.es/que-es/wltp>
47. Moreno, F. M. (2016). Vehículos Eléctricos . Historia , Estado Actual Y Retos Futuros. *European Scientific Journal*, 7881(May), 118–131.
48. Murias, D. (2019). Mismo coche eléctrico, diferente autonomía: la ambigüedad del ciclo WLTP con la que juegan los fabricantes en Europa. *Motorpassion*, 5.
[https://www.motorpassion.com/industria/coche-electrico-diferente-autonomia-ambigüedad-ciclo-wltp-que-juegan-fabricantes-europa#:~:text=La%20prueba%20WLTP%20dura%2030,alta%20velocidad%20\(323%20segundos\).&text=En%20%25C3%25A9ste%20caso%202520](https://www.motorpassion.com/industria/coche-electrico-diferente-autonomia-ambigüedad-ciclo-wltp-que-juegan-fabricantes-europa#:~:text=La%20prueba%20WLTP%20dura%2030,alta%20velocidad%20(323%20segundos).&text=En%20%25C3%25A9ste%20caso%202520)
49. navegar.com. (2013). *Baterías. Capacidad Real*. Obtenido de Baterías. Capacidad Real.: <http://www.navegar.com/baterias-capacidad-real/#:~:text=Capacidad%20real%20de%20una%20bater%C3%ADa,condiciones%20especificadas%20de%20temperatura%20est%C3%A1ndar.>
50. Newmotion. (2017). *newmotion*. Obtenido de newmotion:
https://newmotion.com/es_ES/autonomia-de-un-vehiculo-electrico/#:~:text=Autonom%C3%ADa%20de%20veh%C3%ADculos%20el%C3%A9ctricos%20de%20bater%C3%ADa%20*&text=Este%20coche%20no%20se%20puede,de%20alrededor%20de%20291%20kil%C3%B3metros.
51. Observatorio Tecnológico de la Energía. (2012). Mapa Tecnológico Movilidad Eléctrica. In *Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico* (p. 80).
52. Olona, A. L. (2018). Nuevos ciclos de conducción para homologar emisiones contaminantes. *CZ Revista Técnica de Centro Zaragoza*, 4. http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R78_A8.

- pdf
53. Ordóñez, C. P. (2011). Estudio de baterías para vehículos eléctricos [UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID]. In *Enterprise.Uc3M.Es*.
http://enterprise.uc3m.es/redmine/files/101115153006_CV_MDdelamata.pdf%5Cn
<http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/11805>

 54. Oropeza, A. (2020). ¿Qué es un ciclo de conducción? *Carmetry*, 1(1), 10.
<https://carmetry.com/que-es-un-ciclo-de-conduccion/>

 55. Ortiz, M. (2010). Reducción de las emisiones de CO2 en vehículos de transporte: combustibles alternativos. *Energía & Minas: Revista Profesional, Técnica y Cultural de Los Ingenieros Técnicos de Minas*, 8, 28–33.
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3395287>

 56. Placervial. (2018). APRENDA A LEER LAS BATERÍAS. Obtenido de APRENDA A LEER LAS BATERÍAS: [http://www.placervial.com/2/vehiculos/partes-y-accesorios-3538#:~:text=%C2%B7%2020H%2DCapacity%20\(Capacidad%20Nominal,bater%20C3%ADa%20durante%20un%20tiempo%20determinado.&text=En%20la%20pr%20C3%A1ctica%20es%20la,en%20el%20momento%20de%20arranque.](http://www.placervial.com/2/vehiculos/partes-y-accesorios-3538#:~:text=%C2%B7%2020H%2DCapacity%20(Capacidad%20Nominal,bater%20C3%ADa%20durante%20un%20tiempo%20determinado.&text=En%20la%20pr%20C3%A1ctica%20es%20la,en%20el%20momento%20de%20arranque.)

 57. Piro, O. E. (2014). *Notas sobre Física General: Resistencia a la rodadura*. 1–4.

 58. Preda, I., Covaciu, D., & Ciolan, G. (2010). Coast Down Test, Theoretical and Experimental Approach. *CONAT 2010 International Congress on Automotive and Transport Engineering (2010), May 2014*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4048.5925>

 59. Qi, X., Wu, G., Boriboonsomsin, K., & Barth, M. J. (2018). Data-driven decomposition analysis and estimation of link-level electric vehicle energy consumption under real-world traffic conditions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 64(October), 36–52.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.08.008>

 60. Quinchimbla Pisuña, F. E., & Solís Santamaría, J. M. (2015). Desarrollo De Ciclos De Conducción En Ciudad, Carretera Y Combinado Para Evaluar El Rendimiento Real Del Combustible De Un Vehículo Con Motor De Ciclo Otto En El Distrito Metropolitano De Quito [ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD]. In *Escuela Politécnica Nacional*.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17000/1/CD-7578.pdf>

61. Ramos Penabad, L. (14 de 10 de 2018). *noticias.coches.com*. Obtenido de [noticias.coches.com: https://noticias.coches.com/consejos/wltp-coches-electricos/307561](https://noticias.coches.com/consejos/wltp-coches-electricos/307561)

62. Ramos, X. (2019). La compra de carros eléctricos no despega en Ecuador, pese a sus beneficios, estas son las causas. *El Universo*, 1. [https://www.eluniverso.com/noticias/informes/el-alto-costo-inicial-y-la-falta-de-electrolineras-frena-la-compra-de-carros-electricos-en-ecuador-nota/#:~:text=El Comité de Comercio Exterior,transporte público y de carga.](https://www.eluniverso.com/noticias/informes/el-alto-costo-inicial-y-la-falta-de-electrolineras-frena-la-compra-de-carros-electricos-en-ecuador-nota/#:~:text=El%20Comit%C3%A9%20de%20Comercio%20Exterior,transporte%20p%C3%BAblico%20y%20de%20carga.)

63. RETINGFINDERS. (2019). *Coeficiente aerodinámico (Cx)*. Glosario de Términos.

64. Revista Moto. (2018). MOTOS ELÉCTRICAS LA VISIÓN DEL PRESENTE. *Revista Moto*, 3. https://revistamoto.com/wp_rm/motos-electricas-la-vision-del-presente/

65. Romain , N. (2020). *The different driving cycles*. Obtenido de The different driving cycles: <https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>

66. Romain, N. (2013). *The different driving cycles*. Obtenido de The different driving cycles: <https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>

67. Schnipper, L., & Tax, W. (1994). New car test and actual fuel economy: yet another gap? *Transport Policy*, 257-265.

68. SEMPLADES. (22 de 09 de 2017). *planificacion.gob.ec*. Obtenido de plan nacional de desarrollo 2017-2021: https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf

69. Shim, B. J., Park, K. S., Koo, J. M., & Jin, S. H. (2014). Work and speed based engine operation condition analysis for new European driving cycle (NEDC). *Journal of Mechanical Science and Technology*, 28(2), 755–761. <https://doi.org/10.1007/s12206-013-1182-8>

70. Silva, F. (2012). *Conducción en condiciones reales de Galicia de un vehículo eléctrico con autonomía extendida (REX)*. 12–15.

71. SOMOSELECTRICOS. (2020, May). El Tesla Model 3 supera al Nissan Leaf, modelo que hasta la fecha era el coche eléctrico que mas ventas tenía en todo el mundo. *Somoselectricos*, 2. <https://somoselectricos.com/tesla-model-3-coche-electrico-mas-vendido-historia/>

72. Sunfields. (2020). *Conceptos sobre baterías solares*. Obtenido de Conceptos sobre baterías solares: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos->

- fotovoltaicos-baterias-solares-parte-iii/#:~:text=La%20profundidad%20de%20descarga%20de,20%25%20de%20la%20capacidad%20nominal.
73. Toyota. (2019). *HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA HÍBRIDA*.
<https://www.toyotaperu.com.pe/toyotahibridos/historia-de-la-tecnologia-hibrida.html>
 74. ujaen.es. (2018). *LAS BATERIAS*. Obtenido de LAS BATERIAS:
http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/04_componen/02_acumulador/01_basico/4_acum_01.htm#:~:text=La%20capacidad%20de%20un%20acumulador,de%20descarga%20de%20100%20horas.
 75. umap. (2021). *umap*. Obtenido de umap:
https://umap.openstreetmap.fr/es/map/matriz-origen-destino_734520
 76. Villalobo , J. (01 de 12 de 2016). *Evaluación de tecnologías para la eficiencia energética en vehículos de carga por carretera*. Obtenido de Evaluación de tecnologías para la eficiencia energética en vehículos de carga por carretera:
<http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/334>
 77. Van Den Brink, R. M. M., & Van Wee, B. (2001). Why has car fleet specific fuel consumption not shown any decrease since 1990? Quantitative analysis of Dutch passenger car fleet specific fuel consumption. In E. S. Ltd. (Ed.), *Transportation Research Part D: Transport and Environment* (Vol. 6, Issue 2, pp. 75–93). Pergamon. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(00\)00014-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(00)00014-6)
 78. Viera Pérez, J. C. (2008). *Carga rápida de baterías de Ni-Cd y Ni-MH de media y gran capacidad. Análisis, síntesis y comparación de nuevos métodos*.
<http://www.tdx.cat/handle/10803/11142>
 79. Vutetakis, D. G. (2016). Batteries. In John Wiley & Sons (Ed.), *Avionics: Elements, Software and Functions*. John Wiley & Sons.
https://doi.org/10.9774/gleaf.9781783533374_6
 80. WESTBROOK, M. (2001). The electric car. En M. WESTBROOK, *The electric car* (págs. 48-55). London: London, Institution of Electrical Engineers, 1968.
 81. Wolf, T. (1892). Geografía y geología de Ecuador. In *Leipzig, Tipografía F. A. Brockhaus*. <http://files.bernardo-servin-massieu.com/200000059-af10bb00a5/tabasco.pdf>
 82. Yuan, X., Zhang, C., Hong, G., Huang, X., & Li, L. (2017). Method for evaluating the real-world driving energy consumptions of electric vehicles. *Energy*, *141*, 1955–1968. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.134>

ANEXOS

ANEXO 1

Prueba de coast-down en Yahuarcocha



Figura AI 1 Iniciando prueba de coast-down



Figura AI 2 prueba de coast-down



Figura AI 3 velocidad en la prueba

ANEXO II

Prueba en ruta



Figura AII 1 inicio prueba en ruta



Figura AII 2 zona rural



Figura AII 3 zona urbana

ANEXO III

Programación en Matlab

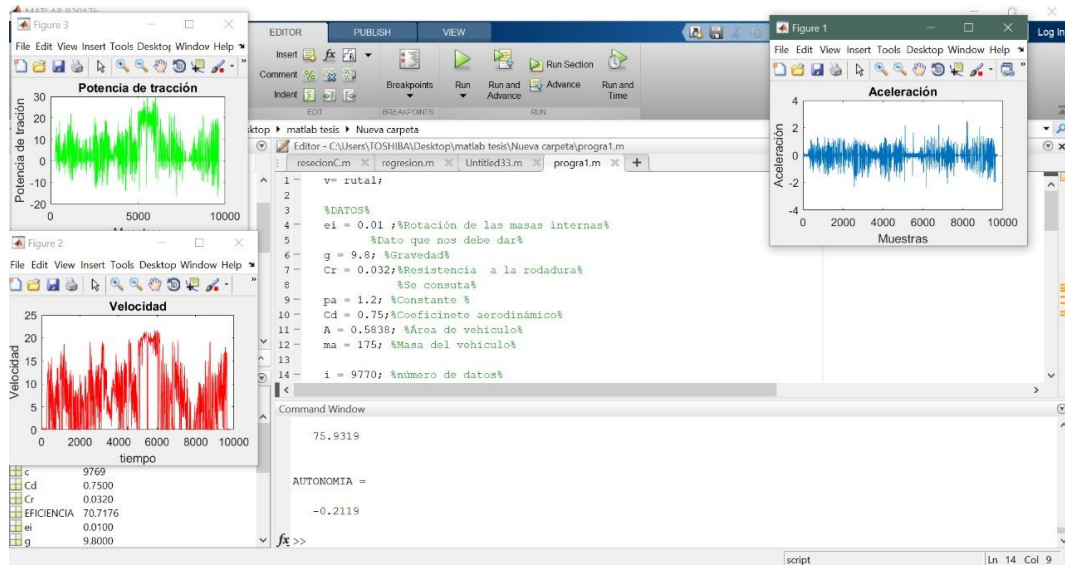


Figura AIII 1 Programación de Matlab