



Powered by
Arizona State University

ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo de Integración Curricular para la obtención del
título de Ingeniero en Mecánica Automotriz**

AUTORES: Ricardo Andrés Mera Mantilla

Johnny Rogelio Veloz Ruiz

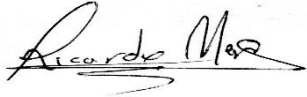
Washington Geovanny Jácome Farías

TUTOR: Ing. Denny Javier Guanuche Larco, Msc.

**Análisis de autonomía de un vehículo eléctrico categoría L1 en condiciones lineales
y en altitud de la Universidad Internacional del Ecuador**

CERTIFICACIÓN

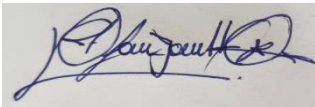
Nosotros, RICARDO ANDRÉS MERA MANTILLA, WASHINGTON GEOVANNY JÁCOME FERÍAS y JOHNNY ROGELIO VELOZ RUIZ, declaramos bajo juramento y damos a conocer que el presente trabajo presentado es de nuestra autoría, y que previamente no ha sido presentado en ningún grado o certificación profesional y que ha sido consultado con bibliografía detallada.



RICARDO ANDRÉS MERA MANTILLA



WASHINGTON GEOVANNY JÁCOME FERÍAS



JOHNNY ROGELIO VELOZ RUIZ

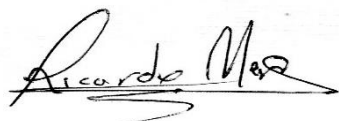
Yo, Ing. Denny Javier Guanuche Larco, certifico que conozco a los señores RICARDO ANDRÉS MERA MANTILLA, WASHINGTON GEOVANNY JÁCOME FERÍAS y JOHNNY ROGELIO VELOZ RUIZ, autores exclusivos de la presente investigación, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



DENNY JAVIER GUANUCHE LARCO

DEDICATORIA

La presente investigación y todo el esfuerzo realizado durante mis cinco años de carrera se los dedico principalmente a mis padres, Patricio Enrique Mera Juelas y Marisol de los Ángeles Mantilla Olmedo, las personas más importantes en mi vida, que con su paciencia, apoyo, cariño y enseñanzas han sido pilares fundamentales, siempre me han acompañado en cada paso que he dado desde mis primeros años de vida, han estado conmigo en cada momento de alegrías y tristezas y hoy por hoy les estoy dando la alegría de convertirme en profesional, a mi hermano menor Sebastián Mera para quien quiero ser un gran ejemplo y que me motiva a ser un mejor ser humano, a mi abuelita Hilda Olmedo que con sus bendiciones, cariño, amor y buenos consejos me ha sabido siempre guiar por el camino correcto, a mi abuelito Alfredo Mantilla, que desde el cielo me cuida siempre como un ángel y que sé que está velando siempre por mí, y a mis tíos Alejandro Mantilla y Alexandra Sotelo quienes también me han apoyado y han estado pendientes en mi vida.



RICARDO ANDRÉS MERA MANTILLA

DEDICATORIA

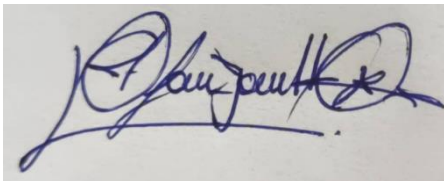
Una vez concluida mi etapa universitaria, y alcanzado el sueño planteado en un inicio, puedo mencionar con entera satisfacción que he vivido los mejores años de mi vida dentro de la UIDE, pues cada una de las experiencias obtenidas allí representan un recuerdo invaluable y resonante de victoria y gloria en mi memoria. Este inolvidable capítulo de mi existencia, uno de los más preciados y recordados por cada adolescente, no habría sido posible vivir sin el apoyo, ayuda y empeño perseverante de Dios, mi familia y amigos en general a quienes recordaré cada día por haber participado en este sacrificado y arduo logro, no como el primero ni el último, pero sí como el más importante y significativo que he obtenido hasta ahora. En primer lugar, este sueño va dedicado a Dios a quien le prometí desde el primer día de clases que iba a cumplir con esta meta personal, la cual fue siempre trazada con integridad en toda ocasión; luego se lo dedico a mi madre y padre, Mariana Matilde Farías Saldarriaga y Washington Fernando Jácome, quienes siempre vieron en mi persona, el potencial y capacidad para forjarme como un profesional de la vida misma, siempre inculcándome sus valores y principios los cuales he sabido poner en práctica durante estos cinco años; también va dedicado a mi hermana Myriam Fernanda Jácome Farías a quien siempre he tenido como un gran ejemplo de superación personal y académica, aprendiendo de sus experiencias y siguiendo sus consejos para mejorar constantemente y así, ser un individuo competente y capaz de todo lo que me proponga. De igual manera, se lo dedico al resto de mis familiares, así como mis amigos y conocidos, quienes de muchos de ellos que me conocen desde infante, saben de mi pasión por los autos y la Mecánica Automotriz, y siempre me quisieron ver triunfante y realizado en ello. Y, por último, quiero dedicar esta victoria a todas las autoridades, docentes y personal administrativo en general que conforman la UIDE; pues aquí residen las personas que conformaron mi segundo hogar ayer, hoy y siempre. Esta institución que confió en mí, abrió sus puertas y me dio la oportunidad de cumplir mi sueño, justo cuando parecía que la frustración vencería, la UIDE lo cambió todo, es por ello que siempre guardaré y llevaré con cariño y respeto en mi memoria.



WASHINGTON GEOVANNY JÁCOME FERÍAS

DEDICATORIA

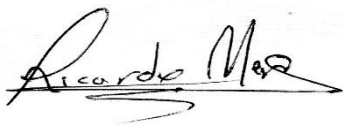
El presente trabajo y mi objetivo alcanzado se lo dedico principalmente a mi madre Isabel Teresa Ruiz Barragán, quien ha sido la persona que creyó en mí y me apoyo desde el primer momento en que decidí estudiar esta carrera, ya que sin ella esto no sería posible, gracias a ella soy lo que soy y llegare a ser; también quiero dedicar este trabajo a mis amigos y compañeros los cuales al igual que yo fuimos testigos del esfuerzo, la esperanza y la dedicación que proporcionamos cada uno de nosotros para a culminar este objetivo, que al principio parecía muy lejano pero que hoy con el esfuerzo conjunto lo estamos culminando; para finalizar quiero dedicar esto a mis familiares en especial a mis abuelitos; Clara Luz Barragán Noroña y Rogelio Ruiz Becerra quienes al igual que mi madre creyeron en mí y nunca dudaron que alcanzaría este y otros objetivos, que a futuro que pretendo cumplir, gracias por todo esto se los dedico a ustedes.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Johnny Rogelio Veloz Ruiz', with a stylized flourish at the end.

JOHNNY ROGELIO VELOZ RUIZ

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos van primero hacia Dios, quien me ha bendecido y me ha permitido cumplir con mi carrera profesional con éxito, a mis padres que cada día me brindan su apoyo y sabiduría para ser un ser humano y profesional de bien, a mi hermano, abuelitos y tíos que me brindan todo su cariño y apoyo incondicional, a todos mis amigos y compañeros de clase que también me han acompañado durante este camino, a cada uno de los docentes de la UIDE que aportaron con sus más grandes conocimientos y con sus enseñanzas de valores, respeto y ética profesional, quiero agradecer a ellos y a todas las personas que estuvieron conmigo durante esta época universitaria y que cada uno ha sabido apoyarme a su manera y ha logrado aportar a mi vida para crecer como persona y como un mejor profesional.



RICARDO ANDRÉS MERA MANTILLA

AGRADECIMIENTO

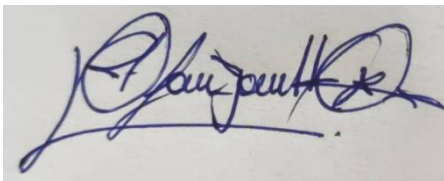
El inicio de un sueño que empezó sólo en pensamientos, se convertiría en una aventura y travesía añorada a lo largo de cinco años de esfuerzo y perseverancia constante, a través de un sendero plagado de adversidades, problemáticas y retos que ponen a prueba el carácter y firmeza para actuar con integridad y convicción, los cuales como resultado otorgarían un sinfín de recompensas fructíferas que van más allá de lo material, es decir, lo abstracto que no se puede comprar pero que satisface y alimenta el alma, corazón y espíritu. Más, sin embargo, dicho sueño no habría podido empezar a plasmarse como una realidad desde el primer día sin la bendición, cobijo, y cuidado de Dios, otorgados a través del apoyo y sacrificio perpetuo e incansable que me han brindado mis padres, Mariana Matilde Farías Saldarriaga y Washington Fernando Jácome, a quienes agradezco infinitamente por cada acto y muestra de afecto y apoyo en mi diario vivir para conseguir forjar mi sueño cada vez más en una realidad. Además, de un agradecimiento especial para mi hermana Myriam Fernanda Jácome Farías quien desde un inicio también significó para mí, un pilar de apoyo imprescindible e invaluable en cualquier situación en donde siempre pude contar con ella para superar los inconvenientes. De igual manera presento un noble y cálido agradecimiento para cada una de las personas, como docentes, amigos, conocidos y todo el personal en general dentro y fuera de la UIDE; que, en alguna instancia de la vida, formaron parte de mi sendero en estos cinco años de vida universitaria, ya que de cada uno de los individuos con los que nos interrelacionamos, aprendemos algo nuevo que sirve como retroalimentación para forjar nuestro yo interior. Ser agradecido con la vida misma, siempre implicará un acto lleno de humildad y sencillez, sin olvidar nuestras raíces, de dónde venimos y hacia dónde vamos.



WASHINGTON GEOVANNY JÁCOME FERÍAS

AGRADECIMIENTO

Como primera parte de mi agradecimiento quiero agradecer a Dios, ya que gracias a él he podido culminar una etapa más de mi vida, quiero agradecer a mi madre Isabel Teresa Ruiz Barragán por haberme dado la vida y siempre creer en mí, por el apoyo incondicional no solo en mi etapa de estudiante sino en toda mi vida; también quiero agradecer a mis familiares; mi hermano Wesley Iván Veloz Ruiz quien siempre me alentó a seguir adelante, a mis abuelitos Clara Luz Barragán Noroña y Rogelio Ruiz que aunque no se encuentren en vida conmigo me enseñaron a ser un hombre de bien, a todos mis primos que de una u otra forma son partícipes de mis éxitos y fracasos, ellos fueron el hombro donde llorar y mis confidentes, gracias hermanos míos, por ultimo quiero agradecer a la UIDE, la universidad que me dio la oportunidad de aprender y formarme como profesional, así como conocer a grandes personas como mis profesores compañeros y amigos.



JOHNNY ROGELIO VELOZ RUIZ

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I.....	3
ANTECEDENTES.....	3
1.1. Introducción.....	3
1.2. Planteamiento, formulación y sistematización del problema.....	4
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Justificación.....	5
1.4.1. Justificación Metodológica.....	5
1.5. Delimitación.....	6
1.5.1. Delimitación Temporal.....	6
1.5.2. Delimitación Geográfica.....	6
1.5.3. Delimitación de Contenido.....	7
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
2.1. Vehículos de tipo eléctrico.....	8
2.1.1. Historia de los vehículos eléctricos.....	8
2.2. Scooter eléctrico.....	12
2.2.1. Historia y evolución.....	12
2.2.2. Scooter eléctrico.....	15
2.2.3. Tipos de VMP.....	16
2.3. Conceptos básicos.....	16

2.3.1.	Energía	16
2.3.2.1.	Energías Renovables	17
2.3.2.2.	Energías no renovables	18
2.3.2.3.	Energía eléctrica.....	18
2.3.3.	Carga y corriente.....	19
2.3.4.	Tensión.....	20
2.3.5.	Corriente eléctrica.....	20
2.3.5.1.	Corriente directa.....	21
2.3.5.2.	Corriente alterna.....	21
2.3.6.	Motores	22
2.3.6.1.	Motores de corriente continua.....	22
2.3.6.2.	Generalidad del motor de corriente continua.....	22
2.3.6.3.	Selección del tipo de motor.....	23
2.3.6.4.	Fundamento de operación	23
2.3.6.5.	Características del motor brushless (BLDC)	23
2.3.6.6.	Tipos de motores brushless para patinetes eléctricos.....	24
2.3.6.7.	Motores de corriente alterna	25
2.3.7.	Batería.....	26
2.3.7.1.	Selección de baterías	26
2.3.7.2.	Baterías de iones de litio	27
2.3.7.3.	Características técnico-económicas	27
2.3.7.4.	Sistema de protección de baterías	29
2.3.7.5.	Conjunto de la batería	29
2.3.7.6.	Cargador de batería	29
2.3.7.7.	Tipos de cargadores	30
2.3.7.8.	Tasa de descarga	30
2.3.8.	Trabajo	31
2.3.9.	Potencia	31
2.4.	Categorización de vehículos eléctricos según la DGT (Dirección general de tránsito de España)	32
2.4.1.	VMP o Vehículos de movilidad personal	32
2.4.2.	Categoría L1E o scooters eléctricos	32
2.4.2.1.	L1e-A: Ciclo de motor	32
2.4.2.2.	L1e-B: Ciclomotor de dos ruedas	32

2.4.3.	Bicicletas eléctricas.....	33
2.4.4.	Long-board eléctricos	33
2.5.	Electromovilidad	33
2.6.	Scooter eléctrico como alternativa de electromovilidad en el Ecuador	34
2.7.	Viabilidad de integración del Scooter Eléctrico en base a las condiciones geográficas	36
2.7.1.	Pesadez y lugar geográfico	37
2.7.2.	Condiciones climáticas	37
2.8.	Conceptualización sobre electromovilidad	37
CAPÍTULO III		39
MATERIALES Y MÉTODOS		39
3.1.	Materiales	39
3.2.	Normativa.....	39
3.1.1.	Normativas de Scooters Eléctricos en Europa.....	39
3.1.1.1.	Ordenanza 16/V-124 de movilidad de Valencia, España	39
3.1.2.	Normativas de Scooters Eléctricos en América Latina.....	40
3.2.	Ruta	43
3.2.1.	La pendiente.....	43
3.2.2.	Tipos de pendiente	43
3.2.3.	Obtención de información de ruta	44
3.2.3.1.	Ruta UIDE.....	44
3.2.4.	Ángulos críticos de elevación	46
3.2.5.	Ruta Parque La Carolina.....	47
3.3.	Parámetros para selección de motor.....	48
3.3.1.	Fuerza necesaria.....	50
3.3.2.	Velocidades máximas teóricas en puntos críticos.....	51
3.4.	Scooter eléctrico H21S.....	53
3.4.1.	Especificaciones.....	54
3.4.2.	Componentes	55
3.4.2.1.	Motor eléctrico sin escobillas Direct Drive HUB	55
3.4.2.2.	Batería	56
3.4.2.3.	Módulo de control	57
3.4.2.4.	Selector de marchas	59

3.5. Pruebas estáticas en Dinamómetro de Rodillos Inercial Sáenz Modelo BPV1800 – N 08-19	59
3.5.1. Accesorios principales	59
3.5.1.1. Sistema de adquisición de datos.....	59
3.5.1.2. Soporte de Rueda delantera.....	60
3.5.1.3. Rodillo de inercia	61
3.5.1.4. Módulo bypass para motores eléctricos	61
3.6. Procedimiento realizado para toma de datos.....	62
3.7. Ejecución de pruebas.....	63
3.7.1. Nuevas velocidades máximas teóricas en puntos críticos	66
3.7.2. Gráficas comparativas.....	67
3.8. Obtención de datos de ruta	69
3.8.1. Procedimiento general de toma de datos	69
3.8.2. Pruebas de ruta UIDE	69
3.8.3. Prueba de ruta Parque La Carolina	72
CAPÍTULO IV	74
ANÁLISIS DE RESULTADOS	74
4.1. Ecuaciones para cálculo de potencia	74
4.2. Potencia nominal de batería	74
4.3. Potencia consumida de batería en distintas condiciones geográficas	75
4.4. Cálculos de autonomía	77
4.4.1. Autonomía teórica.....	77
4.4.2. Tiempo de carga de batería.....	78
4.5. Relación peso potencia.....	79
4.6. Gráficas de Resultados	80
4.6.1. Impacto socio-económico	90
4.6.1.1. Impacto social	90
4.6.1.2. Impacto económico	91
4.6.2. Impacto ambiental.....	92
CAPÍTULO V	94
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES.....	96
BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de pendientes según Van Zuidam, 1986.....	44
Tabla 2. Ángulos críticos de elevación.....	46
Tabla 3. Fuerzas necesarias y velocidades máximas en puntos críticos de pendiente. ..	52
Tabla 4. Especificaciones Scooter H21S. (Ver anexo 1).....	54
Tabla 5. Datos de ensayo.....	63
Tabla 6. Potencia y torque máximos a distintas RPM.....	64
Tabla 7. Tabla de valores potencia y torque máximos obtenidos.....	66
Tabla 8. Velocidades máximas en cada marcha.	66
Tabla 9. Fuerzas necesarias y velocidades máximas en puntos críticos de pendiente. ..	67
Tabla 10. Datos obtenidos en prueba de ruta UIDE (1 ocupante).....	69
Tabla 11. Voltajes y amperajes de batería ruta UIDE (1 ocupante).....	70
Tabla 12. Datos obtenidos en prueba de ruta UIDE (2 ocupantes).	71
Tabla 13. Voltajes y amperajes de batería ruta UIDE (2 ocupantes).	71
Tabla 14. Datos obtenidos en prueba de ruta La Carolina (1 ocupante).	72
Tabla 15. Voltajes y amperajes de batería prueba de ruta La Carolina (1 ocupante).....	72
Tabla 16. Datos obtenidos en prueba de ruta La Carolina (2 ocupantes).....	73
Tabla 17. Voltajes y amperajes de batería prueba de ruta La Carolina (2 ocupantes). ..	73
Tabla 18. Resultados finales posterior a pruebas de capacidad de arranques en pendiente (startability)	89
Tabla 19. Resultados finales posterior a pruebas de capacidad de ascenso en pendiente (gradeability)	90
Tabla 20. Consumo energético scooter eléctrico.....	92
Tabla 21. Ficha técnica actualizada (ver original anexo 1).	103
Tabla 22. Funciones de la pantalla LED.....	105
Tabla 23. Funciones de mando derecho.	106
Tabla 24. Funciones de mando izquierdo.....	107
Tabla 25. Detalle de longitud de pendientes en base a su rango en grados.....	121
Tabla 26. Datos generales de levantamiento de información topográfica.....	122

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Fig. 1.1. Parque La Carolina, Quito – Ecuador.	6
Fig. 1.2. Universidad Internacional del Ecuador, Quito – Ecuador.....	7
Fig. 2.1. Vehículo utilitario Phaeton.	10
Fig. 2.2. Scooter Krupp modelo Autoped año 1919.....	12
Fig. 2.3. Scoot’Elec 1996.	14
Fig. 2.4. Win Ouboter, Micro Mobility.	15
Fig. 2.5. Clasificación de vehículos de dos ruedas a motor.....	33
Fig. 3.1. Clasificación de los VMP en España.	39
Fig. 3.2 Pendiente de terreno	43
Fig. 3.3. Ruta trazada en Universidad Internacional del Ecuador, Quito – Ecuador.....	44
Fig. 3.4. Perfil de elevación Ruta UIDE.....	45
Fig. 3.5. Facultad de Ingeniería Automotriz de la UIDE. (Punto de salida)	45
Fig. 3.6. Punto de llegada Edificio de Aulas	46
Fig. 3.7. Parque La Carolina, Quito – Ecuador.	47
Fig. 3.8. Distancia de recorrido perímetro Parque La Carolina, Quito – Ecuador.	48
Fig. 3.9. Diagrama de cuerpo libre sobre plano inclinado.....	49
Fig. 3.10. Fuerza versus ángulo.....	53
Fig. 3.11. Velocidad máxima versus ángulo.	53
Fig. 3.12. Velocidad máxima versus fuerza.	53
Fig. 3.13. Motor eléctrico sin escobillas direct drive HUB 60 V, 2000 W.	56
Fig. 3.14. Batería de Ion Litio 60 V / 20 Ah.	56
Fig. 3.15. Módulo controlador del motor eléctrico.	57
Fig. 3.16. Gráfica de cables módulo controlador.	57
Fig. 3.17. Panel de control LCD y selector de marchas.	58
Fig. 3.18. Control de luces y bocina.	58
Fig. 3.19. Cargador de batería de Litio.....	58
Fig. 3.20. Banco de Rodillos Inercial Sáenz Modelo BPV1800 – N 08-19.....	59
Fig. 3.21. Pantalla de sistema de adquisición de datos Smac.....	60
Fig. 3.22. Soporte de rueda delantera.	61
Fig. 3.23. Rodillo de inercia.	61
Fig. 3.24. Módulo bypass para motores eléctricos.	62
Fig. 3.25. Gráfica de torque y potencia obtenida en banco de rodillos de inercia.	65

Fig. 3.26. Comparación de velocidades máximas versus ángulo, potencia real vs potencia entregada por fabricante.	68
Fig. 3.27. Comparación de velocidades máximas versus fuerza, potencia real vs potencia entregada por fabricante	68
Fig. 3.28. Distancia recorrida con 2 ocupantes UIDE.	71
Fig. 4.1. Potencia máxima de motor eléctrico.	80
Fig. 4.2. Tiempo de carga de batería.	81
Fig. 4.3. Tiempos de recorrido ruta UIDE.....	82
Fig. 4.4. Tiempos de autonomía de batería.....	83
Fig. 4.5. Autonomía de batería en kilómetros de recorrido.	83
Fig. 4.6. Autonomía real vs teórica en condiciones ideales.	84
Fig. 4.7. Velocidades máximas y mínimas reales vs teóricas.....	85
Fig. 4.8. Velocidades mínimas de ascenso y máximas de descenso obtenidas en pruebas de ruta en UIDE (carga completa de batería).	85
Fig. 4.9. Potencia máxima consumida de batería en distintas condiciones de prueba. ..	86
Fig. 4.10. Voltaje consumido de batería en distintas condiciones de prueba.	87
Fig. 4.11. Amperaje consumido de batería en distintas condiciones de prueba.	87
Fig. 4.12. Torque máximo obtenido.	88
Fig. 4.13. Velocidad máxima vs ángulo en prueba de capacidad de arranque en pendientes	89
Fig. 5.1. Ficha técnica e instrucciones de cuidados.....	101
Fig. 5.2. Partes scooter eléctrico.....	104
Fig. 5.3. Partes de control de encendido.....	105
Fig. 5.4. Funciones pantalla LED.	105
Fig. 5.5. Controles de mando derecho.	106
Fig. 5.6. Controles de mando izquierdo.	107
Fig. 5.7. Voltaje máximo posterior a carga completa.....	111
Fig. 5.8. Amperaje máximo posterior a carga completa.....	111
Fig. 5.9. Voltaje posterior a prueba Ruta La Carolina (1 ocupante).....	112
Fig. 5.10. Amperaje posterior a prueba Ruta La Carolina (1 ocupante).....	112
Fig. 5.11. Voltaje posterior a prueba La Carolina (2 ocupantes).....	113
Fig. 5.12. Amperaje posterior a prueba Ruta La Carolina (2 ocupantes).	113
Fig. 5.13. Voltaje posterior a prueba de ruta UIDE (1 ocupante).	114
Fig. 5.14. Amperaje posterior a prueba de ruta UIDE (1 ocupante).....	114

Fig. 5.15. Voltaje posterior a prueba Ruta UIDE (2 ocupantes).	115
Fig. 5.16. Amperaje posterior a prueba de ruta UIDE (2 ocupantes).	115
Fig. 5.17. Odómetro digital marcando distancia recorrida ruta La Carolina (1 ocupante).	116
Fig. 5.18. Prueba Ruta UIDE.....	116
Fig. 5.19. Prueba Ruta La Carolina.	117
Fig. 5.20. Trazado a lápiz de puntos a lo largo de la ruta.	119
Fig. 5.21. Mapa de pendiente de ruta de recorrido en ArcGIS.	120
Fig. 5.22. Vista en 3D de la pendiente de ruta de recorrido en ArcGIS.	121
Fig. 5.23. Toma de datos de ruta estación KOLIDA.	123
Fig. 5.24. Toma de datos con ojo de pollo.	123
Fig. 5.25. Toma de datos ojo de pollo 2.	124
Fig. 5.26. Toma de datos ojo de pollo 3.	124
Fig. 5.27. Toma de datos vista desde estación KOLIDA.	125
Fig. 6.1. Placa dinamómetro de rodillos.	126
Fig. 6.2. Sujeción de scooter e iniciación de sistema.	126
Fig. 6.3. Puesta a prueba estática.	127
Fig. 6.4. Puesta a prueba estática 2.	127
Fig. 6.5. Velocidad máxima obtenida según velocímetro.	128
Fig. 6.6. Curvas características obtenidas en fase de prueba.	129

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec [2.1]	20
Ec [2.2]	20
Ec [2.3]	21
Ec. [3.1]	48
Ec. [3.2]	51
Ec. [3.3]	51
Ec [4.1]	74
Ec. [4.2]	74
Ec [4.3]	74
Ec [4.4]	77
Ec [4.5]	78
Ec. [4.6]	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica entregada por fabricante	101
Anexo 2. Nueva guía de usuario.....	102
Anexo 3. Normativa de recorrido planteada para ruta interna UIDE.....	110
Anexo 4. Toma de datos en pruebas de ruta.....	111
Anexo 5. Levantamiento de información topográfica ruta alterna UIDE	118
Anexo 6. Toma de datos de pruebas estáticas en dinamómetro de rodillos inercial	126

RESUMEN

La siguiente investigación se centra en el análisis de autonomía de un scooter eléctrico comercial categoría L1, en donde se realiza una comparativa de datos obtenidos entre pruebas estáticas en un dinamómetro de rodillos inercial y pruebas dinámicas de ruta en condiciones ideales en el parque La Carolina en Quito y en condiciones con pendientes moderadas que existen dentro de la ruta interna en la Universidad Internacional del Ecuador. En este trabajo se va a tratar información como conceptos básicos de energía, motores empleados en scooters y motos eléctricas, baterías empleadas, categorización, viabilidad de integración en distintas condiciones geográficas, etc., Así también se realizó un análisis del perfil de elevación de la pendiente en la ruta interna de la Universidad Internacional del Ecuador, en base a los datos obtenidos se realizaron cálculos para la selección de la potencia del motor eléctrico, y una vez seleccionado se procedió a someter al scooter a pruebas estáticas en un dinamómetro de rodillos inercial Sáenz, en donde se determinaron datos reales que variaron frente a los entregados por la ficha técnica del fabricante. Posteriormente, se procedió a realizar pruebas dinámicas en la ruta interna de la UIDE en donde existen condiciones con pendientes moderadas y también se realizaron pruebas en el parque La Carolina con condiciones geográficas ideales, por lo que se realizó una comparativa entre todos estos datos obtenidos y se determina qué condiciones de manejo son las más óptimas, se elabora una nueva guía de usuario complementada.

PALABRAS CLAVE: scooter eléctrico, pruebas estáticas, pruebas dinámicas, autonomía, motor eléctrico, medios de transporte.

ABSTRACT

The following investigation focuses on the autonomy analysis of a L1 category commercial electric scooter, where a comparison of data obtained between static tests on an inertial rollers dynamometer and dynamic road tests are carried out under ideal conditions on La Carolina Park in Quito and also under conditions with strong slopes that exist within the internal route of Universidad Internacional del Ecuador. In this work, there is information such as basic concepts of energy, motors used in scooters and electric motorcycles, used batteries, categorization, feasibility of integration in different geographical conditions, etc. Also, as well, an analysis of elevation profile of the slope was done on the internal route of Universidad Internacional del Ecuador, based on the data obtained, calculations were made to select the power of the electric motor, and once selected, the scooter was subjected to static tests on a Saenz inertial roller dynamometer, where real data was obtained and determined that it existed variation compared to those provided by the manufacturer's technical data sheet. Subsequently, dynamic tests were carried out on the internal route of UIDE where there are conditions with moderate slopes, tests were also carried out in La Carolina Park with ideal geographical conditions, therefore a comparison was made between all these data obtained and it was determined which handling conditions were the most optimal, also a new and more complete user guide was elaborated.

KEY WORDS: electric scooter, static tests, dynamic tests, autonomy, electric motor, means of transportation.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis a partir de pruebas de ruta estáticas y dinámicas de manejo en un scooter eléctrico, debido a que este tipo de vehículo eléctrico en la actualidad y por las circunstancias de hoy en día, se ha convertido en una de las opciones de movilidad en el mundo, en especial para movilizarse dentro de la ciudad a los lugares de trabajo, estudio, etc. Al momento de buscar una opción para trasladarse de un lugar a otro, algunas ventajas que se analizan en el presente proyecto son; el vehículo eléctrico no consume combustibles derivados del petróleo, no contamina el medio ambiente, el gasto energético en la carga de la batería es mínimo y su mantenimiento es prácticamente nulo. Sin embargo, así como este vehículo tiene sus ventajas contra los vehículos que consumen combustibles derivados del petróleo también tiene sus desventajas la cual se considera la más importante que es la autonomía de la batería y los tiempos de carga de la misma. Hoy en día un término que llama la atención es la electro movilidad, la cual nos dice que se refiere a todo vehículo impulsado por energía eléctrica en este caso mediante el empleo como fuente de impulso un motor eléctrico sin escobillas BDLC de corriente directa DC. En el estudio se utilizará el método analítico el cual es un método investigativo, así como un análisis de campo dado a que se realizarán pruebas para verificar los distintos parámetros y a las condiciones a las que se somete a este vehículo eléctrico. Así también se analizará los tipos de scooters eléctricos, a la categoría a la que pertenecen y la razón por la que se ha elegido cierto modelo para esta investigación. Dicho esto, una vez aplicados los métodos antes mencionados se realizarán varias pruebas de ruta, a través de un circuito trazado en la Universidad Internacional del Ecuador con pendientes y en una ruta relativamente plana en el Parque La Carolina con el fin de analizar, comparar y determinar los valores de velocidad máxima en ascenso de pendientes, en la ruta en general, autonomía de la batería en cada una de las condiciones de ruta. Así también será necesario verificar los valores de velocidad máxima, torque y analizar las curvas obtenidas en un dinamómetro automotriz con soporte para motocicletas y una conexión especial para scooters eléctricos que permite compensar el torque de la rueda motriz del mismo.

1.2. Planteamiento, formulación y sistematización del problema

Un gran problema que se enfrenta hoy en día es la movilidad generada por vehículos con motores de combustión interna, estos generan una emisión de diferentes tipos de gases contaminantes como lo son: NO_x, CO, HC, SO₂, entre otros. La emisión de estos gases contaminantes afecta a nivel ambiental principalmente a la calidad del aire, así como su contribución a la destrucción de la capa de ozono como tal. Cuando los seres humanos están expuestos a estos gases pueden sufrir diferentes efectos en su salud como es la irritación de ojos, nariz; causar enfermedades respiratorias a largo plazo; cáncer en pulmones, entre otros efectos. Hoy en día al existir varios modelos de vehículos eléctricos de diferentes categorías y que poseen distintas características como son autonomía, potencia, torque y velocidades máximas, los fabricantes muchas veces pueden entregar datos irregulares y que muchas veces no son fidedignos y menos aun sometiendo a distintas condiciones topográficas de altitud, así como datos obtenidos someténdolo con diferentes cargas ya sea con uno o dos ocupantes si es el caso.

Una vez identificados los problemas, se ha propuesto realizar el estudio en un scooter eléctrico comercial, y analizar distintos parámetros de eficiencia, potencia y rendimiento de la batería y el motor eléctrico en la ruta normal de recorrido donde circulan los vehículos desde la facultad de ingeniería automotriz hasta el edificio de aulas de la Universidad Internacional del Ecuador. Así también se realizarán pruebas de ruta en superficies con pendientes relativamente nulas dentro del perímetro del Parque La Carolina, así como también un análisis en un dinamómetro especial para scooters y motocicletas eléctricas que permitirá obtener los datos de torque, potencia y velocidad máxima del mismo. Por último, se compararán los diferentes datos obtenidos en pruebas dinámicas con pruebas estáticas y con los datos entregados por el fabricante para determinar datos reales de acuerdo a las distintas condiciones a las que el scooter fue sometido.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Analizar la autonomía de un vehículo eléctrico categoría L1 en condiciones lineales y en altitud de la Universidad Internacional del Ecuador

1.3.2. Objetivos Específicos

- Calcular parámetros previos para selección de motor eléctrico como potencia, fuerza necesaria para ascensos en pendientes y velocidades máximas.
- Someter al scooter eléctrico a pruebas estáticas en un dinamómetro de rodillos inercial, y a pruebas dinámicas de autonomía de batería y potencia a distintos regímenes de velocidad dentro de la Universidad Internacional del Ecuador y en el perímetro del Parque La Carolina en la ciudad de Quito.
- Realizar un análisis comparativo entre datos de pruebas obtenidos frente a los entregados por el fabricante, y determinar si es que estos son reales e ideales para las distintas topografías a las que el vehículo será sometido y elaborar una nueva guía de usuario con datos reales obtenidos.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Metodológica

El proyecto de investigación del scooter eléctrico será realizado mediante la aplicación del método analítico experimental.

Según Ramón Ruiz, el método analítico es un método de investigación que consiste en la fragmentación o desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. Pues es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías. (Ruiz, 2014)

Mientras que la investigación experimental es aquella que se encuentra enfocada en el área científica, en donde se manejan diversas variables que son constantes, en este caso existen dos tipos de variables, conocidas como dependientes e independientes. Las variables independientes son aquellas que pueden ser manipuladas por la persona que realiza la investigación, mientras que las variables dependientes son aquellas que se investigan y se miden. (Alonso, s.f.) En este caso aplicado a la investigación se pueden definir las variables presentes:

- **Variables Dependientes:** Distancias de rutas de recorrido.

- **Variables Independientes:** Potencia, voltaje y amperajes consumidos de batería en cada una de las condiciones, valores obtenidos sobre autonomía de la batería y velocidades máximas que entrega el motor eléctrico en condiciones geográficas ideales e irregulares.

1.5. Delimitación

1.5.1. Delimitación Temporal

La investigación y estudio del proyecto será realizado en un lapso de diez meses.

1.5.2. Delimitación Geográfica

El proyecto de investigación está delimitado dentro del área geográfica del parque La Carolina en Quito y en la ruta interna de la Universidad Internacional del Ecuador los cuales presentan las distintas condiciones geográficas para obtener resultados reales.



Fig. 1.1. Parque La Carolina, Quito – Ecuador.
Fuente: Google Earth.

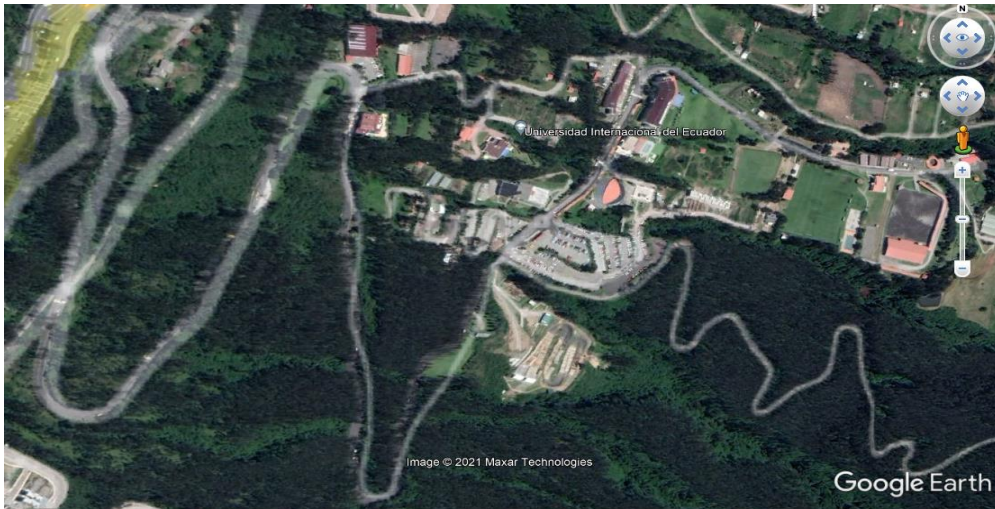


Fig. 1.2. Universidad Internacional del Ecuador, Quito – Ecuador.
Fuente: Google Earth.

1.5.3. Delimitación de Contenido

Las principales áreas que serán tomadas en cuenta dentro de la investigación son:

- Obtención de información topográfica
- Pruebas de ruta predefinidas de recorrido
- Intervalos máximos y mínimos de consumo de potencia y carga de la batería.
- Eficiencia y rendimiento de componentes eléctricos.
- Análisis de la autonomía de la batería en condiciones geográficas ideales e irregulares.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Vehículos de tipo eléctrico

2.1.1. Historia de los vehículos eléctricos

En los inicios del siglo XIX inició de forma increíble el desarrollo y énfasis en la electricidad. El origen de esta importante rama de la ciencia se dio con la pila de Volta en el año de 1800, la misma permitía desarrollar varios experimentos mediante corrientes eléctricas. Los primeros vehículos eléctricos fueron desarrollados mucho más antes que los vehículos con motor de combustión interna, en la primera mitad del siglo XIX. Se dice, que el primer prototipo fue construido en 1828 por el sacerdote e ingeniero húngaro Ányos Jedlik. Este era un modelo de tamaño reducido que era impulsado por un motor eléctrico que él mismo había inventado. Así también, en el año de 1834 el herrero Thomas Davenport proveniente de Vermont, desarrolló el primer vehículo eléctrico impulsado por una batería, en este caso las vías funcionaban como conductores de electricidad. Thomas también fue el creador del primer motor eléctrico que funcionaba con corriente continua. Entre los años de 1832 y 1839 el empresario y químico escocés Robert Anderson inventó el primer automóvil impulsado por electricidad, mediante el empleo de una batería no recargable como fuente de energía. Ya en el año de 1835 el inventor holandés Sibrandus Stratingh con la ayuda de su amigo también inventor Cristófer Becker crearon un vehículo impulsado por baterías no recargables, el cual es el precedente de los vehículos eléctricos que hoy en día se conocen. (Moreno, 2016)

En el año de 1837 el inventor escocés Robert Davidson desarrolla la primera locomotora eléctrica, accionada por motores eléctricos inventados por él mismo. De forma independiente, en el año de 1838, en Estados Unidos William H. Taylor construyó estos mismos motores, sin que cada uno conozca del trabajo del otro. En 1842 Davidson también desarrolló un vehículo eléctrico de cuatro ruedas que lo nombró como Galvani, este vehículo empleaba como fuente de energía baterías de zinc ácido y obtenían una velocidad de cuatro millas por hora, sin embargo, su desventaja es que no podía llevar pasajeros. El inconveniente principal de estos vehículos siempre fueron las baterías. Distintos cálculos evidenciaban que el consumo de zinc de una batería era cuatro veces más costoso que emplear carbón en una máquina de vapor, que en ese entonces era la principal competencia del motor eléctrico. En 1840 en Inglaterra y en 1847 en Estados

Unidos se logró patentar el uso de rieles de tren que transportaban electricidad. En 1860 se da el invento del primer dinamo o generador eléctrico y sus posteriores avances generaron una oportunidad del empleo de tracción eléctrica. En el año de 1850, el científico francés Gaston Planté creó la batería recargable de ácido-plomo, que hasta el día de hoy se utiliza para energizar el motor de arranque de los vehículos. La mayor ventaja de estas baterías es que pueden conservar corriente eléctrica durante un extenso periodo de tiempo, sin embargo, sus primeros prototipos eran pesados y voluminosos. En el siglo XIX, al mismo tiempo que se desarrollaban los motores eléctricos, también se iban creando las baterías eléctricas. Ya en el año de 1898, se desarrollaron y comercializaron los primeros modelos de vehículos eléctricos que se movilizaban por Londres y Nueva York. Su sistema de propulsión era mediante motores de corriente continua, estos estaban conectados a baterías que podían estar configuradas para conexiones en serie y en paralelo, con esto se lograba controlar de forma adecuada la velocidad y el torque.

Durante la primera década del siglo XX, se construyeron y comercializaron distintos modelos de vehículos eléctricos, muy similares a una carroza que, en lugar de tener caballos, tenían un motor eléctrico de corriente continua con una batería. Su autonomía rondaba entre los 20 y 30 km, su velocidad máxima era de 25 km/h, y su precio estaba entre los 2000 a 3000 dólares americanos. En ese entonces las distancias en las ciudades no eran tan grandes, y por este motivo no se requería de mayores autonomías, sin embargo, su valor económico era alto, y solo podía ser adquirido por personas pudientes que tenían alto poder adquisitivo. Los primeros vehículos a gasolina aparecieron recién en los años 20 y tenían varias desventajas frente a los vehículos eléctricos, generaban mucho ruido, producían un fuerte y desagradable olor a gasolina, y eran más complicados de conducir, debido al dificultoso manejo de la palanca de cambio de velocidades, para dar el primer arranque al motor se debía usar una manivela, por lo que también se necesitaba de un chofer que debía ser hábil y fuerte para manejar la complicada máquina. El costo de un vehículo de gasolina era más alto que el de uno eléctrico, no tenía problemas de arranque, no generaba contaminación ambiental ni sonora, no generaba fuertes olores, y era de muy fácil conducción. (Moreno, 2016)



Fig. 2.1. Vehículo utilitario Phaeton.
Fuente: (Moreno, 2016)

En la fig. 2.1. se observa un vehículo utilitario eléctrico que se comercializó en 1920, este modelo Phaeton, tenía un costo de 2000 dólares americanos y tenía una autonomía de 18 millas con la que llegaba a una velocidad máxima de catorce millas por hora. Sin embargo, entre los años 1920 y 1930, existieron varios motivos que finalmente llevaron a que se comercialice de forma definitiva el vehículo a gasolina.

En Texas y otros estados de Estados Unidos, se encontró gran cantidad de petróleo, lo que abarató el precio del combustible para los vehículos de gasolina. Varias autopistas fueron construidas para unir a las distintas ciudades, las cuales permitieron que los vehículos de gasolina se movilen fácilmente de una ciudad a otra, algo que no se podía lograr con un vehículo eléctrico debido a su reducida autonomía. Posteriormente, se empezaron a incorporar elementos auxiliares para arranque del motor de combustión como es el motor de arranque, que básicamente es un pequeño motor eléctrico, que con una batería de tamaño reducido empezó a brindar el empuje inicial al tren motriz del motor a gasolina, eliminando a la manivela mecánica empleada anteriormente. Finalmente, el revolucionario invento del empresario Henry Ford, conocida como cadena de montaje logró que la producción en serie de vehículos a gasolina sea una realidad, reduciendo considerablemente su costo y permitiendo que se encuentre al alcance sobre todo de la clase media. Durante los años 20, un vehículo eléctrico tenía un precio de dos mil dólares americanos y una autonomía limitada de 25 km, frente al vehículo a gasolina que costaba seis cientos dólares americanos con una autonomía mucho menos limitada que la del vehículo eléctrico. (Moreno, 2016).

Gracias a la unificación de cada uno de estos factores, cuando finalizó la década de 1920 el vehículo a gasolina finalmente se había posicionado firmemente en el mercado mundial, lo que causó que en la década de 1930 el vehículo eléctrico deje de fabricarse. En la década de 1970, inicia nuevamente una reaparición del vehículo eléctrico, esto debido a la crisis energética que había producido un incremento en el valor de la gasolina. En los países del primer mundo la gente empieza a tomar en cuenta las distintas consecuencias que pueden generar las emisiones de gases contaminantes hacia la atmósfera, provenientes de la combustión interna de los motores, generando un efecto en el cambio y climático gracias al renombrado efecto invernadero que iba deteriorando poco a poco la capa de ozono. La reparación al inicio, siempre fue un poco vacilante, pero poco a poco puede dar espacio a distintos vehículos que pueden ser desde los utilitarios hasta autobuses o camiones. La generalizada intranquilidad causada por la emisión de gases contaminantes a la atmósfera se ha ido incrementando desde ese entonces, al igual que el valor del petróleo en el mercado mundial. La humanidad hoy en día tiene más consciencia de que el sistema de propulsión de la actualidad, que es mediante motor de combustión interna es inviable e insostenible a mediano y largo plazo.

Durante el siglo XX en los países del primer mundo existe un desarrollo muy grande de distintas ciudades, esto debido a la creación y expansión de los vehículos individuales, esto permitió que sea posible el desplazamiento de decenas de kilómetros a diario para realizar las labores cotidianas y volver al hogar sin inconvenientes. Así también varias zonas residenciales fueron construidas, alejadas de zonas industriales y demás fábricas de las ciudades. Hoy en día sería irrealizable regresar al estilo y modelo de las ciudades anteriores, sin embargo, el de hoy en día no es sostenible, por lo que es urgente buscar una opción distinta a los medios de transporte existentes y que sean amigables con el ambiente.

La población en 2010 era de 7.000.000.000 personas, se espera que en 2050 sea de 10.000.000.000 de personas. El número de vehículos en 2010 era de 75 millones, y se espera que en 2050 sea de 2.500 millones. Si todos estos vehículos son propulsados por motores de combustión interna, las reservas de combustibles fósiles en nuestro planeta son insuficientes. Pero mucho antes de termina con las reservas, debido a la propagación de los gases resultantes al quemar el combustible, la Tierra sería inhabitable por el efecto invernadero. (Moreno, 2016)

2.2. Scooter eléctrico

2.2.1. Historia y evolución

Hay muchas fechas de fabricación tempranas en la historia del scooter que se manejan actualmente, algunas de las cuales sugieren que sus orígenes se remontan a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Uno de los patinetes más famosos fue el de la marca Krupp, modelo Autoped de 1919 con ruedas de 10 pulgadas y motor de gasolina de 155 cc, fabricado en Long Island New York y capaz de alcanzar los 25 km / h.. (MUVTER, s.f.)



Fig. 2.2. Scooter Krupp modelo Autoped año 1919.
Fuente: (El Mundo España, 2019).

En el año 1918, la compañía Eveready Battery. compró la compañía y agregó una batería y una bobina de encendido, y además diseñó un sistema de plegado para este dispositivo que lo hizo más compacto y, por lo tanto, más fácil de guardar en un espacio más reducido. Con estas modificaciones llevó a este tipo de scooter a pesar 43,5 kg y tener el mayor peso en su parte delantera donde se encontraba ubicado el motor. Gracias a estos avances, se pensaría que el patinete eléctrico ya estaría listo para debutar en el mercado, pero rápidamente ha sido suplantado por las motos y su uso ya no es tan habitual, aunque en la actual época de pandemia este tipo de vehículos comenzó a popularizarse por ser pequeño y fácil de manejar. (MUVTER, s.f.)

- **Así vuelven al mercado**

En la década de 1950, la patineta o skate apareció, entre las diversas historias, el relato más popular sobre su origen, que un grupo de surfistas tuvo la idea, en épocas de menos olas, de colocar ruedas debajo de una tabla de surf para poder caminar sobre ella sobre la

acera, pasaron los años y la idea perfeccionó, hasta que el skate se hizo muy popular en la diversión de los jóvenes de la época.

En la década de 1960 se hizo una modificación que ofrecía al usuario mayor estabilidad y seguridad añadiéndole a este una barra vertical, así nacieron los primeros patinetes de madera, estos primeros modelos eran simples y no podían girar, las curvas se realizaban inclinando al usuario hacia los lados.

En la década de 1980 se inició su construcción con materiales más livianos y más resistentes como el aluminio, además de otras mejoras como colocar un freno en la parte posterior, el mecanismo de giro y ruedas las cuales eran de un polímero resistente el cual generaba una mayor velocidad y mejor agarre. (MUVTER, s.f.)

En las últimas décadas del siglo XX volvieron a los mercados, pero como juguetes de montar para niños. En ese momento no sabíamos que hoy al colocar un motor y batería sería un medio de transporte muy bien colocado en el mercado.

- **Los primeros intentos con la electricidad**

Finalmente, en la década de los 90 se incorporaron a los patinetes un motor eléctrico, una batería y otros tipos de componentes los cuales eran necesarios para mejorar la potencia y su rendimiento. En el año de 1991, se inventaron las baterías de iones de litio, las cuales tenían la capacidad de almacenar una mayor cantidad de energía por kilogramo y también de poseer tiempos de carga más rápidos, sumado a esto, se le añade que son más amigables con el medio ambiente en comparación con las baterías más antiguas. (MUVTER, s.f.)

En Francia en 1996, la fabricante de autos, Peugeot fue produce en masa la primera motocicleta eléctrica, esta motocicleta se parecía a un scooter eléctrico por lo que se la llamo Scoot'Elec, este modelo logró una velocidad máxima de 45 km / h y tenía una autonomía de 40 km, por lo que tuvo una gran acogida, y ha permitido que sea producido en masa durante 10 años. La fabricación del Scoot'Elec es considerado un evento de suma importancia para lo que sería el futuro en la venta y comercialización de patinetes eléctricos, aunque este modelo es muy robusto y no era amigable con el medio ambiente ya que las baterías que utilizaban eran baterías de níquel y cadmio siendo esta tecnología muy antigua, y extremadamente tóxica para las personas y el ambiente. (MUVTER, s.f.)



Fig. 2.3. Scoot'Elec 1996.
Fuente: (Peugeot-motorcycles, 2021).

- **Un empresario suizo apuesta por la electromovilidad**

Wim Ouboter, empresario, exbanquero suizo y fundador de Micro Mobility Systems fue el pionero en sacar al mercado un modelo de patinete o scooter para personas adultas, a inicios de los años 90 diseñó un modelo de scooter portátil con dos ruedas alineadas entre sí, con un manillar y un peso que oscilaba entre 2 y 5 kg, en su entorno nadie le daba importancia a su prototipo lo que causó que lo dejara de lado. Entonces, en 1997, se alió con su suegro para fundar la empresa Micro Mobility Systems, esto lo llevó a realizar negocios con una empresa en Taiwán llamada J.D Componentes Co., lista para producir su modelo el cual lo lanzó al mercado en Japón en el año de 1999, sin embargo, lanzó una versión para niños, que se convirtió en un gran éxito, llevándolo a una producción de 80.000 unidades diarias (MUVTER, s.f.).

Después de unos años la competencia creció mucho a medida que modelos muy similares a los suyos inundaron el mercado, lo que hizo que Win Ouboter considerara lanzar modelos eléctricos. En 2003, Razor introdujo al mercado de los Estados Unidos un modelo eléctrico con batería incorporada. La legislación suiza no permitió a Micro Mobility llevar un dispositivo de este tipo al mercado hasta el año 2013 ya que en Suiza no se conducía un vehículo eléctrico en las aceras, por lo que este diseñó un modelo híbrido el cual tenía la posibilidad de elegir entre modo eléctrico y modo normal. Podemos ver que algunos países han estado tratando de regular el uso de estos dispositivos en las carreteras durante al menos 17 años. (MUVTER, s.f.)



Fig. 2.4. Win Ouboter, Micro Mobility.
Fuente: (Micro scooter, 2016).

2.2.2. Scooter eléctrico

Es un vehículo personal de transporte, que en cuanto a su tamaño está entre una motocicleta eléctrica y una bicicleta eléctrica, a su vez se los conoce también como scooters a aquellos vehículos que son tipo patinete. Su propulsión es mediante motor eléctrico que se encuentra ya sea en la rueda delantera o trasera. Su cuadro o estructura generalmente, está fabricado con aluminio para reducciones de peso, con el objetivo de lograr un transporte más eficiente y con una excelente comodidad. Su autonomía suele ser de aproximadamente 30 kilómetros o más de acuerdo al modelo. El peso que puede soportar puede ser mayor o igual a los 100 kg, así mismo posee un sistema de alumbrado que permite identificar la carretera de forma adecuada. (Aguirre & Ortega, 2020)

Un scooter disminuye el tiempo de recorridos, esto debido a que deben circular por carriles únicos donde el tráfico llega a ser prácticamente mínimo o nulo, sin embargo, también pueden ser incorporados en el tráfico, siempre y cuando se emplee un casco y se circule a una velocidad adecuada. Una ventaja importante también es que protege el medio ambiente, gracias al sistema de propulsión mediante motor eléctrico, el cual no emite gases contaminantes debido a que no se ocupa ningún tipo de carburante para hacer girar el motor eléctrico, lo cual logra reducir drásticamente las emisiones de dióxido de carbono en las grandes ciudades. Otra ventaja de vital importancia, es que para trayectos cortos dentro de la ciudad puede ser muy útil con una autonomía de 30 km con una única carga de batería. Ciertos gobiernos ya han instituido ciertos parámetros de uso y regulación de estos vehículos, sin embargo, en la mayoría de países latinoamericanos aún

no existe una regulación completa como se ha realizado con las motocicletas con motor de combustión. (Aguirre & Ortega, 2020)

Los primeros vehículos tipos patinetes con motor eléctrico aparecen por primera vez en el año de 1990. Posteriormente, en el año de 1995 el ingeniero catalán, José Moya, fue premiado en el salón mundial de invenciones en Bruselas con su invento conocido como patinete eléctrico. Gracias al reaparecimiento de los vehículos eléctricos y con el perfeccionamiento en el área de las baterías para estos vehículos, los VMP (Vehículos de Movilidad Personal) se incrementaron tanto que para finales de los noventa lograron afianzarse en distintos lugares del planeta. Hoy en día, todos los VMP emplean motor eléctrico cambiando sus siglas a VEMP (Vehículos Eléctricos de Movilidad Personal). (Aguirre & Ortega, 2020)

En cuanto al uso de motores eléctricos para vehículos eléctricos en especial los VMP, en donde tenemos los siguientes según (Aguirre & Ortega, 2020):

2.2.3. Tipos de VMP

Existen cuatro grandes tipos de VMP que son los siguientes:

- Monociclo eléctrico.
- Hoverboard.
- Segaway.
- Patinete eléctrico.

2.3. Conceptos básicos

2.3.1. Energía

El concepto de energía según (Velazco, 2009), cualquier alteración en la posición, propiedades, constitución o estado de un sistema determinado que requiere la realización de un trabajo, el cual se lleva a cabo por aplicación sobre el sistema de fuerzas exteriores o de fuerzas internas”. Por ende, se conoce que cualquier capacidad que tenga un objeto o determinado cuerpo para realizar un trabajo se define como energía, la energía varía de situación en situación tal como menciona el autor, si es de una fuerza exterior o interior.

Adicional a esto, también se debe aclarar que las energías aparecen de diversas formas como energías cinética, gravitacional, lumínica, entre otros. Por ejemplo, los seres humanos al realizar actividad física liberan energía mecánica en forma de fuerza, la cual se genera al consumir alimentos, de esta forma, el ser humano es una fábrica de

procesamiento de energía, el cual consume la energía química en forma orgánica y liberándola en forma de fuerza, calor, entre otras.

La energía está presente en todas direcciones que se mire, al crecer una planta, a un animal movilizarse o una máquina al desplazarse la energía está presente. La energía dicha de forma poética es lo que mantiene vivos a todos los seres vivos (energía química), es la que permite observar (energía lumínica), permite la movilización (energía cinética) y también es la que mantiene a todos los objetos firmes en la superficie del planeta (energía gravitatoria). La energía está presente en todos los cambios físicos y cambios químicos que ocurren cada día, desde encender un cerillo hasta calentar agua. Acorde a la termodinámica, llegará un día donde la energía de la cual el ser humano ha gozado y aprovechado por tantos siglos, se acabará dado a la entropía existente en el universo, pero no solo en el universo, sino específicamente en el planeta tierra, existen energías renovables y no renovables. (Velazco, 2009)

Las energías no renovables se han explotado a tal punto que ya no se encontrarán dentro de unos años, esto dado específicamente a que esta energía es limitada. Por otro lado, al hablar de las energías renovables son tomadas como renovables porque son teóricamente infinitas. La energía como si tiene varias formas de clasificarse y también tiene dos componentes principales que hacen que la interpretación energía sea posible, estos son el trabajo y la potencias. (Velazco, 2009)

2.3.2. Tipos de energía

2.3.2.1. Energías Renovables

Las energías renovables son aquellas que son producidas continuamente y no pueden agotarse; estas son renovadas de forma continua, al contrario de los combustibles fósiles, de los que solo se encuentran pocas reservas en el mundo, y que se pueden terminar en un plazo de tiempo determinado. Existen distintas formas de energía renovable y estas pueden ser: eólica, hidráulica, geotérmica, biomasa y energías marinas. Las energías renovables proceden, directa o indirectamente, de la energía solar; y forman parte de una excepción la energía geotérmica y la de las mareas.

- **Situación actual de energías renovables**

En la actualidad, la contribución de las energías renovables (con respecto al consumo total de energía primaria) a nivel mundial oscila el 8% y en Europa es del 6%; estos

porcentajes pertenecen casi en su totalidad a energía hidráulica y biomasa. En la actualidad se ha observado un considerable aumento de concienciación a nivel mundial en cuanto a la problemática sobre el uso de la energía, esto debido a:

- La gran dependencia energética del exterior de los países industrializados.
- El agotamiento y la inflación de los recursos energéticos fósiles.
- Actuales descubrimientos sobre el origen antropogénico (producido por el hombre) del cambio climático.

Las distintas previsiones realizadas por distintos organismos en el mundo indican un gran aumento en el empleo de las energías renovables a medio plazo, el continente europeo genera el 15% del consumo energético mundial y, si no se fomentan políticas de promoción de las energías renovables, este valor puede ir en aumento. La Unión Europea se ha fijado como objetivo triplicar la aportación actual de las energías renovables en el año 2020, llegando al 20% del consumo total de energía primaria y al 10% de biocarburantes en Europa. (Instituto tecnológico de Canarias , 2008)

2.3.2.2. Energías no renovables

Según (Font, 2020) son aquellas fuentes energía de uso limitado, que una vez consumido se agota el abastecimiento. En general, el ritmo de uso es mayor a su regeneración. Entre las fuentes de energía no renovables están:

- **Combustibles fósiles:** es aquella fuente de energía proveniente de biomasa formada desde hace miles de años, que se somete a diversos procesos de transformación mediante temperatura y presión. Entre los más comunes se puede mencionar: petróleo, gas natural de petróleo, gas licuado de petróleo y carbón.
- **Energía nuclear o atómica:** esta energía es proveniente del proceso de fisión nuclear del núcleo de uranio. Al momento de la división del núcleo se libera una gran cantidad de energía en forma de radiación y calor utilizada para generar electricidad o energía termonuclear.

2.3.2.3. Energía eléctrica

La energía eléctrica según (Comunidad de Madrid corporation , 2002) es un fenómeno íntimamente ligado a la materia y a la vida. Todo lo que se observa a nuestro alrededor, así como también lo que no se observa, está integrado por electrones, partículas que giran alrededor de los núcleos atómicos. Son justamente estas partículas las causantes de los

fenómenos electromagnéticos que permiten el aprovechamiento de la energía eléctrica por parte de los humanos.

Para comprender los principios de electricidad, es necesario conocer que toda clase de materia está compuesta por átomos. Estos átomos están constituidos por un núcleo central en donde existen protones con carga positiva, neutrones con carga neutra y una capa exterior en la que orbitan los electrones con carga negativa. Así, los átomos son neutros al compensarse las cargas del núcleo con las de la capa externa de electrones. La carga eléctrica es, entonces, una de las propiedades fundamentales de la materia. Dicho lo anterior, cuando un átomo cede uno o más electrones, su carga eléctrica negativa se ve disminuida, causando que la carga total sea positiva. Por el contrario, si un átomo gana electrones, la carga total cambia y se vuelve negativa.

Entre cargas de distinto signo, existe una fuerza de atracción, mientras que entre cargas del mismo signo existe una fuerza de repulsión. Las cargas eléctricas estáticas crean un campo magnético, mientras que, si se encuentran en movimiento, causan de igual forma un campo eléctrico. Dicho esto, si se aproxima una brújula al hilo por donde circula la corriente eléctrica, la aguja girará. Por lo tanto, electricidad y magnetismo son, dos ramas que se encuentran concatenadas en un mismo fenómeno: el electromagnetismo, una ciencia que la humanidad ha aprendido a controlar para aprovechar todas sus ventajas energéticas. (Comunidad de Madrid corporation , 2002)

2.3.3. Carga y corriente

El concepto de carga eléctrica es el principio fundamental para explicar todos los fenómenos eléctricos. Asimismo, la cantidad básica en un circuito eléctrico es la carga eléctrica. Todas las personas experimentan el efecto de la carga eléctrica cuando intentan quitarse un suéter de lana y éste se pega al cuerpo o cuando atraviesan una alfombra y reciben un choque. (Charles K. Alexander, 2013)

Carga es una propiedad eléctrica de las partículas atómicas de las que se compone la materia, medida en coulomb (C). Debido al estudio de la física elemental se sabe que toda la materia se compone de bloques constitutivos fundamentales conocidos como átomos y que cada átomo consta de electrones, protones y neutrones. También se sabe que la carga e de un electrón es negativa e igual en magnitud a 1.602×10^{-19} , en tanto que un protón lleva una carga positiva de la misma magnitud que la del electrón. La presencia de igual

número de protones y electrones deja a un átomo cargado neutralmente. (Charles K. Alexander, 2013)

2.3.4. Tensión

Para desplazar un electrón en un conductor a una dirección en particular, se necesita realizar una cantidad de trabajo o transportar energía. Este trabajo lo realiza una fuerza electromotriz externa (fem), que generalmente representa la batería. Esta (fem) también se conoce como tensión o diferencia de potencial. La tensión (v_{ab}) entre dos puntos a y b en un circuito eléctrico es la energía (o trabajo) necesaria(o) para mover una carga unitaria desde a hasta b; matemáticamente,

$$V_{ab} = \Delta \frac{dW}{dq}$$

Ec [2.1]

donde w es la energía en Joules (J), y q es la carga en coulomb (C). La tensión v_{ab} , simplemente v , se mide en volts (V), así llamados en honor al físico italiano Alessandro Antonio Volta (1745-1827), quien inventó la primera batería voltaica. Con base en la ecuación es evidente que:

$$1 \text{ Volt} = 1 \frac{\text{Jule}}{\text{Columb}} = 1 \text{ Newton} - \text{metro/Columb}$$

Ec [2.2]

Dicho esto, la tensión es la energía que se requiere para desplazar una carga unitaria a través de un elemento, medida en volts (V). (Charles K. Alexander, 2013)

2.3.5. Corriente eléctrica

Según (Planas, 2019) la corriente eléctrica es el transporte de carga eléctrica. Este transporte es realizado a través del movimiento de electrones por medio de conductores y semiconductores bajo la influencia de una diferencia de potencial o tensión.

En la rama de la electricidad, el movimiento de iones en un electrolito o plasma también es el causante de una corriente eléctrica. En todos estos casos, el transporte de carga se realiza mediante el movimiento de cargas eléctricas. Así también, se crea una corriente eléctrica como un cambio en el flujo eléctrico, como entre las placas de un condensador durante la carga y descarga, sin mover los portadores de carga.

La corriente eléctrica generalmente se muestra con la letra I (de intensidad de corriente) y puede describirse como el desplazamiento de la carga eléctrica por unidad de tiempo, es decir, en coulomb (C) por segundo (s)

$$I = \frac{Q}{t}$$

Ec [2.3]

Donde:

- I es la corriente eléctrica se expresa en amperios (A).
- t el considerado tiempo, expresado en segundos (s).
- Q el tiempo t cantidad de carga eléctrica movida expresada en culombio (C).

La intensidad de la corriente eléctrica se mide en amperios (símbolo: A), y de manera informal también se conoce como amperaje por analogía con el voltaje del voltaje eléctrico. (Planas, 2019)

2.3.5.1. Corriente directa

Según (Planas, 2019) la corriente continua o CD, se caracteriza por tener una cantidad de electrones que fluyen en la misma dirección siempre, esto entrega una característica única de poseer polaridad de carga, esta tiene siempre un polo positivo y otro negativo, o también se los puede definir como entrada y salida de electrones.

Una de las ventajas que posee la corriente continua es su capacidad para ser almacenada, es decir, al tener una dirección determinada para los electrones, es factible que puedan ser encerrados en grandes acumuladores, algo que es imposible con la corriente alterna. La corriente directa fue desarrollada en su plenitud en el siglo XIX por Thomas Edison, este tipo de corriente se la denomina una corriente constante, ya que al tener todo el tiempo la misma cantidad de electrones que fluyen, se obtiene una cantidad constante de voltaje por variación del tiempo. (Planas, 2019)

2.3.5.2. Corriente alterna

Según (Planas, 2019) la corriente alterna o AC es la corriente que se utiliza para la mayoría de electrodomésticos que se utiliza en el hogar, oficina, fábricas, etc. La corriente alterna entrega una gran cantidad de corriente que es mucho mayor que la directa. La

corriente alterna trabaja por medio de variaciones de sus valores máximo y mínimo en forma de ciclos, es decir, la corriente alterna trabaja con ondas que cambian de forma de voltaje positivo y negativo, cada una de estas ondas poseen la misma duración y altura. Esto permite que la mitad del tiempo, la corriente circule en un sentido y la otra mitad circule en el sentido contrario.

La onda que se crea dentro de la corriente alterna es igual a la función trigonométrica seno. A pesar de ser el tipo de corriente más empleado, tiene ciertas variaciones como la onda cuadrada o triangular. La corriente alterna normalmente viene en ondas de 50 a 60 Hz, motivo por el cual todos los elementos trabajan con esta frecuencia. Si existe una frecuencia demasiado baja se generarán intermitencias en los distintos dispositivos. Por otro lado, con una frecuencia demasiado alta causará una radiación ocasionando el efecto pelicular, el cual se genera cuando la electricidad viaja a través del cable superficial.

La corriente alterna nace en el siglo XIX, época donde se empleaba únicamente la corriente continua, el problema principal de ese tipo de corriente es la pérdida que daba al viajar por largas distancias. A pesar de esto, en la actualidad se emplean ambas formas de corriente dado a que cada una ofrece diferentes ventajas y debilidades frente a la otra

2.3.6. Motores

2.3.6.1. Motores de corriente continua

Estos motores son de mayor costo, así como también requieren de una fuente de corriente continua, o a su vez de un dispositivo o equipo que transforme corriente alterna en continua. Funcionan con velocidad regulable, entre vastos límites, así como su utilización mediante control, que entrega una gran precisión y flexibilidad. Debido a esto, su empleo es restringido en ciertos casos, en donde estas condiciones se equilibran con el costo mucho más incrementado de instalación y mantenimiento. (Aguirre & Ortega, 2020)

2.3.6.2. Generalidad del motor de corriente continua

Un motor de corriente continua según (Daghero, 2019) es un motor eléctrico que funciona con corriente directa (DC) de electricidad, en donde estos motores de corriente directa pueden funcionar directamente mediante el empleo de baterías recargables, es decir, esta entrega la energía motriz para los vehículos eléctricos.

2.3.6.3. Selección del tipo de motor

Las escobillas de un motor convencional transmiten potencia a los devanados del rotor que, cuando se energizan, giran en un campo magnético fijo. La fricción entre las escobillas estacionarias y un contacto de metal giratorio en el rotor giratorio causa desgaste. Además, la energía se puede perder debido al contacto deficiente con el metal y el arco eléctrico. (Daghero, 2019)

Es por ello que (Daghero, 2019) menciona que, debido a que un motor eléctrico sin escobillas o motor brushless (BLDC) prescinde de las escobillas, al emplear un "conmutador electrónico", la confiabilidad y eficiencia del motor se mejora al eliminar esta fuente de desgaste y pérdida de potencia.

Se menciona que, estos motores cuentan con una gran cantidad de otras ventajas sobre los motores de inducción a corriente directa y los motores de inducción de corriente alterna, entre estos incluye una considerable velocidad frente a las características de torque; así también una respuesta dinámica más eficiente; funcionamiento sin ruido; y rangos de velocidad más elevados. La relación entre el torque que entrega y el tamaño del motor es mayor, por lo que es una opción factible para aplicaciones en vehículos eléctricos, donde se requiere de una gran potencia, sin embargo, se requiere también que sean compactos y ligeros. (Daghero, 2019)

2.3.6.4. Fundamento de operación

El conmutador electrónico del motor BLDC, que generalmente en la actualidad es un módulo controlador, energiza de forma secuencial a las bobinas del estator creando un campo eléctrico giratorio que "arrastra" el rotor con él a enésimas "revoluciones eléctricas" equivale a una revolución mecánica. (Daghero, 2019)

En el motor de tres fases, (Daghero, 2019) menciona que existen tres sensores de efecto Hall están incrustados en el estator para indicar las posiciones relativas del estator y el rotor en el controlador, de modo que pueda energizar los devanados en la secuencia correcta y en el momento correcto.

2.3.6.5. Características del motor brushless (BLDC)

Un motor BLDC también conocido como tipo "síncrono" porque el campo magnético generado por el estator y el rotor gira en la misma frecuencia. Una ventaja de esta disposición es que los motores BLDC no presentan el "deslizamiento" usual de los

motores de inducción. Estos motores son de uno, dos o tres tipos de fase, este último es el tipo más común. (Daghero, 2019)

El estator de un motor BLDC comprende laminaciones de acero, ranurada axialmente para acomodar un número par de vueltas a lo largo de la periferia interior, este es similar al de un motor de inducción, pero los devanados se distribuyen de distinta forma. (Daghero, 2019)

El rotor está construido con imanes permanentes con dos a ocho pares de polos N-S. Más pares de imanes aumentan el par y suavizan la llamada onda de par, igualando la entrega de potencia del motor. La desventaja es un sistema de control más complejo, mayor costo y menor velocidad máxima. (Daghero, 2019)

En base a lo que menciona (Daghero, 2019) de forma tradicional los imanes de ferrita se usaban para hacer los imanes permanentes, pero las unidades contemporáneas tienden a usar imanes de tierras raras. Si bien estos imanes son más caros, generan una mayor densidad de flujo, lo que permite que el rotor se haga más pequeño para un par de torsión dado. El uso de estos potentes imanes es una razón clave por la cual los motores BLDC entregan una potencia mayor que un motor de DC tipo escobilla del mismo tamaño.

Entre sus ventajas según (Daghero, 2019) están las siguientes:

- Sin conmutación mecánica al no tener escobillas.
- Un grado de mantenimiento menor al del motor de combustión.
- Prolongada vida útil, limitada únicamente por los rodamientos.
- Giro suave, sin par de retención.
- Altas velocidades

Entre sus desventajas según (Daghero, 2019) están las siguientes:

- Mayor costo de construcción.
- El control es mediante un circuito caro y complejo.
- Siempre hace falta un control electrónico para que funcione, que a veces duplica el costo.

2.3.6.6. Tipos de motores brushless para patinetes eléctricos

Según (Universidad Nacional mayor de San Marcos, 2019) como se ubique el estator, el rotor, la carcasa, etc. se podrán definir los siguientes tipos de motores brushless:

- Motor Out-Runner o de rotor externo: Poseen el rotor alrededor del estator, una configuración muy común y útil para mejorar el motor. Estos motores han ido ganando popularidad frente a los otros motores existentes.
- Motor In-Runner o de rotor Interno: Estos contienen el rotor en su parte interna. Son ideales para obtener altas revoluciones, pero menos comunes que la configuración de carcasa rotatoria u Out Runner.
- Motor de Disco o Axial Magnetic Flux: Son motores en los que el rotor y el estator se disponen en forma de disco.
- Motores Brushless Sensored (con sensor): estos motores emplean sensores aparte del variador electrónico. Su objetivo es determinar en qué posición está el rotor. Los sensores envían una señal exacta al variador para que se ajuste el voltaje adecuado a la bobina que corresponde. Un factor importante de estos sensores, es que a bajas velocidades detectar estos datos no es tarea fácil y puede que la velocidad real del rotor se confunda con la velocidad que aparenta el sistema, es lo que se llama deslizamiento, generando pérdidas de potencia. Los sensores como son tan precisos, evitan este inconveniente y la potencia estará regulada de manera correcta. Esto es lo que se conoce como una excelente sincronización o timing del motor con el variador.
- Motores Brushless Sensorless (sin sensor): Es un motor común y corriente, pero sin el sistema de sensores. Se lo puede comprender de forma más sencilla, el mismo variador actúa de analizador de señales y sabe cuánta tensión debe enviar hacia las bobinas. El inconveniente es que no dispone de la precisión necesaria y a bajas velocidades puede que interprete las señales de forma errónea y cause un deslizamiento, lo que causaría pérdidas de potencia en el sistema.

2.3.6.7. Motores de corriente alterna

Estos motores son los más empleados, debido a que la distribución de energía eléctrica es realizada normalmente en corriente alterna. Los principales tipos según (Aguirre & Ortega, 2020) son los siguientes:

- Motor síncrono: Funciona con velocidad fija, es decir, sin interrupción del deslizamiento; que es empleado generalmente para altas potencias (debido a su costo mayor en menores tamaños).

- **Motor de inducción:** Este motor funciona generalmente a velocidad constante, que puede cambiar levemente de acuerdo a la carga mecánica que se aplique en el eje. Este es el motor más empleado para la mayoría de tipos de máquinas accionadas, ya que es muy simple, robusto y su costo es mínimo. En la actualidad es factible el control de velocidad de estos motores mediante convertidores de frecuencia y módulos controladores.

2.3.7. Batería

2.3.7.1. Selección de baterías

La elección de un motor eléctrico es crítica, sin embargo, (Daghero, 2019) afirma que la elección de qué baterías usar y cómo ubicar todas las celdas en todo el prototipo es probablemente la decisión de diseño más importante con implicaciones directas en espacio, peso y costo. El objetivo al construir un paquete de baterías para un vehículo eléctrico es lograr el máximo almacenamiento de energía posible en un espacio limitado, dando al vehículo el rango requerido durante las demandas de alta potencia.

La opción para un banco de batería principal, es en el uso de baterías avanzadas de alta potencia. Sin embargo, al considerar la gran cantidad de opciones, se deben tener en cuenta las siguientes analogías según (Daghero, 2019):

- Costo por unidad de energía [$\$/kWh$] relacionado con el costo por unidad de potencia [$\$/kW$].
- Eficiencia relacionada con la vida útil al 80% de profundidad de descarga (DoD) – Ciclos.
- Densidad de potencia [W / kg] relacionada con la densidad de energía [Wh / kg].

A partir de lo anterior, (Daghero, 2019) indica que las baterías de iones de litio (li-ion) son las más recomendables para un EV, debido a que este tipo de batería demuestra el mejor conjunto general de valores a través de las categorías presentadas y dada su producción en masa durante la última década, los precios al consumidor son más bajos que los observados para los condensadores de alta potencia. En donde está claro que el motor eléctrico y el paquete de batería son dos volúmenes decisivos de cualquier diseño final de un vehículo eléctrico.

2.3.7.2. Baterías de iones de litio

A inicios de la década de 1970, la empresa Exxon desarrolló la primera batería de litio recargable, que funcionaba en base a un cátodo de di-sulfuro de titanio (TiS_2) y un ánodo de litio-aluminio (LiAl). Gracias a las grandes producciones de dispositivos electrónicos portátiles, también se realizaron investigaciones en la mejora de sus fuentes energéticas. Se han enfocado los esfuerzos en las baterías de ion-litio (Li^+) y Polímero de litio (LiPo) gracias a su relación densidad/ peso. Desde su comercialización masiva a comienzos de los años 90 por Sony, las baterías de litio lograron un avance importante en cuanto a peso, capacidad de almacenamiento y potencia. (Daghero, 2019)

Actualmente, (Daghero, 2019) menciona que las baterías de litio son ampliamente usadas para teléfonos móviles y aparatos electrónicos portátiles, etc. El uso de este tipo de baterías ha llamado la atención de diversos sectores de la industria tecnológica como es la de los materiales y la energía con el objetivo de conseguir equipos de alta potencia para diversas aplicaciones como vehículos eléctricos y almacenamiento de energía a gran escala, aunque su desarrollo en este ámbito se ha aplazado, debido a razones de seguridad y costos que se encuentran estrechamente relacionados.

En cuanto a su composición no son tan diferentes físicamente del resto de tecnologías de celdas. Se constituyen de dos capas de electrodos y una capa de electrolito que cambia según el tipo de batería en medio de ambas, separados por una capa de un material poroso de polietileno o polipropileno, el electrodo positivo está hecha de óxido de cobalto (LiCoO_2) o de fosfato de hierro de litio (LiFePO_4). El electrodo negativo está hecho de carbón (grafito). (Daghero, 2019)

Todas las baterías de iones de litio funcionan de la misma forma. Durante la carga de la batería, el electrodo positivo retira algunos de sus iones, que se mueven a través del electrolito para llegar al electrodo negativo y permanecen proceso. Cuando la batería se descarga, los iones vuelven a través del electrolito hacia el electrodo positivo, alimentando la carga ahí. La batería almacena energía durante este proceso. Cuando la batería se descarga, los iones vuelven a través del electrolito hacia el electrodo positivo, alimentando la carga. (Daghero, 2019)

2.3.7.3. Características técnico-económicas

Uno de los aspectos importantes a mencionar sobre las baterías de litio es su alta densidad de energía; 75–125 Wh/kg. Otra característica es la pronta capacidad de carga y descarga;

pueden alcanzar el 90% de su potencia nominal en 200 ms y una alta eficiencia, alrededor del 78% con más de 3500 ciclos. (Daghero, 2019)

Entre las principales ventajas según (Daghero, 2019) están las siguientes:

- Las baterías de litio tienen un peso reducido en comparación con las otras baterías recargables de la misma capacidad, al comparar con las baterías de ácido plomo, estas pueden almacenar seis veces la cantidad de energía en el mismo espacio.
- Tienen una densidad de energía muy alta, debido a los modernos polímeros utilizados en su construcción, además de la baja densidad del grafito.
- Poseen una baja tasa de pérdida de energía, y un menor efecto memoria comparadas con las baterías Ni-MH, las cuales pueden llegar a perder hasta 20% de carga por mes.
- Resisten una gran cantidad de ciclos de carga y descarga, haciéndolas las más adecuadas para dispositivos portátiles de uso constante.

Entre las principales desventajas según (Daghero, 2019) están las siguientes:

- Mínima duración, entre 2 o 5 años, si son utilizadas o no. Si se descargan por completo, los electrodos se degradan rápidamente, por lo que también tienden a exponerse a las altas temperaturas y a los rangos inadecuados de voltaje, lo que puede causar un daño muy precoz.
- El valor en el mercado de las baterías de litio aún es elevado comparado con otros tipos de tecnologías semejantes.
- Esta tecnología no es adecuada para sistemas de respaldo (UPS), ya que una descarga total, llevaría al deterioro o daño permanente de las baterías.
- En condiciones desfavorables, ya sea en casos de exceso de tensión o un rango anormal de temperatura, pueden causar una falla y consecuente daño por explosión o incendio.
- Los problemas de seguridad más frecuentes relacionados con esta tecnología son las fallas estructurales de los aislantes debido a un exceso de cargas o descargas, causando altas temperaturas en los materiales activos debido a la reacción exotérmica al acumular presión y causar una posible explosión de la batería,

causando un riesgo complementario de generar combustión como resultado de la exposición al oxígeno.

2.3.7.4. Sistema de protección de baterías

Las baterías pueden liberar altas energías y los requisitos de seguridad para baterías y baterías basadas en níquel y litio para aplicaciones portátiles están armonizados bajo IEC 62133. La norma entró en vigor en 2012 para reducir el riesgo global en el transporte, almacenamiento y operación de baterías. (Daghero, 2019)

El dispositivo de seguridad son protecciones, como los interruptores de estado sólido que miden la corriente y el voltaje y desconectan el circuito si los valores son demasiado altos. Los circuitos de protección de Li-ion funcionan con este encendido / apagado. Todos los dispositivos de conmutación tienen una resistencia residual que causa un ligero aumento en la resistencia general de la batería y una caída de voltaje posterior. (Daghero, 2019)

2.3.7.5. Conjunto de la batería

Los aspectos de diseño a tener en cuenta según (Daghero, 2019) son:

- La batería debe ser parcialmente impermeable.
- Todas las baterías deben ser fácilmente extraíbles.
- Todas las baterías deben estar debidamente restringidas durante las condiciones de trabajo.
- Todas las baterías deben tener un control de temperatura independiente durante las condiciones de trabajo.
- La batería debe estar contenida dentro de un paquete aislado.
- Se debe considerar una capacidad adicional para evitar el estrés del sistema de la batería.

2.3.7.6. Cargador de batería

Un cargador eficiente de batería entrega la base necesaria para que las baterías sean de alta duración y funcionen correctamente. En un mercado sensible a los precios, (Daghero, 2019) indica que los cargadores a menudo reciben baja prioridad. La batería y el cargador deben ir juntos en su diseño y selección. Una planificación prudente le da a la fuente de alimentación la máxima prioridad al colocarla al comienzo del proyecto en lugar de hacerlo después de que se completa el hardware, como es una práctica común. Muchas veces, no se tiene conocimiento de lo compleja que puede ser una fuente de alimentación, especialmente cuando se carga en condiciones desfavorables.

Por esto, (Daghero, 2019) menciona que los cargadores para baterías de litio funcionan con una tensión constante. La corriente de carga es constante y el voltaje está limitado cuando alcanza un límite establecido. Al alcanzar el límite de tensión, la batería se satura; la corriente se reduce hasta que la batería ya no pueda aceptar más carga y la carga rápida termina.

2.3.7.7. Tipos de cargadores

- **Cargador lento**

El cargador más común empleado era el cargador nocturno, mayormente conocido como cargador lento. Este cargador se utilizaba varios años atrás en las baterías de níquel-cadmio, donde un cargador simple aplicaba una carga fija de aproximadamente 0.1C (una décima parte de la capacidad nominal) siempre que la batería estuviera conectada. Los cargadores lentos no pueden detectar la carga completa; la carga permanece activa y una carga completa de una batería vacía demora entre 14 a 16 horas. Cuando está completamente cargado, el cargador lento mantiene el níquel-cadmio tibio al tacto. (Daghero, 2019)

- **Cargador rápido**

Se encuentra entre el cargador lento y el rápido y se usa en productos de consumo. El tiempo de carga de un paquete vacío es de 3-6 horas. Cuando está lleno, el cargador cambia a "listo". La mayoría de los cargadores rápidos incluyen detección de temperatura para cargar de manera segura una batería defectuosa. (Daghero, 2019)

2.3.7.8. Tasa de descarga

Al describir las baterías, la corriente de descarga a menudo se expresa como una tasa C con el fin de normalizar contra la capacidad de la batería, que a menudo es muy diferente entre baterías. Una tasa C es una medida de la velocidad a la que una batería se descarga en relación con su máxima capacidad. (Daghero, 2019)

Una velocidad de 1C significa que la corriente de descarga descargará la totalidad batería en 1 hora. Por ejemplo, para una batería con una capacidad de 2000 mAh, esto equivale a una descarga de corriente de 2 amperios, y una tasa de 5C para esta batería sería de 10 Amperios, y una tasa de 0,5 C tendría 1 amperio. (Daghero, 2019)

Según (Daghero, 2019) menciona que la misma metodología se aplica a la carga, es decir, la aplicación de una corriente de carga de 1 A, a una batería de 2000 mAh equivale a una tasa de 0,5 C. Parecería seguir, entonces, que aumentar la corriente de carga disminuirá el tiempo de recarga. Esto es cierto, pero solo hasta cierto punto. En primer lugar, los iones tienen una movilidad finita, por lo que aumentar la corriente de carga más allá de un cierto umbral no los desplaza más rápido. En cambio, la energía se disipa en forma de calor, elevando la temperatura interna de la batería y arriesgándose a un daño permanente. En segundo lugar, la carga sin restricciones a una alta corriente eventualmente causa que tantos iones se incrustan en el electrodo negativo que el electrodo se desintegra y la batería se arruina.

2.3.8. Trabajo

En física, el trabajo tiene un significado distinto del que se utiliza de forma común. Tomando en cuenta la definición de la física, un programador realiza un muy mínimo trabajo al mecanografiar de forma constante en una computadora. Por el contrario, un constructor puede realizar mucho trabajo ubicando bloques de cemento. En física, se realiza trabajo sólo si un objeto se desplaza de un punto a otro mientras se le aplica una fuerza. Si se duplica cualquiera de los dos, ya sea la fuerza o el desplazamiento, el trabajo se duplica. Duplique los dos, y el trabajo se cuadruplica. Realizar trabajo implica aplicar una fuerza a un objeto mientras se mueve una distancia determinada. (Vuille, 2012)

2.3.9. Potencia

La velocidad con la cual se transfiere energía, potencia, es de suma importancia en el diseño y uso de dispositivos, electrodomésticos y motores de todo tipo. El concepto de potencia, sin embargo, es importante cuando existe una transferencia de cualquier tipo de energía. Este tema tiene mucho que ver con los seres vivos, debido a que el trabajo máximo por segundo, o potencia de salida de un animal puede cambiar vastamente con la duración de la salida. En pocas palabras, la potencia se define como la relación de transferencia de energía o la cantidad de trabajo realizada por unidad de tiempo. (Vuille, 2012)

2.4. Categorización de vehículos eléctricos según la DGT (Dirección general de tránsito de España)

2.4.1. VMP o Vehículos de movilidad personal

- Todos son de propulsión eléctrica.
- Se prohíbe que circulen a velocidad superior a 25 km/h.
- Deberán circular por la calzada.
- A partir del Nuevo Reglamento deberán ir provistos de identificación.

2.4.2. Categoría L1E o scooters eléctricos

El Reglamento (UE) nº 168/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de enero de 2013, relativo a la homologación de los vehículos de dos o tres ruedas y los cuatriciclos, y a la vigilancia de mercado de dichos vehículos, estableció los requisitos técnicos de los vehículos de la categoría "L", de forma que tanto fabricantes como usuarios puedan hacer un uso correcto de dichos vehículos. Este reglamento menciona que este tipo de vehículos deberán circular por la calzada y disponer obligatoriamente de matrícula. Su velocidad máxima se establece en 45 Km/h, al igual que el resto de ciclomotores de 2, 3 y 4 ruedas.

El art 4.2 del mencionado reglamento define e incluye en su ámbito de aplicación, los vehículos de la categoría L1e (vehículo de motor de dos ruedas ligero), remitiendo a su Anexo 1 la clasificación en dos subcategorías: L1e-A y L1e-B

2.4.2.1. L1e-A: Ciclo de motor

- Ciclos diseñados para funcionar a pedal que cuentan con una propulsión auxiliar cuyo objetivo principal es ayudar al pedaleo.
- La potencia de la propulsión auxiliar se interrumpe a una velocidad del vehículo ≤ 25 km/h.
- La potencia nominal o neta continua máxima $\leq 1\ 000$ W.
- Los ciclos de motor de tres o cuatro ruedas que cumplan los criterios específicos de subclasificación adicionales se clasifican como equivalentes técnicamente a los vehículos L1e-A de dos ruedas.

2.4.2.2. L1e-B: Ciclomotor de dos ruedas

Cualquier otro vehículo de categoría L1e que no pueda clasificarse con arreglo a los criterios de vehículos. Los vehículos L1e-A están incluidos en la categoría L1e de

ciclomotores, y, por tanto, para autorizar su circulación, deberán estar homologados y matriculados, así como cumplir con el resto de las obligaciones, relativas al seguro obligatorio, cumplimiento de la frecuencia de inspección técnica, utilización del casco, titularidad del permiso de conducción, etc.

2.4.3. Bicicletas eléctricas

Las bicicletas eléctricas, también conocidas como bicicletas con pedaleo asistido pueden alcanzar una velocidad máxima de 25 km/h. Circularán por la calzada (no por las aceras) y no será necesario que dispongan de matrícula.

2.4.4. Long-board eléctricos

- Los long-board hoy en día se consideran más como juguetes y no tienen la consideración de vehículo al ser más pequeños y al tener menor potencia (en el caso de que tengan motores eléctricos).
- No deben exceder la velocidad máxima de 6 Km/h.
- Deberán circular por las aceras y no será necesaria identificación.

Categoría	Nombre Categoría	Características del vehículo	Categoría	Nombre Categoría	Características del vehículo
L1eA	Ciclo de motor		L4e	Motocicleta de dos ruedas con sidecar	
L1eB	Ciclomotor de dos ruedas		L5e	Triciclo de motor	
L2e	Ciclomotor de tres ruedas		L6e	Cuatriciclo ligero	
L3e	Motocicleta de dos ruedas		L7e	Cuatriciclo pesado	

Fig. 2.5. Clasificación de vehículos de dos ruedas a motor.

Fuente: Ayuntamiento de Barcelona.

2.5. Electromovilidad

Conceptualmente, según (Aguirre & Ortega, 2020), la electromovilidad hace referencia al uso de vehículos eléctricos, comprendido como aquellos que hacen uso de combustibles y/o energía alternativa impulsado por uno o más motores eléctricos. Pese a lo anterior, la electromovilidad es un concepto más amplio que incluyen una serie de tipologías: aquellos con batería eléctrica (battery-electric vehicle) o 100% eléctricos, los PHEV o híbridos enchufables (plug-in hybrid) y con celdas de combustible (fuel cell

vehicles) que incluyen vehículos de dos y tres ruedas, automóviles, camionetas comerciales ligeras, autobuses, camiones y otros.

- **Movilidad sostenible:** es el conjunto de acciones en búsqueda de un objetivo en concreto, el cual es el uso racional de los medios de transporte que pretende una mejora en la calidad del entorno que rodea un espacio físico o una ciudad.
- **GEI (Gases de Efecto Invernadero):** son gases atmosféricos que absorben y emiten radiación dentro del rango infrarrojo. La emisión de estos gases hacia la atmósfera es la causante del efecto invernadero, los principales gases son: vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (NO₂), metano (CH₄), y el ozono (O₃).
- **Emisiones contaminantes:** Son todos los fluidos gaseosos, puros o con sustancias en suspensión; así como toda forma de energía radioactiva o electromagnética que emanen como residuos o productos de la actividad humana y o natural. Ejemplos de estas emisiones son: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no combustionados (HC), óxidos nitrosos (NO_x), materia particulada (PM), óxidos de azufre (SO_x), metano (CH₄), entre otros.

2.6. Scooter eléctrico como alternativa de electromovilidad en el Ecuador

Así como en distintas ciudades del mundo que ya están empleando al scooter eléctrico como medio de transporte alternativo, el Ecuador se preparó también para recibir a este innovador medio de transporte, las dos ciudades que fueron preparadas para las pruebas de aceptación fueron las dos principales del país: Guayaquil y Quito. Estas dos ciudades acogieron este proyecto en el mes de octubre del 2020. 'Elemental' es la empresa que propuso la integración del scooter eléctrico en estas ciudades con la colaboración de la empresa chilena Hop Scooter. Su propuesta fue de traer 120 scooters eléctricos, es decir 60 unidades para cada ciudad. (Aguirre & Ortega, 2020)

El aporte a la movilidad y desarrollo sostenible que puede entregar un scooter eléctrico frente a un vehículo que emplea nafta es de vital importancia, ya que este vehículo de movilidad personal puede significar una gran solución a diversos inconvenientes de movilidad, estacionamiento, contaminación ambiental y sonora, así como una versatilidad para ser empleado en diversos espacios de distintas ciudades. (Aguirre & Ortega, 2020)

Hoy en día, se ha empezado a utilizar en mayor medida motores eléctricos frente a los ya conocidos motores de combustión interna, debido a su notable eficiencia y mínima contaminación, un claro ejemplo, son los vehículos eléctricos que, al tener un insuperable rendimiento, son una adecuada opción cuando se selecciona un medio de transporte amigable con el ambiente y económico. (Aguirre & Ortega, 2020)

Más en específico, los scooters eléctricos son comparados directamente con las motos eléctricas basado en sus similitudes de estructuración y de funcionamiento, por lo cual según (Aguirre & Ortega, 2020) las principales diferencias entre ambos vehículos eléctricos son:

- **Autonomía:** es la distancia, en kilómetros, que puede recorrer un vehículo antes de detenerse para recargar de nuevo, en vehículos con motor de combustión para recargar combustible y en vehículos eléctricos para recargar la batería desde la fuente de energía. (RentingFinders, 2020)

Para conocer la autonomía de un vehículo de combustión interna se divide la cantidad de combustible consumido entre la distancia recorrida con el vehículo, mientras que para un vehículo eléctrico se divide la cantidad de energía consumida en Kwh de la batería entre la distancia recorrida.

- **Comodidad:** en este apartado se puede decir que la motocicleta y el scooter eléctrico prestan la misma comodidad debido a que ambos no necesitan de un espacio para aparcamiento, incluso pueden ser guardados dentro de un patio trasero del hogar o en la puerta de la entrada del trabajo, evitando contratiempos también al momento de buscar un parqueadero.
- **Ejercicio físico:** diversos modelos de patinetes eléctricos se adaptan de forma ergonómica, y estos pueden requerir de un esfuerzo físico por parte del conductor, ya sea, cuando se incline para acelerar o para frenar, por el contrario, una moto y un scooter eléctrico no poseen estas características, pues el usuario siempre permanece sentado.
- **Precio:** si se compara el precio de un patinete, un scooter eléctrico y una moto eléctrica sale mucho más rentable comprar un patinete eléctrico, si solo se lo va a emplear para tramos cortos de viaje, sin embargo, esto va a variar mucho de acuerdo a la potencia del motor eléctrico y demás prestaciones que se ofrezcan.

- **Recarga:** la ventaja de un patinete eléctrico frente a un scooter y a una motocicleta eléctrica, es que el tiempo que se demora en cargar la batería es mucho menor, puede rondar entre las 3 a 4 horas para carga completa, mientras que los scooters y motocicletas eléctricas pueden tardarse de 6 a 10 horas.

Entre las partes principales del scooter eléctrico, según (Aguirre & Ortega, 2020) están las siguientes:

- **Botones de encendido y apagado:** ciertos modelos de motocicletas y scooters eléctricos disponen de botones de encendido con un solo toque para encender o para apagar el motor eléctrico, sin embargo, hay otros modelos que únicamente disponen de encendido mediante transpondedor y sistemas de inmovilizador con alarma para mayor seguridad y evitar robos.
- **Sistema de frenado frontal y trasero:** la mayoría de scooters actualmente poseen disco de freno en la parte trasera y delantera con un sistema de frenado ABS antibloqueo regenerativo en la parte delantera, con esto se logra una distancia de frenado de tan solo cuatro metros. Sin embargo, en otros casos, no existen frenos regenerativos, pero algunos fabricantes incluyen sistemas de seguridad para evitar aceleraciones mientras se esté aplicando los frenos.
- **Neumáticos y amortiguadores:** los neumáticos delanteros y traseros son particularmente anchos para entregar una mejor adherencia al suelo su tamaño puede oscilar entre las 8.5 pulgadas para scooters y conjuntamente con los amortiguadores protegen al ocupante y al vehículo de diversos impactos, golpes y vibraciones que pueden afectar a los mismos. En la parte trasera o delantera se ubica el motor eléctrico que propulsa el vehículo, generando una potencia de salida directa en la rueda.

2.7. Viabilidad de integración del Scooter Eléctrico en base a las condiciones geográficas

Los parámetros a tomar en cuenta dentro de un estudio analítico del ciclo de autonomía efectiva para un scooter eléctrico, según (Aguirre & Ortega, 2020) están referenciados en base a:

2.7.1. Pesadez y lugar geográfico

Estos dos aspectos son importantes ya que deben ser muy tomados en cuenta, los valores pueden cambiar si el peso del vehículo es elevado causando un alto gasto energético al someterlo en condiciones geográficas no ideales, un claro ejemplo es en las pendientes moderadas en donde el motor necesita realizar un esfuerzo mayor para vencer la inercia del vehículo.

2.7.2. Condiciones climáticas

Otro factor importante para aprovechar al máximo el motor eléctrico es el factor climático, al exponer al motor eléctrico mientras está funcionando a climas muy cálidos sin la refrigeración necesaria (causada por el mismo aire) puede afectar prematuramente al mismo motor eléctrico, así como a distintos componentes como la batería, así mismo las condiciones de manejo en lluvia no serán las mismas que en seco, por lo que también se debe evitar en lo posible considerables exposiciones del motor eléctrico al agua.

2.8. Conceptualización sobre electromovilidad

Según (Aguirre & Ortega, 2020) tenemos los siguientes conceptos generales y básicos en torno a la conceptualización del Scooter Eléctrico:

- **EV.** - (Electric Vehicle), vehículos eléctricos que son medios de transporte alternativos a los motores de combustión interna, y en la actualidad son considerados dentro del sector de la automotriz como una tecnología prometedora para el futuro, que logrará la reducción del consumo de energía y las emisiones contaminantes.
- **VMP.** - (Vehículos de Movilidad Personal), los vehículos que entran en esta categoría no son catalogados como vehículos de motor sino vehículos de movilidad personal, por lo tanto, no es necesario disponer de una licencia para conducirlos ni es obligatorio contratar un seguro.
- **Scooter eléctrico:** Es un patinete de tipo eléctrico, el mismo funciona con un motor eléctrico en la parte delantera o trasera. El conductor puede ir de pie o sentado dependiendo el tamaño y potencia del motor del vehículo.
- **Recarga convencional.** - Es un tipo de recarga del vehículo eléctrico que aplica niveles de potencia que implican una carga con una duración de 8 horas aproximadamente en promedio.

- **Recarga semi-rápida.** - Es un tipo de recarga del vehículo eléctrico que aplica niveles de potencia que implican una carga con una duración de 4 horas aproximadamente en promedio.
- **Recarga rápida.** - Es un tipo de recarga del vehículo eléctrico considerada la más adecuada ya que supone que un promedio de 15 minutos se puede cargar 65% de la batería.
- **Motor eléctrico:** Dispositivo encargado de transformar la energía eléctrica en mecánica al accionar sus campos magnéticos.
- **Batería:** es un dispositivo acumulador eléctrico, compuesto por celdas electroquímicas. Se encargan de transformar la energía química en eléctrica.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

- Scooter eléctrico 2000 W.
- Multímetro.
- Dinamómetro inercial de rodillos Sáenz.
- Bypass para conexión de compensación de torque para motor eléctrico en dinamómetro inercial de rodillos.
- Smartphone.
- Google Earth.

3.2. Normativa


3.1.1. Normativas de Scooters Eléctricos en Europa

3.1.1.1. Ordenanza 16/V-124 de movilidad de Valencia, España


Si partimos de la primera legislación española, en forma de instrucción, fue la 16 / V-124, que llega el mes de noviembre de 2016, aquí se cataloga los VMP en tres categorías: según su velocidad, peso y uso. Aquí se clasifica en tres categorías (A, B, C). El apartado A incluye básicamente juguetes, excepto el monociclo; el apartado B está dedicado a los patinetes y Segways, y el apartado C hace referencia a las bicicletas de transporte (CargoBikes) y las bicicletas adaptadas para llevar turistas y / o ancianos, vehículos que se deben promocionar y que no generan ningún problema a los ayuntamientos. (Aguirre & Ortega, 2020)

Características	A	B	C0	C1	C2
Velocidad máx.	20 km/h	30 km/h	45 km/h		45 km/h
Masa	≤ 25 kg	≤ 50 kg	≤ 300 kg		≤ 300 kg
Capacidad máx. (pers.)	1	1	1		3
Ancho máx.	0,6 m	0,8 m	1,5 m		1,5 m
Radio giro máx.	1 m	2 m	2 m		2 m
Peligrosidad superficie frontal	1	3	3		3
Altura máx.	2,1 m	2,1 m	2,1 m		2,1 m
Longitud máx.	1 m	1,9 m	1,9 m		1,9 m
Timbre	NO	SÍ	SÍ		SÍ
Frenada	NO	SÍ	SÍ		SÍ
DUM (distribución urbana mercancías)	NO	NO	NO	NO	SÍ
Transporte viajeros mediante pago de un precio	NO	NO	NO	SÍ	NO


Los VMP se clasifican en función de la altura y de los ángulos peligrosos que puedan provocar daños a una persona en un atropello. Se definen como ángulos peligrosos aquellos inferiores a 110° orientados en sentido de avance del VMP, o verso el conductor o pasajeros.




A




B



C0



C1



C2

Fig. 3.1. Clasificación de los VMP en España.

- **Consideraciones para circulación en aceras y vías en España**

Según (Aguirre & Ortega, 2020) tenemos entre las principales consideraciones:

- La circulación de estos vehículos no está permitida por la acera, cuando el tamaño de la acera es superior a 4,75 m y queden unos 3 metros de espacio libre. Los de tipo C2 podrán utilizar la acera para llegar a locales comerciales para la carga y descarga de mercancías.
- Si la zona de circulación es únicamente para uso de peatones, únicamente podrán circular los VMP de tipo A y C2, a una velocidad máxima de 10 km/h.
- En el carril bici en la acera, podrán circular todos los vehículos, tanto, A, B, C1 y C2, siempre que el tamaño del carril ciclista lo permita, cumpliendo con la señalización y con la velocidad máxima de 10 km/h.
- En el carril de bici en la calzada, al igual que el carril bici por acera se puede usar todos los tipos de vehículos VMP (A, B, C1 y C2) siempre y cuando la anchura del carril sea la adecuada, pero se puede circular en el sentido que esté permitido y señalizado, a una velocidad máxima de 30 km/h.
- Los VMP de tipo C1 y C2 están permitidos en todas las vías, sin poder circular por las calzadas que generen una gran cantidad de tráfico. Si la vía está dotada de carril bici, los VMP y ciclos de más de dos ruedas pueden hacer uso de ella.
- En los parques sólo pueden circular los vehículos tipo A y B a una velocidad máxima de 10 km/h. Los de tipo C2 solo podrán hacer la carga y descarga de mercancía en locales comerciales.

3.1.2. Normativas de Scooters Eléctricos en América Latina

En Latinoamérica son varias las ciudades que cuentan con problemas de movilidad y contaminación de la urbe, muchas ven factible la implementación de normas y leyes que supervisen el tránsito de estos VMP. Estas leyes contemplan desde límites de velocidad, medidas de seguridad y lugares de circulación permitidos. Entre las ciudades que ya han incorporado estas nuevas normas y leyes tenemos: México DF, Santiago de Chile y Lima, estas leyes y normas son consecuencia a los acontecimientos y accidentes que se han provocado en las diferentes ciudades debido a estos medios de movilidad. (Aguirre & Ortega, 2020)

- **México – México DF**

Fue una de las primeras ciudades en la región en implementar un marco normativo en este rubro. El 26 de marzo del 2019 la Secretaría de Movilidad de la ciudad de México (Semovi) mostró cuales son los Lineamientos para la Operación de los Sistemas de Transporte Individual Sustentable de la Ciudad. Dicho documento contempla desde reglas para el horario de servicio y la velocidad máxima a la que deben circular los Scooter y patinetes eléctricos (25 kilómetros por hora). Designa cuales son las áreas de funcionamiento o de mantenimiento para las unidades y establece las obligaciones de las empresas que alquilan estos vehículos en áreas como la capacitación, sanción, pólizas de seguros, marcas y patrocinios. (Aguirre & Ortega, 2020)

- **Chile – Santiago de Chile**

En Chile, los VMP quedaron plasmados dentro de la ley de convivencia de modos, elaborado por la comisión nacional de tránsito (Conaset). Esta ley incluye a los VMP dentro de la denominación "ciclos", siempre y cuando estos funcionen con una potencia eléctrica de hasta 0,25 kilowatts y alcancen una velocidad máxima que no supere los 25 kilómetros por hora. La normativa disponible dice que los patinetes y scooters eléctricos (al igual que las bicicletas) deben circular únicamente por ciclo vías o por el lado derecho de la calzada. Este reglamento tiene excepciones para conductores menores de 14 años, adultos mayores y niños de hasta 7 años acompañados por un adulto, quienes sí podrán circular por la vereda. (Aguirre & Ortega, 2020)

- **Perú – Lima**

El ayuntamiento de esta ciudad aprobó una ordenanza de movilidad sostenible, que incluye la regulación de tránsito de los VMP. Los Segways y patinetes eléctricos deben circular por las calles a una velocidad máxima de 30 kilómetros por hora y por conductores mayores de 15 años, quienes no deben portar auriculares ni estar bajo los efectos del alcohol al momento de utilizarlos. Los vehículos pueden transitar por ciclo vías, mas no por aceras, espacios reservados para peatones o carriles de bus. Asimismo, deben portar un timbre, luces y elementos reflectantes. En caso de tratarse de alquiler o uso compartido, estos deberán contar con un seguro de responsabilidad civil obligatoria y se someterán a controles y actividades de carácter preventivo. (Aguirre & Ortega, 2020)

- **Regulación y normativa nacional**

Si bien es cierto aún no se exige ni licencia ni matrícula para los scooters ni motos eléctrica, la nueva Ley de Tránsito, que entró en vigencia el pasado 10 de agosto del año 2021, da un plazo de 180 días para que los municipios emitan ordenanzas para regular la circulación de escúteres, autos eléctricos y todos los medios de transporte de la micro movilidad. El Municipio de Quito prepara una normativa para regular ese tipo de movilidad, señaló Franklin Lema, director de Modos de Transporte Sostenible. El reglamento está casi listo y luego pasará al Concejo Metropolitano para su tratamiento y aprobación. De forma conceptual dijo que la norma tomará en cuenta la potencia del vehículo, la velocidad y el peso, y que se enfocará en vehículos de más de 500 watts de potencia. (Vásconez, 2021)

- **Normativa en la ciudad de Quito**

Según Diario el Metro, (Martínez, 2020) a inicios de 2020 Fernando de la Torre, director Metropolitano de Modos de Transporte Sostenible del Municipio de Quito, menciona que rige un Manual de Convivencia vial para vehículos eléctricos menores, por lo que se tomó en cuenta como un insumo para la reforma realizada de la Ley de Tránsito del Ecuador de 2021. La normativa indica que:

1. Restricción absoluta a transitar por aceras.
2. Restricción de velocidad máxima a 5 km por hora en bulevares amplios y en calles peatonizadas (ya que estos vehículos tienen una regulación automática de velocidad)
3. Se les permite transitar por ciclovías, con una velocidad máxima de 20 km/h.
4. Puede utilizar los mismos espacios destinados a bicicletas si cumple con las siguientes características: hasta 25 kg de peso, 400 watts de potencia y 20 km/h de velocidad máxima.
5. El casco no es obligatorio, es recomendable. En caso de usarlo, debe ser para bicicleta.
6. En el caso de vehículos de dos ruedas que ya son clasificados como motos eléctricas o motonetas eléctricas, se debe pasar la revisión y obtener la matrícula, el conductor debe portar la licencia tipo A. Además, es obligatorio el uso de casco homologado. Este grupo se caracteriza por poseer motores

por sobre los 1000 watts de potencia, que pueden transitar a más de 50 km/h y un peso mayor a 80kg.

7. Pueden transitar por cualquier vía a excepción de las perimetrales de más de 70 km por hora. Tiene preferencia de uso de carril, sobre todo el derecho. En vías colectoras deben transitar al margen de la vía.

3.2. Ruta

3.2.1. La pendiente

El concepto de pendiente en sí, es la relación que existe entre el desnivel (ΔY) y la distancia en horizontal (ΔX) que se debe recorrer. Se expresa normalmente en % o en grados. Tomando en cuenta lo anterior mencionado, se puede decir que, es una magnitud que indica la inclinación de la superficie de una carretera o camino con relación a la horizontal. (Asensio, 2011)

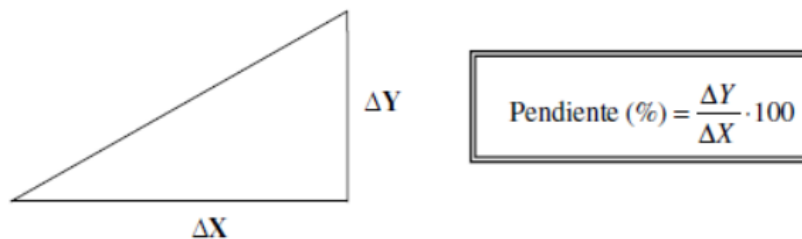


Fig. 3.2 Pendiente de terreno

Fuente: (Asensio, 2011)

3.2.2. Tipos de pendiente

La clasificación más acertada según Van Zuidam determina que existen distintos tipos de pendiente de acuerdo a un rango específico en cada una de sus representaciones ya sea en grados o porcentaje, en este caso en la tabla 1. se puede verificar que existen seis distintos tipos de pendiente.

Tabla 1. Clasificación de pendientes según Van Zuidam, 1986.

Tipo	Descripción (°)	Descripción (%)
Planicie	0-2	0-2
Pendiente muy baja	2-4	2-7
Pendiente baja	4-8	7-15
Pendiente moderada	8-16	15-30
Pendiente fuerte	16-35	30-70
Pendiente muy fuerte	35-55	70-140
Pendiente extremadamente fuerte	>55	>140

Fuente: (Rodríguez, 2016)

3.2.3. Obtención de información de ruta

3.2.3.1. Ruta UIDE

Con el objetivo de obtener información sobre la distancia total de recorrido del scooter tomada en base a la autonomía de la batería, así como conocer las zonas donde existe mayor o menor inclinación, se procedió a verificar esta información mediante el uso de la aplicación Google Earth. La ruta de recorrido inicia en el parqueadero de profesores de la Facultad de Ingeniería Automotriz y termina en el parqueadero de motos en la entrada del edificio de aulas. Esta ruta es la única que permite la libre circulación de vehículos de distinto tipo dentro de la universidad, por tal motivo es la más óptima. La figura 3.3 nos indica la vista satelital de la ruta considerada para este estudio, así mismo mediante trazado usando distintos puntos de la ruta en la misma aplicación en la figura 2 se puede verificar la distancia total de la ruta de recorrido.

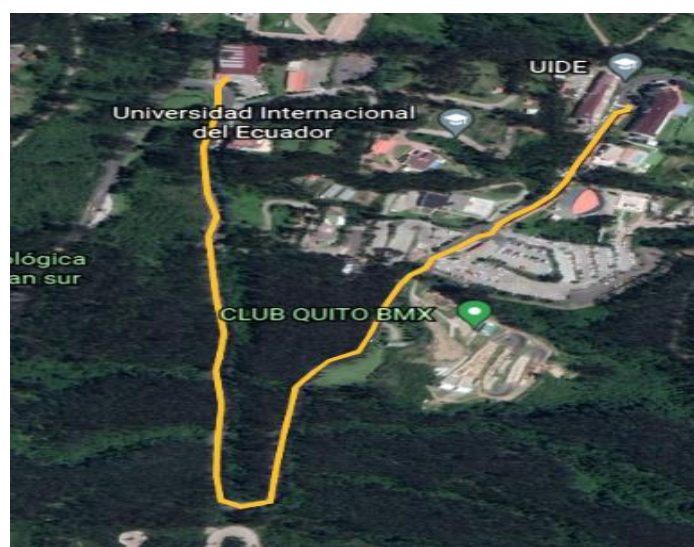


Fig. 3.3. Ruta trazada en Universidad Internacional del Ecuador, Quito – Ecuador.

Fuente: Google Earth.

La figura 3.4 nos indica el perfil de elevación mediante geoprocesamiento generado por la aplicación Google Earth Pro, así también nos permite encontrar la variación de altura de la ruta y la distancia total que se va a recorrer. Conocer los valores de variación de altura es un dato necesario para obtener los ángulos de inclinación en los puntos más críticos de la ruta y que nos permitirán determinar la potencia que necesita el motor eléctrico del scooter para ascender las distintas pendientes que componen la ruta a lo largo del recorrido.

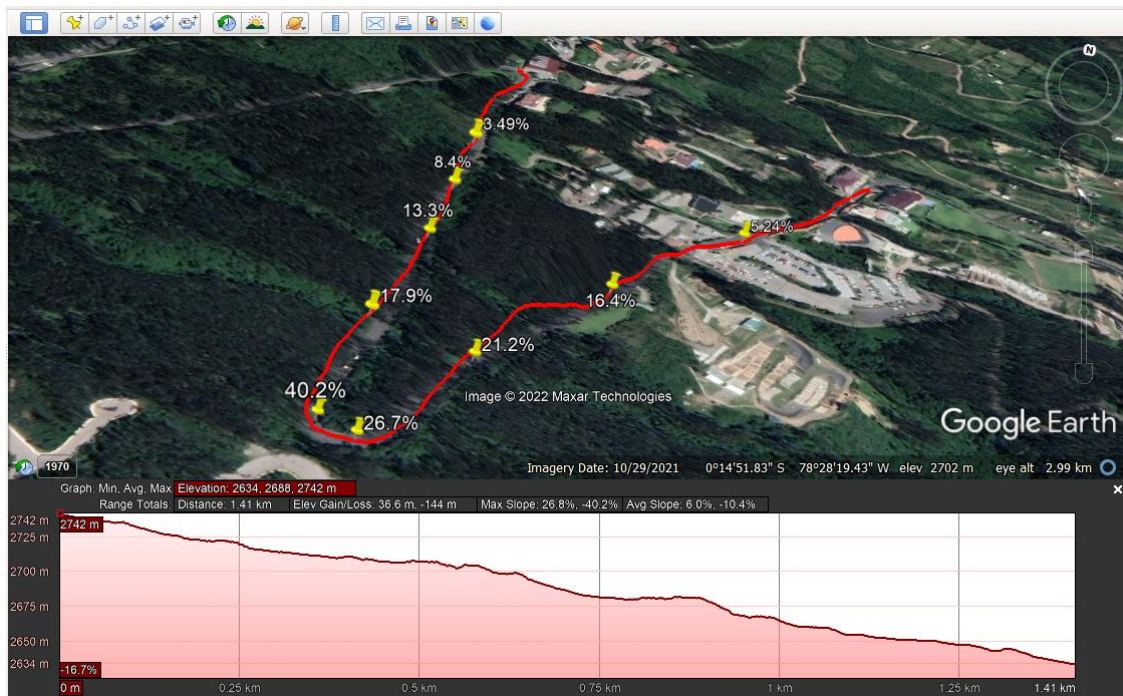


Fig. 3.4. Perfil de elevación Ruta UIDE.
Fuente: Google Earth Pro.



Fig. 3.5. Facultad de Ingeniería Automotriz de la UIDE. (Punto de salida)
Fuente: Autores.



Fig. 3.6. Punto de llegada Edificio de Aulas
Fuente: Autores.

3.2.4. Ángulos críticos de elevación

Los ángulos de elevación obtenidos mediante el perfil de elevación de la ruta en Google Earth Pro presentan una variación en cuanto a su porcentaje dado que la imagen satelital puede captar las variaciones de altura de las montañas junto con las carreteras, deformándolas en las imágenes captadas, que generan una variación de un 30% en el margen de error, sin embargo, a pesar de existir este margen de error al momento de trazar la línea de ruta de recorrido se tomó en cuenta las zonas más regulares y que posteriormente serán confirmados en prueba de ruta.

Tabla 2. Ángulos críticos de elevación.

Tipo de pendiente	Ángulo en (%)	Ángulo en (°)
Muy baja	3.49	2
Muy baja	5.24	3
Baja	8.4	4.8
Baja	13.3	7.58
Moderada	16.4	9.31
Moderada	17.9	10.15
Moderada	21.2	11.97

Moderada	26.7	14.95
Fuerte	40.2	22.97
Promedio	16.98	9.64

Fuente: Google Earth Pro.

3.2.5. Ruta Parque La Carolina

Con el objetivo de verificar la autonomía en una ruta relativamente plana, se procedió a realizar pruebas de ruta en todo el perímetro del parque La Carolina en Quito, dentro de las distintas rutas que se emplean como ciclovía. Así mismo se realizó un registro de los datos obtenidos dentro de la prueba de ruta en este sector para su posterior análisis y comparación con los datos obtenidos anteriormente en la ruta de recorrido en la Universidad Internacional del Ecuador.



Fig. 3.7. Parque La Carolina, Quito – Ecuador.

Fuente: Google Earth.



Fig. 3.8. Distancia de recorrido perímetro Parque La Carolina, Quito – Ecuador.
Fuente: Google Earth.

3.3. Parámetros para selección de motor

Una vez tomada la información de la ruta y sus ángulos de inclinación se procede a calcular la potencia necesaria del motor eléctrico para ascender las distintas pendientes a una velocidad adecuada, esto permitirá seleccionar un scooter con potencia suficiente del motor eléctrico para ascender sin inconvenientes. Por tal motivo para encontrar la potencia máxima se empleará la siguiente fórmula:

$$P_{\text{máx}} = F * V_{\text{máx}}$$

Fuente: (Mena, 2014)

Ec. [3.1]

Tomando en cuenta datos promedio de peso de una moto o scooter eléctrico más el ocupante se podrá determinar una potencia necesaria en condiciones normales de uso, es necesario realizar los cálculos tomando en cuenta el ángulo más elevado de la pendiente con el objetivo de conocer si puede el motor puede ascender la misma sin inconvenientes. Todos los presentes cálculos están basados en el principio físico de plano inclinado, por lo que se realiza una sumatoria de fuerzas en X y en Y.

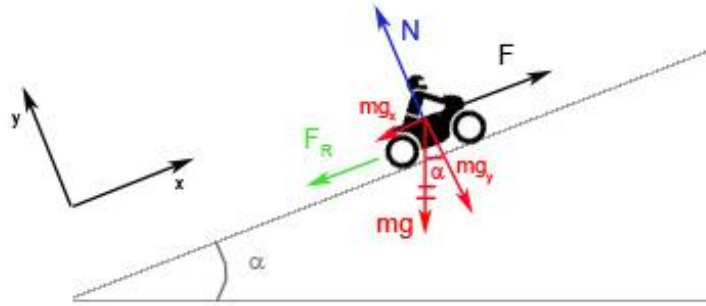


Fig. 3.9. Diagrama de cuerpo libre sobre plano inclinado.
Fuente: (cienciasfera, 2018)

Datos:

Peso scooter promedio = 70 kg.

Peso promedio de una persona = 70 kg.

Velocidad máxima deseada en pendiente máxima = 10 km/h.

μ_r = Coeficiente de resistencia a la rodadura (0.03 entre el asfalto y la llanta) (SciELO.br, 2008)

Donde:

F = Fuerza necesaria para mover el scooter del reposo

N = fuerza normal

m = masa del objeto con un ocupante

g = gravedad en la Tierra (9.81 m/s²)

$$\Sigma f_y = 0$$

$$N - W_y = 0$$

$$N = W_y$$

$$N = mg * \cos\theta$$

$$N = 140 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \cos 22,97$$

$$N = 1264.5 \text{ N}$$

$$\Sigma f_x = 0$$

$$F - W_x - fr = 0$$

$$F = W_x + fr$$

$$F = mg * \text{sen } \theta + fr$$

$$F = 140 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \text{sen } 22.97 + 0.03 * 1264.5 \text{ N}$$

$$F = 573.9 \text{ N}$$

$$P_{\text{máx}} = 573.9 \text{ N} * 2.78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P_{\text{máx}} = 1595.45 \text{ W}$$

Para realizar estos cálculos se tomó en cuenta el valor máximo de la pendiente más fuerte obtenida en la ruta mediante Google Earth y se tomó en cuenta una velocidad mínima a la que ascenderá en esta pendiente de 10 km/h, que si bien es muy baja permitirá sobredimensionar los valores para obtener una potencia ideal para el ascenso en pendientes, por lo que se selecciona un scooter eléctrico con motor de 2000 W.

3.3.1. Fuerza necesaria

Una vez obtenida la potencia deseada del motor eléctrico y seleccionado un motor de 2000 W, se procede a calcular la fuerza necesaria y velocidad máxima a la que el scooter va a recorrer en cada uno de los puntos críticos de la pendiente posterior a una salida del reposo así se tiene:

$$\Sigma f_y = 0$$

$$N - W_y = 0$$

$$N = W_y$$

$$N = mg * \cos \theta$$

$$N = 140 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \cos \theta$$

$$\Sigma f_x = 0$$

$$F - Wx - fr = 0$$

$$F = Wx + fr$$

$$F = mg * \text{sen } \theta + fr$$

$$F = mg * \text{sen } \theta + \mu r * N$$

Reemplazando se tiene:

$$F = 140 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \text{sen } \theta + 0.03 * 140 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \text{cos } \theta$$

Ec. [3.2]

3.3.2. Velocidades máximas teóricas en puntos críticos

Al tomar en cuenta que se va a emplear un scooter con un motor eléctrico de 2000 W será necesario calcular las velocidades máximas a las que podrá recorrer durante los distintos ángulos de elevación de la ruta para ascender adecuadamente. Esto se basa en la fórmula de potencia máxima:

$$P_{\text{máx}} = F * V_{\text{máx}}$$

$$V_{\text{máx}} = \frac{P_{\text{máx}}}{F}$$

Fuente: (Mena, 2014)

Ec. [3.3]

Donde:

$P_{\text{máx}}$ = Potencia máxima del motor eléctrico (2000 W).

F = Fuerza de empuje.

$V_{\text{máx}}$ = Velocidad máxima.

Tabla 3. Fuerzas necesarias y velocidades máximas en puntos críticos de pendiente.

Ángulo en (°)	Fuerza de empuje necesaria (N)	Velocidad máxima de salida en pendiente (m/s)	Velocidad máxima de salida en pendiente (km/h)
2	89.11	22.44	80.71
3	113.02	17.7	63.7
4.8	155.98	12.8	46.0
7.58	222.01	9.0	32.4
9.31	262.84	7.6	27.4
10.15	282.59	7.1	25.6
11.97	325.15	6.1	22.0
14.95	394.11	5.1	18.3
22.97	573.9	3.48	12.5

Fuente: Autores.

Con los datos obtenidos en la tabla 3 se puede identificar en las gráficas la influencia de la variación de los ángulos de la pendiente en donde existe una relación directamente proporcional con la fuerza e inversamente proporcional con la velocidad máxima de salida en cada uno de los puntos críticos de la ruta de recorrido. Así mismo se han trazado gráficas donde se puede visualizar la relación directamente proporcional que existe entre fuerza y ángulo y una relación inversamente proporcional entre velocidad máxima de recorrido versus ángulo y velocidad máxima versus fuerza.

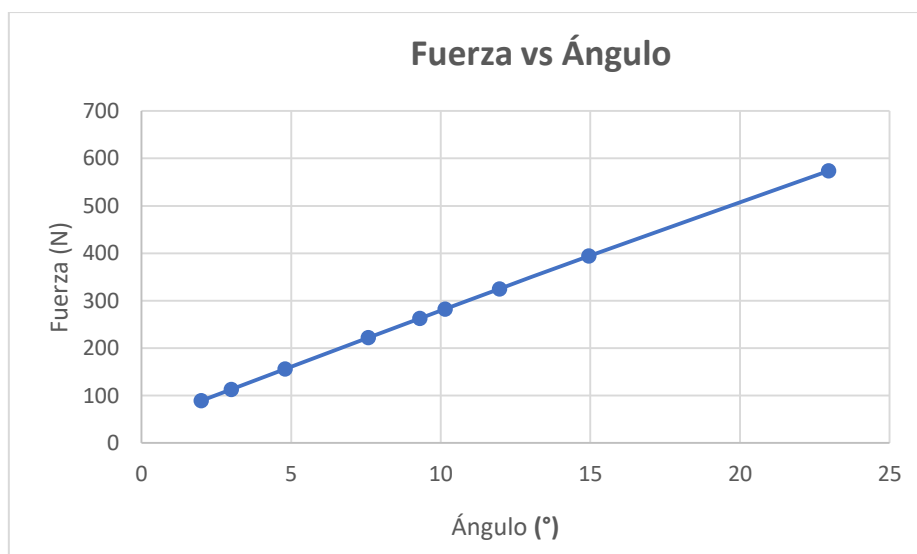


Fig. 3.10. Fuerza versus ángulo.
Fuente: Autores.

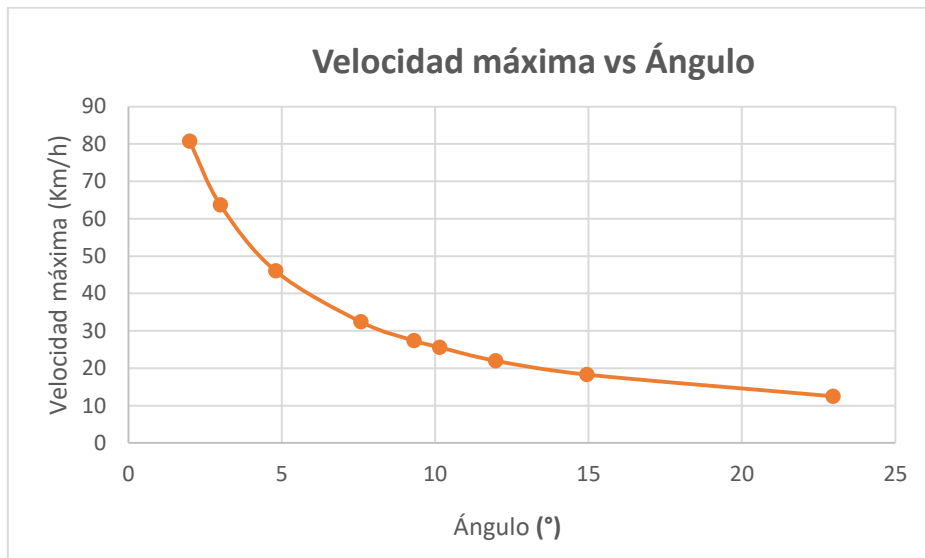


Fig. 3.11. Velocidad máxima versus ángulo.
Fuente: Autores.

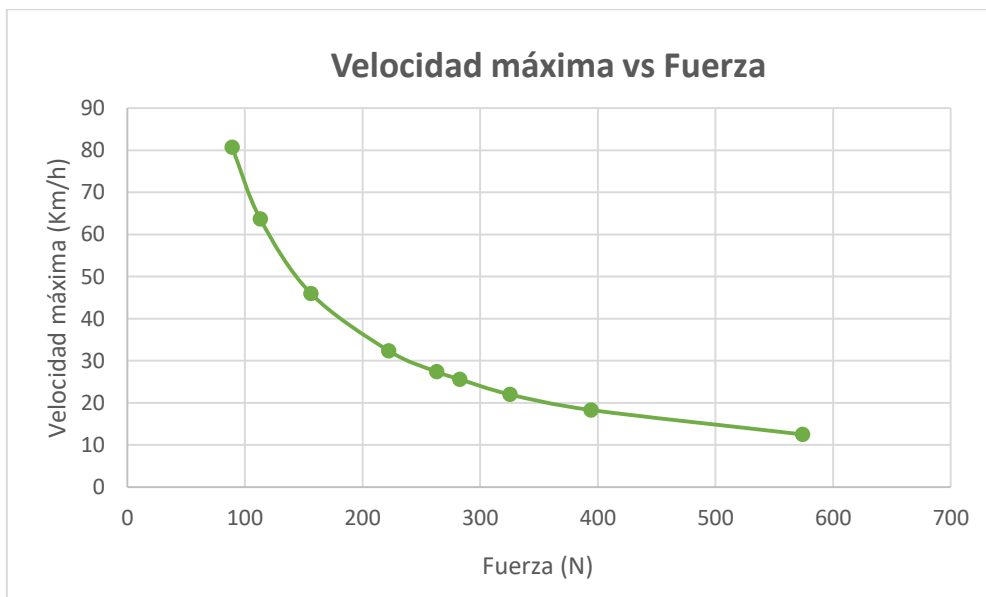


Fig. 3.12. Velocidad máxima versus fuerza.
Fuente: Autores.

3.4. Scooter eléctrico H21S

- **Justificación de selección**

Dentro del mercado de scooters eléctricos el H21S es un modelo que proporciona velocidad, buena autonomía y un torque adecuado para condiciones de pendientes

relativamente pronunciadas como las que existen en la ruta de recorrido en la Universidad Internacional del Ecuador. Frente a las marcas que existen en el país que suelen ser muy costosas, este scooter puede suplir las necesidades de las personas que quieren migrar hacia una movilidad más limpia y amigable con el ambiente. Al comparar con otras marcas este vehículo eléctrico de procedencia china entrega un mayor costo beneficio que los demás vehículos de esta categoría existentes en el mercado. Algo que también fue determinante para su selección es el alto valor de torque máximo al que puede llegar el vehículo eléctrico (Véase anexo 1) muy necesario para ascender pendientes de hasta los 50 grados según indica el fabricante y al identificar que según la información topográfica obtenida en la ruta UIDE la pendiente más fuerte ronda los 23 grados, por lo que se consideró era la más óptima para el estudio.

3.4.1. Especificaciones

Tabla 4. Especificaciones Scooter H21S. (Ver anexo 1)

Sistema de alimentación	Motor eléctrico sin escobillas
Potencia de motor eléctrico	2000 W
Transmisión	Posterior eléctrica
Autonomía	50-60 km
Batería	60 v/ 20 Ah – Litio
Torque máximo	9.5 Nm
Velocidad máxima	70 km/h
Tamaño de llanta	18 x 9.5 pulg
Dimensiones	1930 x 380 x 118 mm
Altura de asiento	65 cm
Tipo de asiento	Biplaza
Velocímetro	Digital
Frenos	Disco (delantero y posterior)
Chasis	Metálico 2 mm de espesor
Peso neto	65 kg
Capacidad máxima de carga	200 kg
Tiempo de carga	6 horas (Carga completa)

Fuente: Green Ride.

3.4.2. Componentes

El scooter eléctrico H21S está compuesto de diversos componentes que permiten su correcto funcionamiento, estos son:

- Motor eléctrico sin escobillas o brushless tipo HUB de 60 V/ 2500 W.
- Módulo controlador de motor eléctrico para motores de hasta 2500 W a 120 grados.
- Batería de ion Litio de 60 V/ 20 Ah.
- Pantalla de control LCD (Velocímetro, odómetro, estado carga de batería).
- Faro LED delantero.
- Luces traseras de freno y direccionales laterales.
- Control de 3 marchas.
- Frenos de discos posteriores y delanteros.
- Bocina 12 V/ 5 A.
- Cargador de batería 67.2 V/ 3 A.
- Chasis metálico 2 mm de espesor.

3.4.2.1. Motor eléctrico sin escobillas Direct Drive HUB

Este scooter dispone de un motor trifásico DC (Corriente Directa), sin escobillas (brushless DC), que en este caso es de tipo direct drive HUB, es decir que está acoplado directamente en la rueda motriz trasera. (Garpkbikes, 2020). Estos motores tienen la característica de que no emplean escobillas en la conmutación para la transferencia de energía; en este caso, la conmutación se realiza electrónicamente. Esta propiedad elimina el gran problema que poseen los motores eléctricos convencionales con escobillas, los cuales producen rozamiento, disminuyen el rendimiento, desprenden calor, son ruidosos y requieren una sustitución periódica y, por tanto, un mayor mantenimiento. (S.A, 2018)

- **Ventajas**

Los motores BLDC tienen muchas ventajas frente a los motores DC con escobillas y frente a los motores de inducción. Algunas de estas ventajas son:

- Mejor relación velocidad-par motor.
- Mayor respuesta dinámica.
- Mayor eficiencia.
- Mayor vida útil.

- Menor ruido.
- Mayor rango de velocidad.
- **Desventajas**
- Costo Elevado.
- Requieren necesariamente de un módulo controlador para su funcionamiento.



Fig. 3.13. Motor eléctrico sin escobillas direct drive HUB 60 V, 2000 W.
Fuente: (Amazon, s.f.).

3.4.2.2. Batería

La batería incorporada en este scooter es de Litio, que almacena 60V a 20 Ah, la misma puede soportar de 1500 a 2000 ciclos completos de funcionamiento.



Fig. 3.14. Batería de Ion Litio 60 V / 20 Ah.
Fuente: Autores.

3.4.2.3. Módulo de control

Los motores BLDC como su nombre lo indica no poseen escobillas que le permitan detectar y energizar las bobinas de su interior para ello se utilizan sensores de efecto Hall que detectan la posición del rotor y un módulo de control electrónico que determina la conmutación de los devanados del motor. (Becerra, 2011).

Así mismo este controlador se encarga de gestionar el funcionamiento de los actuadores y el cambio de velocidades producido desde el mando del conductor.



Fig. 3.15. Módulo controlador del motor eléctrico.
Fuente: Autores.

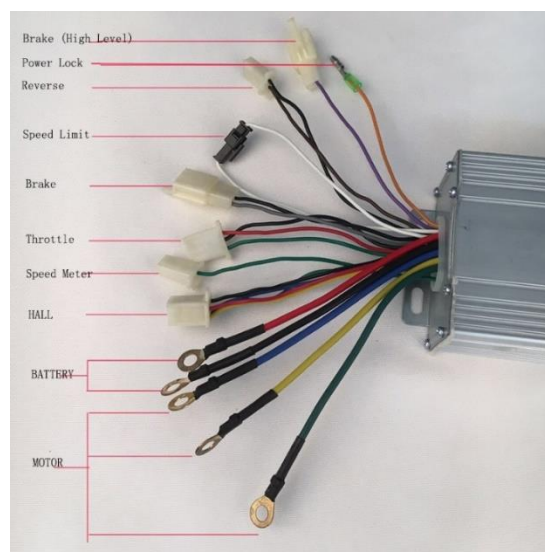


Fig. 3.16. Gráfica de cables módulo controlador.
Fuente: (ALIRADAR, s.f.).



Fig. 3.17. Panel de control LCD y selector de marchas.
Fuente: Autores.



Fig. 3.18. Control de luces y bocina.
Fuente: Autores.



Fig. 3.19. Cargador de batería de Litio.
Fuente: Autores.

3.4.2.4. Selector de marchas

El selector de marchas es básicamente un switch de tres posiciones que permite controlar la velocidad de giro del motor eléctrico, similar a un vehículo la primera marcha tiene más fuerza para pendientes, pero menos velocidad, y la segunda y tercera marcha se emplean para terrenos donde hay menos pendiente de ascenso y se requiere mayores velocidades.

3.5. Pruebas estáticas en Dinamómetro de Rodillos Inercial Sáenz Modelo BPV1800 – N 08-19

Los bancos de rodillos permiten ensayar el vehículo y medir la potencia sin necesidad de desmontar el motor. Midiendo sobre la rueda, el motor y relevando las pérdidas en la transmisión. Permiten realizar ensayos en el taller y evitan pruebas en calle o ruta con lo riesgoso y dificultoso que esto resulta. (Saenz, 2016)



Fig. 3.20. Banco de Rodillos Inercial Sáenz Modelo BPV1800 – N 08-19.
Fuente: (Saenz, 2016).

3.5.1. Accesorios principales

3.5.1.1. Sistema de adquisición de datos

El Smac es un sistema de adquisición de datos de gran tecnología que ofrece máxima precisión y repetitividad. Las mediciones muestran datos reales ya que el dinamómetro permite desarrollar pruebas de calidad, no se realizan interpolaciones que “maquillan” las curvas y ocultan detalles del real desempeño del vehículo.

El equipo comunica por fibra óptica lo que evita problemas de ruido en un entorno tan complejo como una sala de ensayo de motores. Con un software dedicado de operación muy sencilla que registra y presenta informes de rendimiento del motor y todas sus variables de acuerdo a diferentes programas de ensayo. El sistema posee canales básicos para medición de rpm, torque y potencia, estación meteorológica y ofrece una cantidad variable de canales para otros tipos de sensores que se deseen incorporar como sonda lambda, pirómetro, sensores de temperatura o presión, etc. (Saenz, 2016)

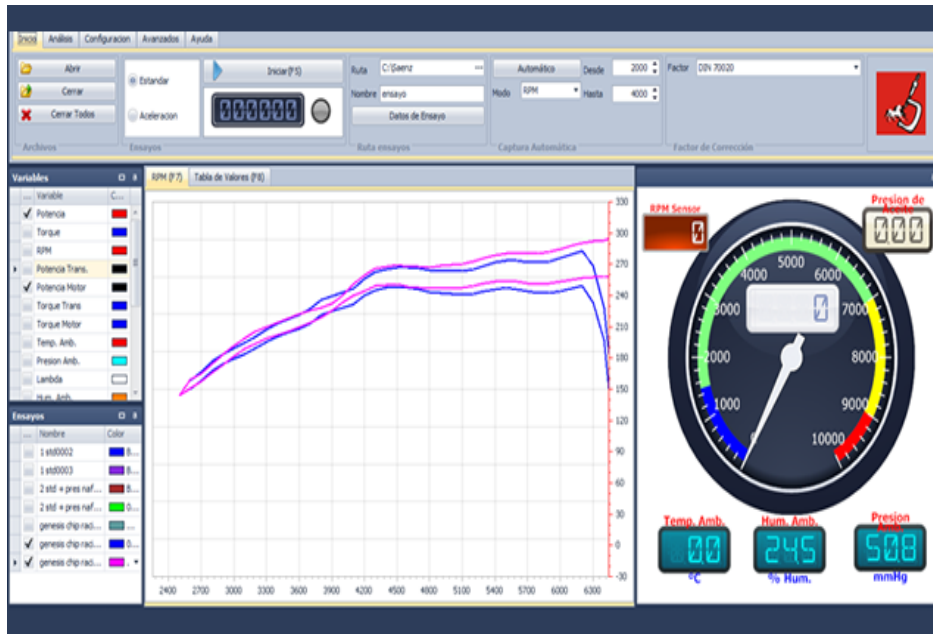


Fig. 3.21. Pantalla de sistema de adquisición de datos Smac.
Fuente: (Saenz, 2016)

3.5.1.2. Soporte de Rueda delantera

Es un soporte donde se ubica la rueda delantera de la motocicleta, en este caso es necesario que sea sujeta con correas de sujeción para evitar posibles movimientos al momento de la prueba.

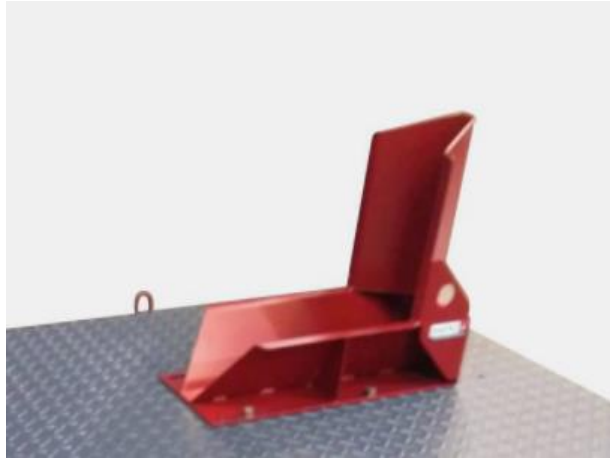


Fig. 3.22. Soporte de rueda delantera.
Fuente: (Saenz, 2016).

3.5.1.3. Rodillo de inercia

Este tipo de rodillos se encarga de estimar la energía aplicada a un volante de inercia que en este caso es el mismo rodillo, y la velocidad con la que se lo acelera, al tomar en cuenta la masa inercial que posee el rodillo, este nos entregará la potencia que se aplicará para acelerarlo, a partir de estos datos también se puede obtener el torque aplicado. Estos rodillos únicamente pueden realizar cálculos de potencia durante la aceleración. (Saenz, 2016)



Fig. 3.23. Rodillo de inercia.
Fuente: (Saenz, 2016)

3.5.1.4. Módulo bypass para motores eléctricos

Este dispositivo permite modificar el momento de inercia del rodillo, en una moto a gasolina este implemento es innecesario, sin embargo, según indica el fabricante del banco de rodillos, para obtener datos correctos en una moto o scooter eléctrico es esencial

ya que es necesario que realice una compensación de torque en la rueda debido al empleo de un motor eléctrico. (Saenz, 2016)



Fig. 3.24. Módulo bypass para motores eléctricos.
Fuente: (Saenz, 2016).

3.6. Procedimiento realizado para toma de datos

- Como primer paso, es necesario tener el scooter apagado, y ubicarlo en el soporte de rueda delantera.
- Posteriormente, será necesario sujetar con correas de sujeción la rueda delantera para evitar movimientos aleatorios peligrosos, caídas o desalineación del vehículo durante las pruebas.
- A continuación, se deberá encender el scooter y comenzar a acelerar para que la rueda posterior motriz se auto posicione correctamente con el rodillo de inercia.
- El siguiente paso será iniciar el sistema Smac y verificar que los rodillos de inercia se encuentren desbloqueados.
- Posteriormente, se realizará una prueba inicial en donde el ocupante debe mantenerse sobre el asiento del scooter.
- Luego, se debe empezar a acelerar hasta llegar a la velocidad máxima de la primera marcha, pasar a la segunda y posteriormente seleccionar la tercera hasta llegar a la velocidad máxima.
- Una vez que el scooter llega a su velocidad máxima se suelta el acelerador permitiendo que la rueda motriz siga su movimiento y desacelere progresivamente, finalmente frenar desde el scooter.

- Terminado el anterior proceso, se debe realizar una segunda prueba final realizando el mismo procedimiento antes mencionado y verificar los datos obtenidos en el sistema y analizarlos.

3.7. Ejecución de pruebas

Tabla 5. Datos de ensayo.

Fecha	13/11/2021 9:37:32				
Nombre	MOTO H21S0002108				
Orden					
Cliente			Localidad		
Dirección			Teléfono		
Responsable					
Motor	Eléctrico	Modelo	H21S	Número	
Tapa	N/A		Válvulas	N/A	
Resortes	N/A		Block	N/A	
Pistones	N/A		Aros	N/A	
Cigüeñal	N/A		Bielas	N/A	
Leva	N/A		Bomba de Aceite	N/A	
Cojinetes	N/A		Sist. Combustible	N/A	
Bomba Combustible	N/A		Sist. Encendido	N/A	
Observaciones					

Fuente: Marcelo Redín Automotriz.

Tabla 6. Potencia y torque máximos a distintas RPM.

V ar.	RP M	M á x i m	Pr o m o
Potencia	1200	2	0
Torque	1200,0	10,1	0,0
Potencia Trans.	0,0	0,0	0,0
Potencia Motor	1400,0	1,9	0,0

Fuente: Marcelo Redín Automotriz.

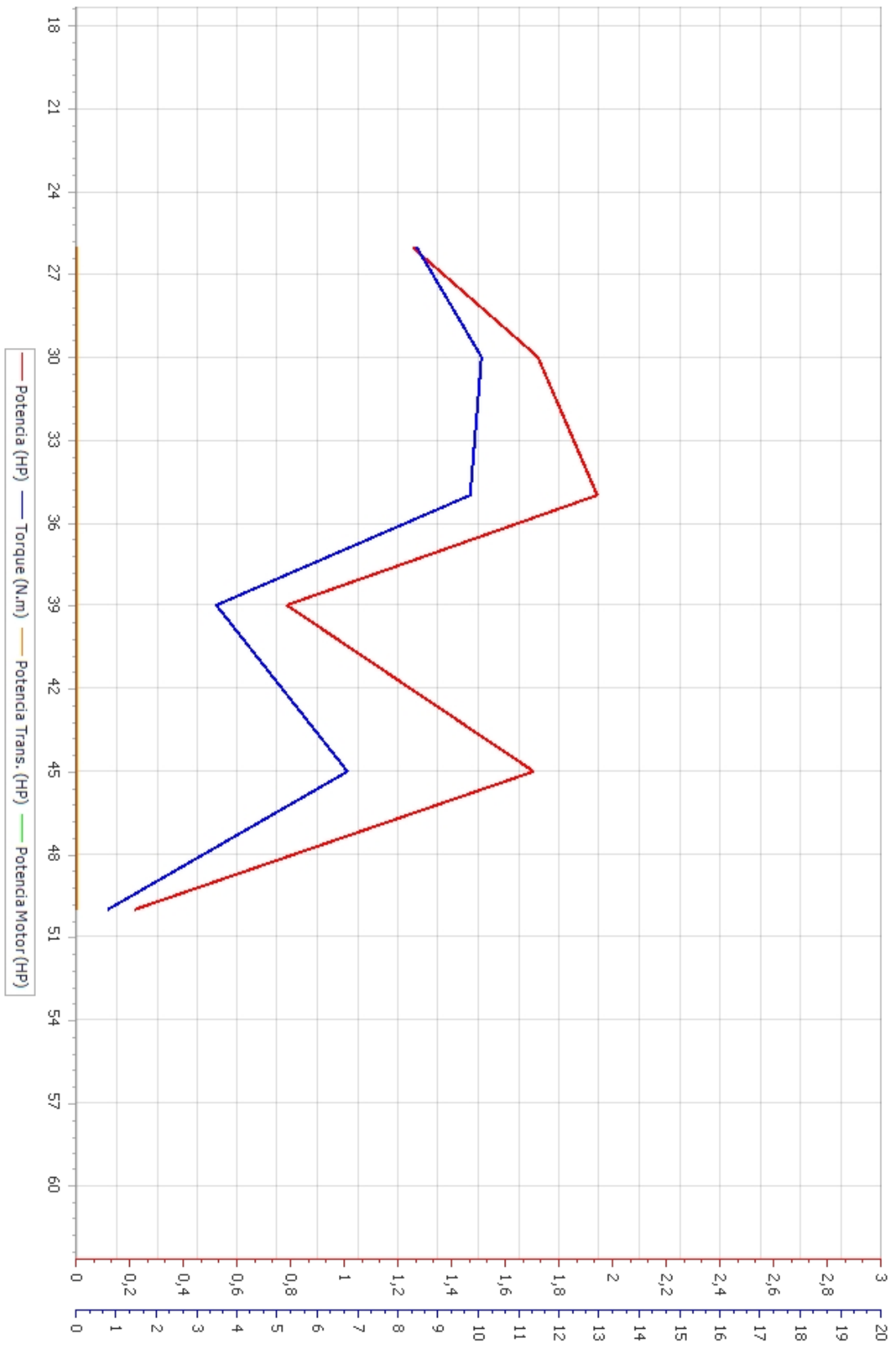


Fig. 3.25. Gráfica de torque y potencia obtenida en banco de rodillos de inercia.
Fuente: Marcelo Redín Automotriz.

Tabla 7. Tabla de valores potencia y torque máximos obtenidos.

	Ensa	Variab		
	yo	le	MOTO H21S0002108	
RPM	Potencia (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (N.m)
26	1	1,3	0,0	8,4
30	2	1,7	0,0	10,1
35	2	1,9	0,0	9,8
39	1	0,8	0,0	3,5
45	2	1,7	0,0	6,7
50	0	0,2	0,0	0,8
Promedio	0	0,0	0,0	0,0

Fuente: Marcelo Redín Automotriz.

Tabla 8. Velocidades máximas en cada marcha.

Marcha	Velocidad máxima
Primera	50 km/h
Segunda	60 km/h
Tercera	70 km/h

Fuente: Marcelo Redín Automotriz.

3.7.1. Nuevas velocidades máximas teóricas en puntos críticos

Se toma en cuenta que los resultados obtenidos en el dinamómetro de rodillos inercial nos indican que el motor entrega una potencia menor a la que indica el fabricante, será necesario recalculer los valores de velocidades máximas a las que podrá recorrer durante los distintos ángulos de elevación de la ruta para ascender adecuadamente. En este caso se van a considerar los mismos valores de fuerza y ángulos obtenidos anteriormente.

$$P_{\text{máx}} = F * V_{\text{máx}}$$

$$V_{\text{máx}} = \frac{P_{\text{máx}}}{F}$$

Ec. [3.4]

Donde:

$P_{\text{máx}}$ = Potencia máxima del motor eléctrico (1491 W).

F = Fuerza de empuje.

$V_{\text{máx}}$ = Velocidad máxima.

Tabla 9. Fuerzas necesarias y velocidades máximas en puntos críticos de pendiente.

Ángulo en (°)	Fuerza de empuje necesaria (N)	Velocidad máxima de salida en pendiente (m/s)	Velocidad máxima de salida en pendiente (km/h)
2	89.11	16.73	60.23
3	113.02	13.19	47.48
4.8	155.98	9.56	34.42
7.58	222.01	6.72	24.19
9.31	262.84	5.67	20.41
10.15	282.59	5.28	19.00
11.97	325.15	4.59	16.52
14.95	394.11	3.78	13.61
22.97	573.9	2.6	9.36

Fuente: Autores.

3.7.2. Gráficas comparativas

En base a la obtención de nuevos valores de potencia se obtuvieron nuevos datos basados en la tabla 12, en este caso no se variaron los valores de los ángulos críticos, sin embargo, la variación de potencia según la fig. 3.26 indica que las velocidades máximas teóricas en los distintos puntos pueden ser menores, en esta comparativa se puede identificar los valores obtenidos de velocidad en base a la potencia que indica el fabricante en su ficha técnica versus la potencia obtenida en la prueba estática en el dinamómetro de rodillos

inercial. Así mismo en la fig. 3.27 se puede verificar las mismas velocidades máximas obtenidas respecto a la fuerza necesaria con las dos potencias previamente mencionadas.

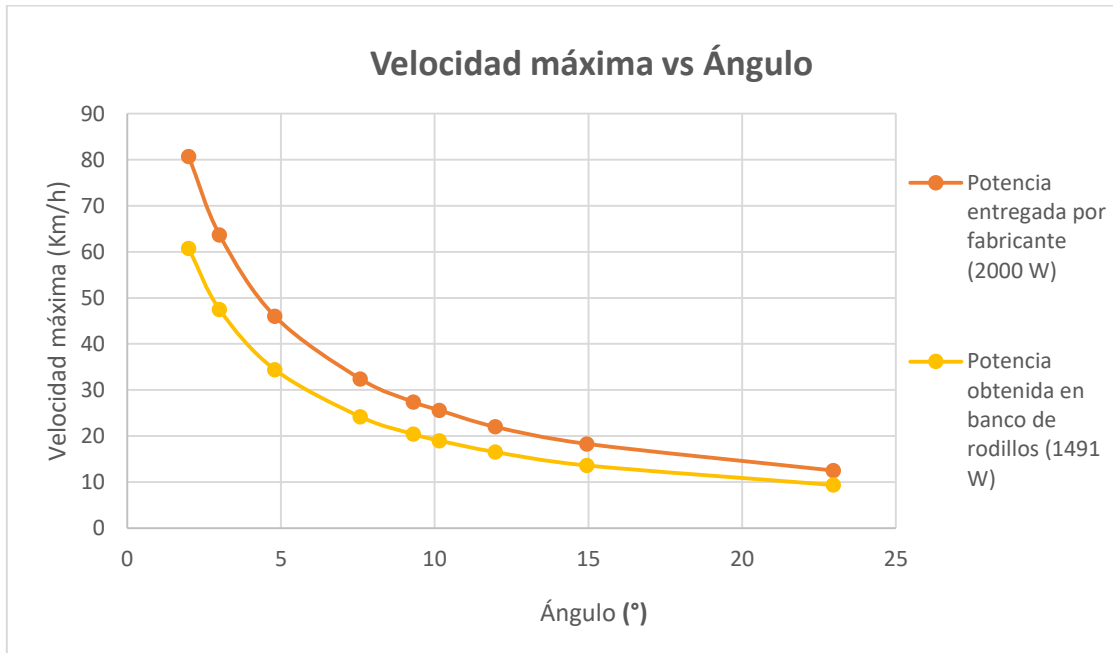


Fig. 3.26. Comparación de velocidades máximas versus ángulo, potencia real vs potencia entregada por fabricante.
Fuente: Autores.

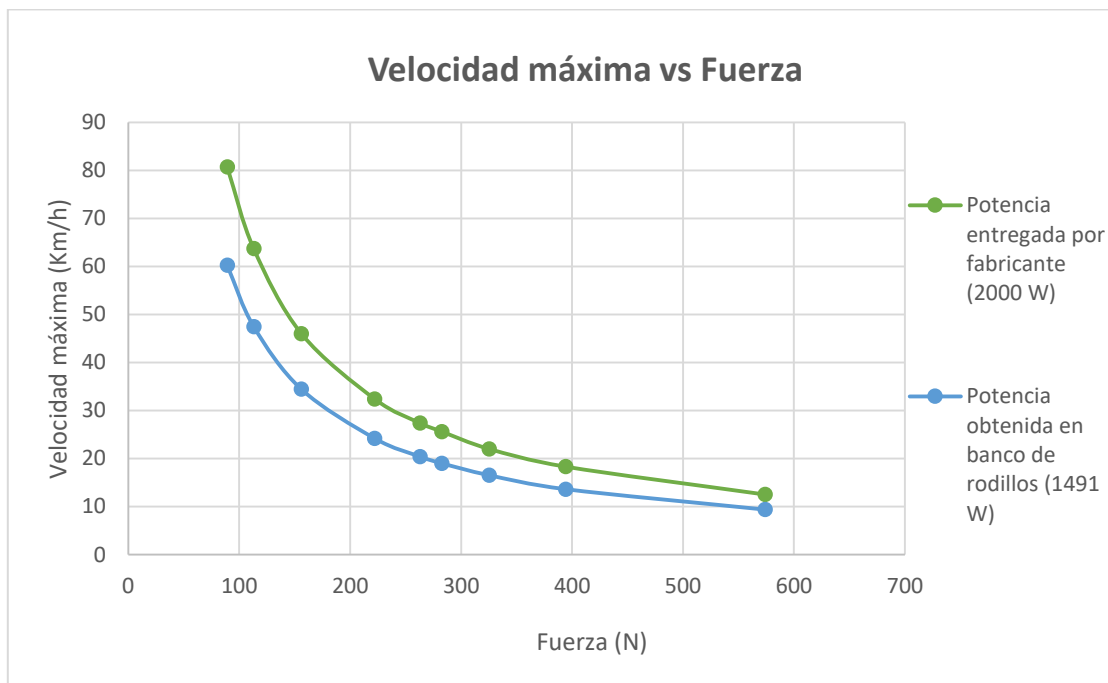


Fig. 3.27. Comparación de velocidades máximas versus fuerza, potencia real vs potencia entregada por fabricante.
Fuente: Autores.

3.8. Obtención de datos de ruta

3.8.1. Procedimiento general de toma de datos

- El primer paso es cargar por completo la batería del scooter por aproximadamente 6 horas con el enchufe conectado directamente a la energía del hogar.
- Posteriormente, una vez cargado el scooter, empleando un multímetro se procede a medir voltaje y amperaje de batería iniciales en cada una de las condiciones.
- Encender el scooter y realizar las pruebas de acuerdo a cada una de las condiciones sin hacer uso de los consumidores (luces).
- Una vez agotada la batería, verificar la distancia recorrida mediante el odómetro de la pantalla LCD, así como el estado de carga de la batería.
- Finalmente, medir voltaje y amperaje de batería para verificar el consumo de la misma durante las pruebas de ruta.

3.8.2. Pruebas de ruta UIDE

- **Con 1 ocupante**

Para corroborar los datos entregados por el fabricante fue necesario obtener datos claros sobre autonomía de batería, velocidades máximas en descenso y ascenso en las condiciones de la ruta deseada. Para obtener el dato de distancia total de recorrido que equivaldría a la autonomía de la batería, se empleó el odómetro que está integrado en el scooter y se tomó el tiempo de autonomía de batería mediante el cronómetro de un Smartphone.

Tabla 10. Datos obtenidos en prueba de ruta UIDE (1 ocupante).

Distancia de ruta	1.41 km
Distancia total recorrida según odómetro de scooter	+/- 32.4 km
Número aproximado de viajes completos (ascenso y descenso)	11-12
Velocidad promedio de ascenso en pendientes con mayor inclinación	35 km/h
Velocidad promedio	30 km/h
Velocidad máxima en descenso	68 km/h
Velocidad máxima en ascenso	55 km/h

Velocidad mínima obtenida de ascenso	22 km/h
Tiempo de ascenso aproximado	3 min 32 s
Tiempo de descenso aproximado	2 min 11 s
Tiempo de recorrido total aproximado	5 min 43 s
Tiempo total Prueba de ruta	1 h 29 min
Carga adicional soportada (ocupante)	78 kg

Fuente: Autores.

Tabla 11. Voltajes y amperajes de batería ruta UIDE (1 ocupante).

Voltaje inicial	67 V
Voltaje final	53.9 V
Voltaje consumido	13.1 V
Amperaje inicial	2.19 A
Amperaje final	1.73 A
Amperaje consumido	0.46 A

Fuente: Autores.

La distancia total de recorrido obtenido se aleja de los datos que nos entrega en el manual del fabricante, esto debido a que en la ruta de la Universidad Internacional del Ecuador existen variaciones de pendientes positivas que son en donde el motor eléctrico realiza un mayor esfuerzo, empleando cerca del 90% de la potencia del motor eléctrico para ascenso, sin embargo, en el descenso se lograron obtener velocidades máximas de 68 km/h en la tercera marcha. El tiempo y distancia de recorrido total de ruta son relativamente cortos por lo que se sugiere que el scooter se mantenga en carga constante una vez se termine de utilizar.

- **Con 2 ocupantes**

Al momento de realizar la prueba con dos ocupantes en la Universidad Internacional del Ecuador se obtuvo una menor autonomía que con un solo ocupante debido a que la potencia de batería necesaria para el funcionamiento del motor eléctrico es mayor a la potencia nominal de la misma. Por tal motivo en las pendientes positivas con mayor inclinación al momento del ascenso, una vez pasados los 21 km el scooter no puede ascender con dos ocupantes de forma adecuada, en la fig.3.28 se observa ya en superficie plana y con carga de un solo ocupante que aún hay batería, sin embargo, para ascender

en pendientes pronunciadas con dos ocupantes, el recorrido se hace imposible a partir de la distancia visible en el odómetro.



Fig. 3.28. Distancia recorrida con 2 ocupantes UIDE.
Fuente: Autores.

Tabla 12. Datos obtenidos en prueba de ruta UIDE (2 ocupantes).

Distancia de ruta	1.41 km
Distancia total recorrida según odómetro de scooter	+/- 22.4 km
Número aproximado de viajes completos (ascenso y descenso)	7-8
Velocidad promedio de ascenso en pendientes con mayor inclinación	25 km/h
Velocidad promedio	25 km/h
Velocidad máxima en descenso	64 km/h
Velocidad máxima en ascenso	43 km/h
Velocidad mínima obtenida de ascenso	18 km/h
Tiempo de ascenso aproximado	3 min 54 s
Tiempo de descenso aproximado	3 min 02 s
Tiempo de recorrido total aproximado	6 min 56 s
Tiempo total Prueba de ruta	54 min
Carga adicional soportada (2 ocupantes)	156 kg

Fuente: Autores.

Tabla 13. Voltajes y amperajes de batería ruta UIDE (2 ocupantes).

Voltaje inicial	67 V
Voltaje final	57.9 V

Voltaje consumido	9.1 V
Amperaje inicial	2.19 A
Amperaje final	1.87 A
Amperaje consumido	0.32 A

Fuente: Autores.

Así también en la tabla 18. se podrán verificar datos completos relacionados a la toma de velocidades máximas de ascenso en los ángulos críticos de la pendiente tomadas en cuenta para el análisis de arranque en pendiente (startability) así como en la tabla 19. Que indica la capacidad de ascenso en pendiente que tiene el vehículo (gradeability).

3.8.3. Prueba de ruta Parque La Carolina

- **Con 1 ocupante**

Tabla 14. Datos obtenidos en prueba de ruta La Carolina (1 ocupante).

Perímetro de prueba de ruta	3644.41 m
Distancia total recorrida según odómetro de scooter	+/- 47.5 km
Número de viajes alrededor del perímetro	12-13
Velocidad máxima de recorrido	68 km/h
Velocidad promedio	45 km/h
Tiempo total de prueba de ruta	2 h 31 min
Carga adicional soportada (ocupante)	78 kg

Fuente: Autores.

Tabla 15. Voltajes y amperajes de batería prueba de ruta La Carolina (1 ocupante).

Voltaje inicial	67 V
Voltaje final	51.3 V
Voltaje consumido	15.7 V
Amperaje inicial	2.19 A
Amperaje final	1.66 A
Amperaje consumido	0.53 A

Fuente: Autores.

Los datos obtenidos en base a la distancia recorrida nos demuestran que, en condiciones con pendientes relativamente nulas el scooter puede recorrer mayores distancias, por lo que la autonomía es mayor al igual que el tiempo total de prueba de ruta sin detenerse,

debido a que se emplea menor potencia del motor y de la batería, por lo tanto, esto implica que la batería se descargue en un lapso mayor de tiempo exigiendo un menor esfuerzo al motor eléctrico.

- **Con 2 ocupantes**

Una vez obtenidos los datos en la misma ruta, pero en distintas condiciones, se determinó que la autonomía en distancia se redujo casi a la mitad, así como también el tiempo de autonomía disminuyó en aproximadamente una hora, sin embargo, es importante mencionar que estos valores pueden variar de acuerdo a la carga que debe vencer el scooter para partir del reposo, así como las condiciones de terreno en superficies sin pendiente.

Tabla 16. Datos obtenidos en prueba de ruta La Carolina (2 ocupantes).

Perímetro de prueba de ruta	3644.41 m
Distancia total recorrida según odómetro de scooter	+/- 28.2 km
Número de viajes alrededor del perímetro	7-8
Velocidad máxima de recorrido	62 km/h
Velocidad promedio	40 km/h
Tiempo total de prueba de ruta	1 h 27 min
Carga adicional soportada (2 ocupantes)	156 kg

Fuente: Autores.

Tabla 17. Voltajes y amperajes de batería prueba de ruta La Carolina (2 ocupantes).

Voltaje inicial	67 V
Voltaje final	51.6 V
Voltaje consumido	15.4 V
Amperaje inicial	2.19 A
Amperaje final	1.67 A
Amperaje consumido	0.52 A

Fuente: Autores.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Ecuaciones para cálculo de potencia

$$Wb = Vb * Ib \quad \text{Ec [4.1]}$$

$$Wc = Vc * Ic \quad \text{Ec. [4.2]}$$

$$T = \frac{Wb}{Wc} \quad \text{Ec [4.3]}$$

Donde:

Vb: Voltaje de la batería.

Ib: Intensidad corriente de la batería.

Wb: Potencia de la batería.

Ic: Intensidad de corriente consumida.

Wc: Potencia Consumida.

T: Tiempo en horas de Autonomía.

Q: Carga de la Batería.

4.2. Potencia nominal de batería

Al reemplazar datos:

$$Vb = 60 \text{ V.}$$

$$Ib = 20 \text{ Ah.}$$

$$Wb = 60 \text{ V} * 20 \text{ Ah}$$

$$Wb = 1200 \text{ Wh}$$

4.3. Potencia consumida de batería en distintas condiciones geográficas

- **VARIABLES CONSIDERADAS CON 1 OCUPANTE**

T1 = tiempo obtenido en ruta UIDE.

T2 = tiempo obtenido en Parque La Carolina.

Wc1 = potencia consumida en ruta UIDE.

Wc2 = potencia consumida en Parque La Carolina.

- **VARIABLES CONSIDERADAS CON 2 OCUPANTES**

T3 = tiempo obtenido en ruta UIDE.

T4 = tiempo obtenido en Parque La Carolina.

Wc3 = potencia consumida en ruta UIDE.

Wc4 = potencia consumida en Parque La Carolina.

Tiempo transcurrido en horas:

- **1 OCUPANTE**

$$T1 = 1h 29 min$$

$$T1 = 29 min * \frac{1 h}{60 min} = 0.48 h$$

$$\mathbf{T1 = 1.48 h}$$

$$T2 = 2h 31 min$$

$$T2 = 31 min * \frac{1 h}{60 min} = 0.52 h$$

$$\mathbf{T2 = 2.52 h}$$

- **2 ocupantes**

$$T3 = 0.9 \text{ min}$$

$$T3 = 54 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 0.9 \text{ h}$$

$$\mathbf{T3 = 0.9 h}$$

$$T4 = 1 \text{ h } 27 \text{ min}$$

$$T4 = 27 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 0.45 \text{ h}$$

$$\mathbf{T4 = 1.45 h}$$

Una vez obtenidos el tiempo transcurrido en horas en cada una de las condiciones se procede a despejar la fórmula de potencia consumida y reemplazar los valores de tiempo en cada uno de los casos.

$$T = \frac{Wb}{Wc}$$

$$Wc = \frac{Wb}{T}$$

- **1 ocupante**

$$Wc1 = \frac{1200 \text{ W}}{1.48 \text{ h}}$$

$$\mathbf{Wc1 = 810.81 W}$$

$$Wc2 = \frac{1200 \text{ W}}{2.5 \text{ h}}$$

$$\mathbf{Wc2 = 480 W}$$

- **2 ocupantes**

$$Wc3 = \frac{1200 W}{0.9 h}$$

$$Wc3 = 1333.33 W$$

$$Wc4 = \frac{1200 W}{1.45 h}$$

$$Wc4 = 827.59 W$$

4.4. Cálculos de autonomía

4.4.1. Autonomía teórica

La fórmula simplificada para el cálculo de la autonomía teórica de un vehículo eléctrico es la siguiente:

$$R = \frac{E * S}{P}$$

Ec [4.4]

Donde:

R = autonomía (km), *Range* en inglés.

E = energía, contenido de energía (Wh), capacidad.

S = velocidad máxima del vehículo (km/h).

P = potencia máxima del motor.

Fuente: (LemEV, 2014)

Al reemplazar datos:

- **Con dato de motor de 2000 W**

$$E = 1200 \text{ Wh.}$$

$$S = 70 \text{ km/h.}$$

$$P = 2000 \text{ W.}$$

$$R = \frac{1200 \text{ Wh} * 70 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{2000 \text{ W}}$$

$$R = 42 \text{ km}$$

- **Con dato de motor de 1491 W**

$$E = 1200 \text{ Wh.}$$

$$S = 70 \text{ km/h.}$$

$$P = 1491 \text{ W.}$$

$$R = \frac{1200 \text{ Wh} * 70 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{1491 \text{ W}}$$

$$R = 56.34 \text{ km}$$

4.4.2. Tiempo de carga de batería

$$T = \frac{Cb}{Cc \text{ (salida)}}$$

$$Cc(\text{salida}) = V * A = W$$

Ec [4.5]

Donde:

T = tiempo de carga de batería (en horas).

C_b = capacidad o potencia de la batería.

C_c (salida) = capacidad de salida del cargador.

$$C_c(\text{salida}) = 67.2 V * 3 A$$

$$C_c(\text{salida}) = 201.6 W$$

$$T = \frac{1200 Wh}{201.6 W}$$

$$T = 5.95 h$$

4.5. Relación peso potencia

Se considera a la relación peso potencia como aquella magnitud adimensional, en donde se relaciona el peso de un vehículo y la potencia máxima del motor que está instalado en este. A menor relación peso potencia, el vehículo puede experimentar una mayor aceleración. En este caso tenemos los siguientes datos:

Peso scooter = 65 kg.

Peso promedio de ocupante = 70 kg.

Peso total = 135 kg.

$$R = \frac{\text{Peso total}}{\text{Potencia máxima motor}}$$

Ec. [4.6]

- **Con 2000 W**

Potencia máxima motor = 2000 W = 2.72 CV

$$R = \frac{135 Kg}{2.72 CV}$$

$$R = 49.63 \frac{Kg}{CV}$$

- **Con 1491 W**

Potencia máxima motor = 1491 W = 2.03 CV

$$R = \frac{135 Kg}{2.03 CV}$$

$$R = 66.5 \frac{Kg}{CV}$$

4.6. Gráficas de Resultados

La potencia máxima necesaria obtenida mediante cálculos teóricos para selección de motor mostraron que como mínimo eran necesarios 1595 W, sin embargo, se consideró pertinente sobredimensionar este valor y realizar las pruebas con un scooter con motor de 2000 W tal como indicaba el fabricante.

Sin embargo, posterior a los datos obtenidos en pruebas estáticas en el banco inercial de rodillos se verificó que este dato fue sobredimensionado por temas comerciales y la potencia real obtenida fue de 1491 W tal como se visualiza en la Fig. 4.1 este dato obligó a realizar nuevos cálculos teóricos previo a la realización de pruebas dinámicas de ruta.

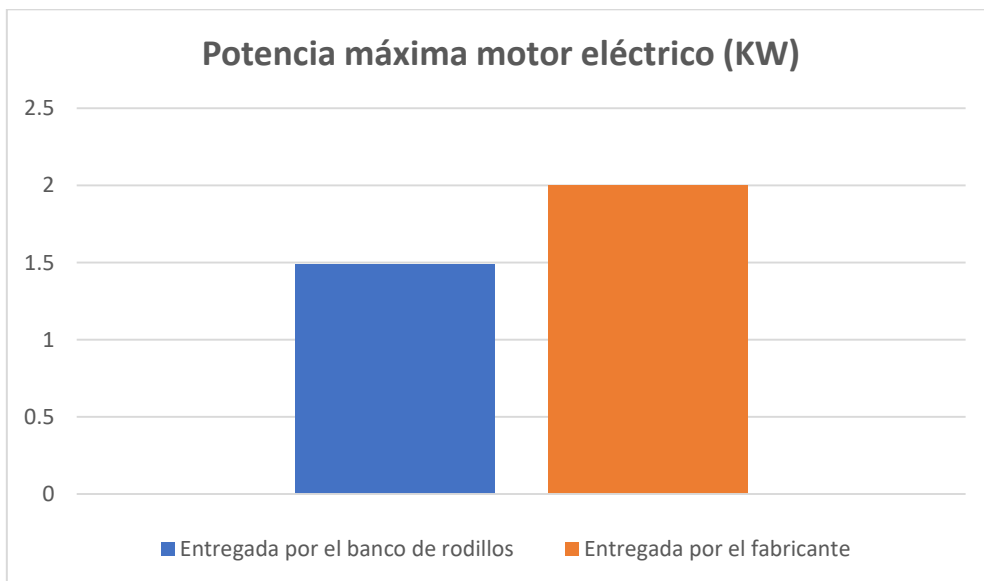


Fig. 4.1. Potencia máxima de motor eléctrico.

Fuente: Autores.

La fig. 4.2 indica que la variación de los tres datos obtenidos es mínima y que el rango promedio de carga completa de la batería es de seis horas por lo que se puede corroborar que la variación de estos datos puede darse por sobredimensionamientos y aproximaciones por temas comerciales. Sin embargo, posterior a descargas completas de batería casi siempre la batería se cargó completamente entre seis horas con cuarenta y cinco o cincuenta minutos. El tiempo mínimo de carga de batería recomendado es de dos horas y media para obtener el 60% de carga, un porcentaje menor de carga representa una deficiencia en el funcionamiento del motor eléctrico.

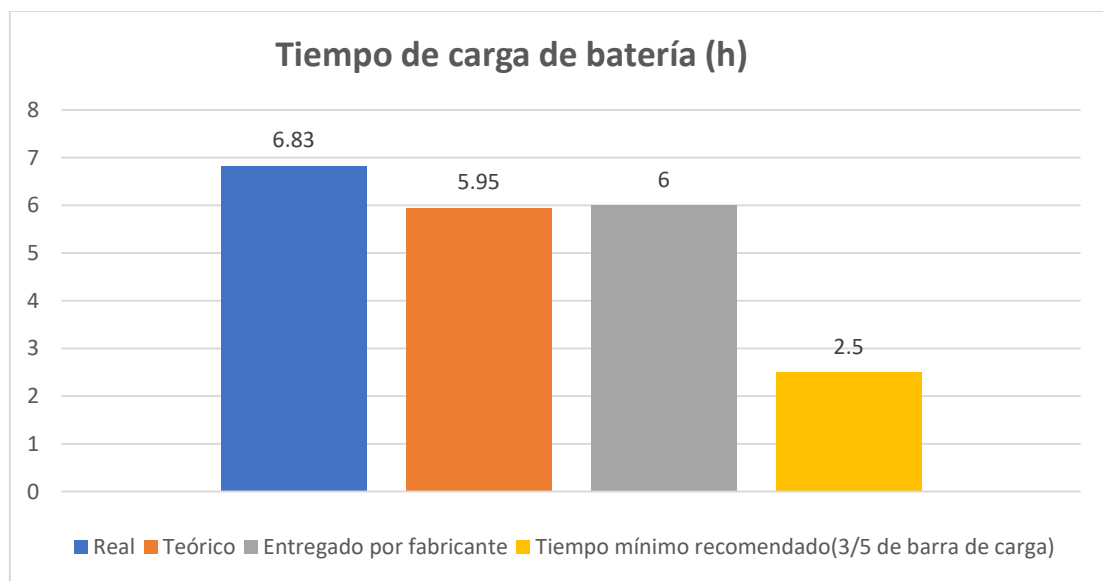


Fig. 4.2. Tiempo de carga de batería.
Fuente: Autores.

La fig. 4.3 indica los tiempos de recorrido en la ruta UIDE presentan una clara variación de acuerdo al número de ocupantes al existir una mayor carga para el motor eléctrico, por lo que no consigue las mismas velocidades que las obtenidas con un solo ocupante, por lo que toma más tiempo realizar el recorrido completo.

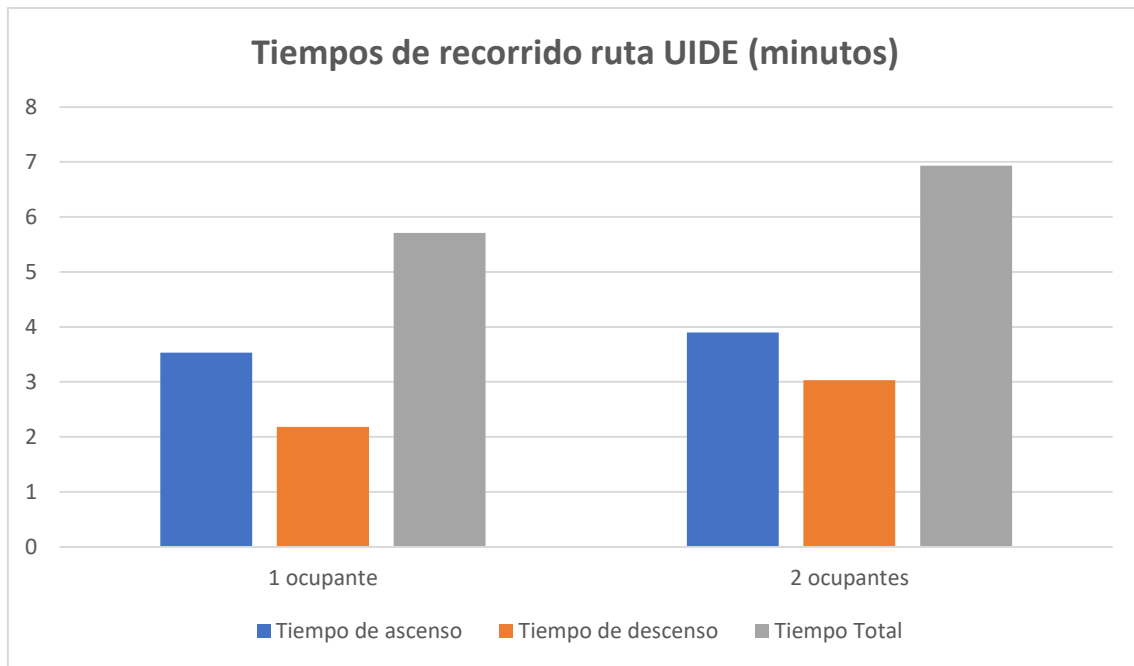


Fig. 4.3. Tiempos de recorrido ruta UIDE.
Fuente: Autores.

El tiempo de autonomía de batería siempre va a variar de acuerdo a las condiciones geográficas a las que el scooter es sometido, conjuntamente con la variación de peso que pueda existir de acuerdo a la cantidad de ocupantes, en este caso es evidentemente claro que la mayor autonomía se logra en condiciones adecuadas en rectas con pendiente cero y con un solo ocupante, la autonomía se verá altamente afectada al recorrer pendientes positivas muy fuertes junto con una carga de dos ocupantes, debido a la exigencia que requiere por parte del motor de vencer la inercia y el peso al que está sometido.

Como indica la fig. 4.4 en donde se puede ver que en La Carolina la autonomía es menor en un 42.5% a la obtenida con un ocupante, mientras que en la ruta UIDE en donde existe una mayor cantidad de pendientes positivas, en la prueba con dos ocupantes existe una reducción de autonomía en un 39.2 % respecto a la obtenida con un solo ocupante.

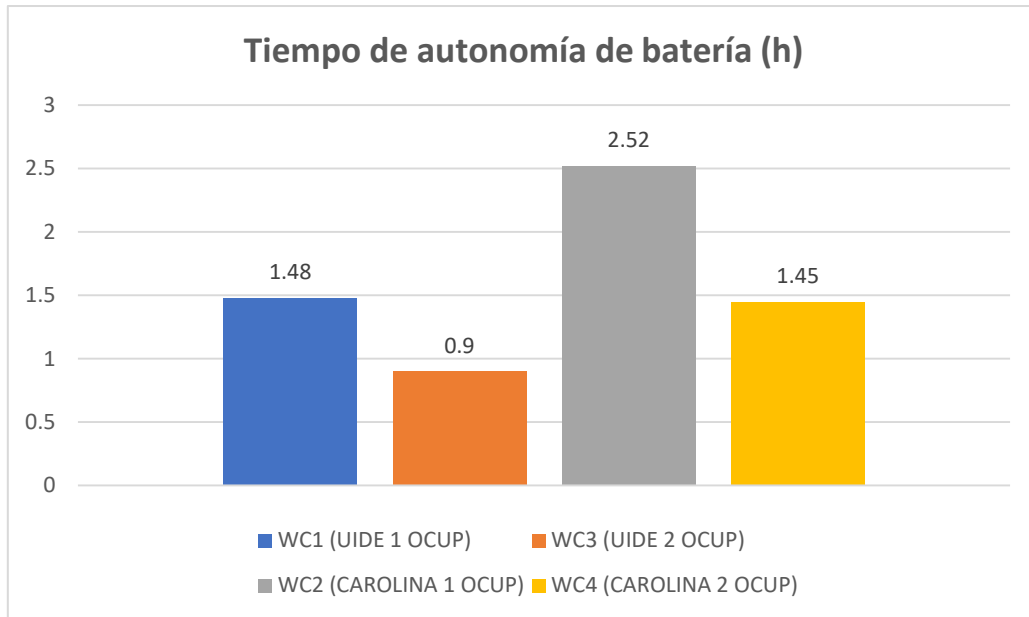


Fig. 4.4. Tiempos de autonomía de batería.

Fuente: Autores.

La fig. 4.5 refleja la autonomía de la batería obtenida en kilómetros, muy similar a la obtenida en tiempo, por tanto, se puede decir que a mayor pendiente y a mayor peso existirá una menor autonomía en tiempo y distancia, tal como indica la teoría. En este caso la distancia recorrida en el parque La Carolina con dos ocupantes es menor en un 40.6% respecto a la recorrida con un solo ocupante, y en la ruta UIDE con dos ocupantes este parámetro es menor en un 30.8% con respecto al obtenido con un solo ocupante.

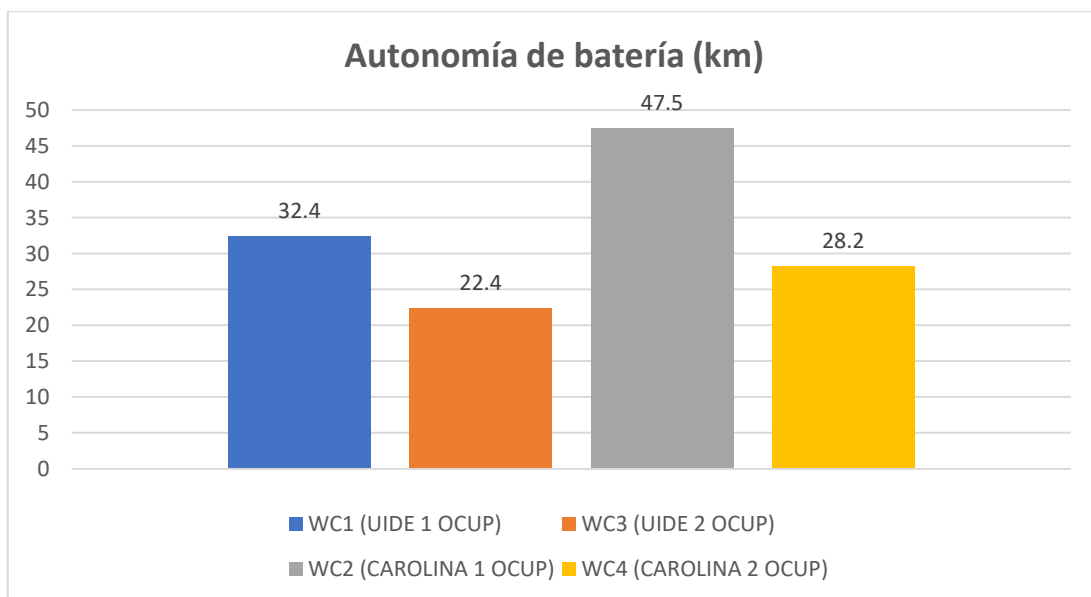


Fig. 4.5. Autonomía de batería en kilómetros de recorrido.

Fuente: Autores.

La Fig. 4.6 indica los datos de autonomía para condiciones únicamente ideales en rutas con pendiente cero, los valores obtenidos en prueba de ruta en condiciones ideales corresponden a los obtenidos en el Parque La Carolina y bajo los datos obtenidos en esta ruta, se obtiene que existe una autonomía menor en un 16% a la teórica y menor en un 5% a la que entrega el fabricante, por lo que esta variación en el cálculo teórico puede darse generalmente porque no se consideran valores de pesos adicionales ni variaciones de velocidad, variables que si han sido consideradas dentro de la prueba de ruta dinámica.

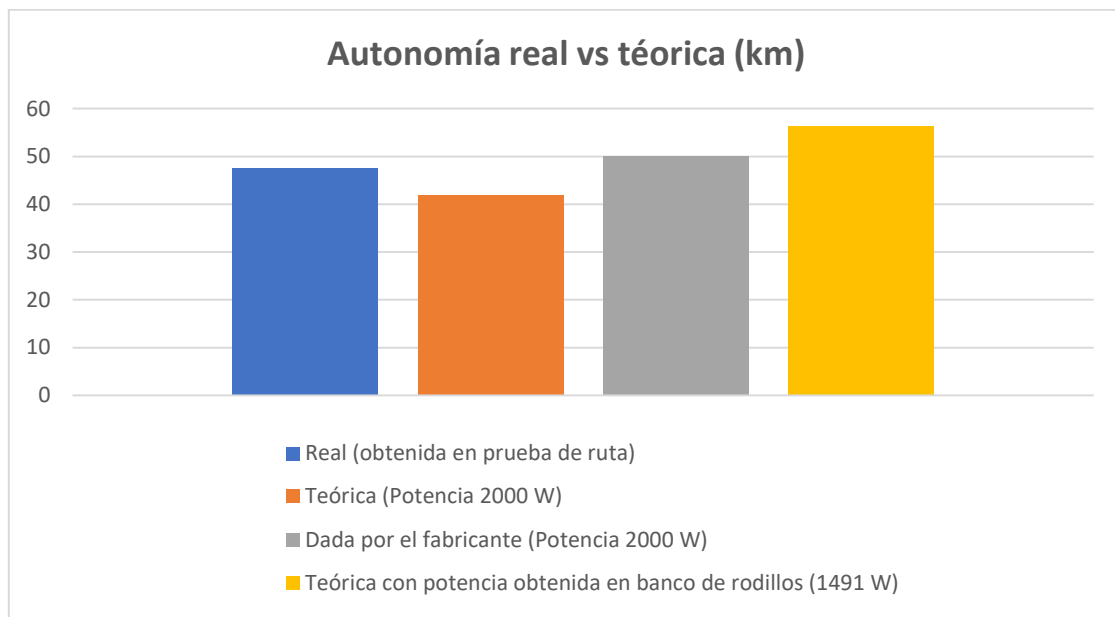


Fig. 4.6. Autonomía real vs teórica en condiciones ideales.
Fuente: Autores.

En base a los datos de la Fig. 4.7 se puede verificar que en las velocidades de ascenso es donde existe una mayor variación, en este caso en la prueba de ruta real la velocidad mínima que se experimenta en el ascenso donde existe una pendiente alta es un 57% mayor respecto a la velocidad máxima teórica obtenida, esta variación se da debido a la velocidad constante que se mantiene en la recta previo al ascenso de la pendiente, en los continuos ascensos que se hizo durante la prueba de ruta se mantuvo una velocidad constante en recta obteniendo la misma velocidad mínima en todos los casos. Para los cálculos en los ascensos no se toman en cuenta variaciones de velocidad sino más bien desde que parten del reposo. Mientras que en las velocidades máximas obtenidas solo existe una variación de un 12% de la velocidad real respecto a la teórica.

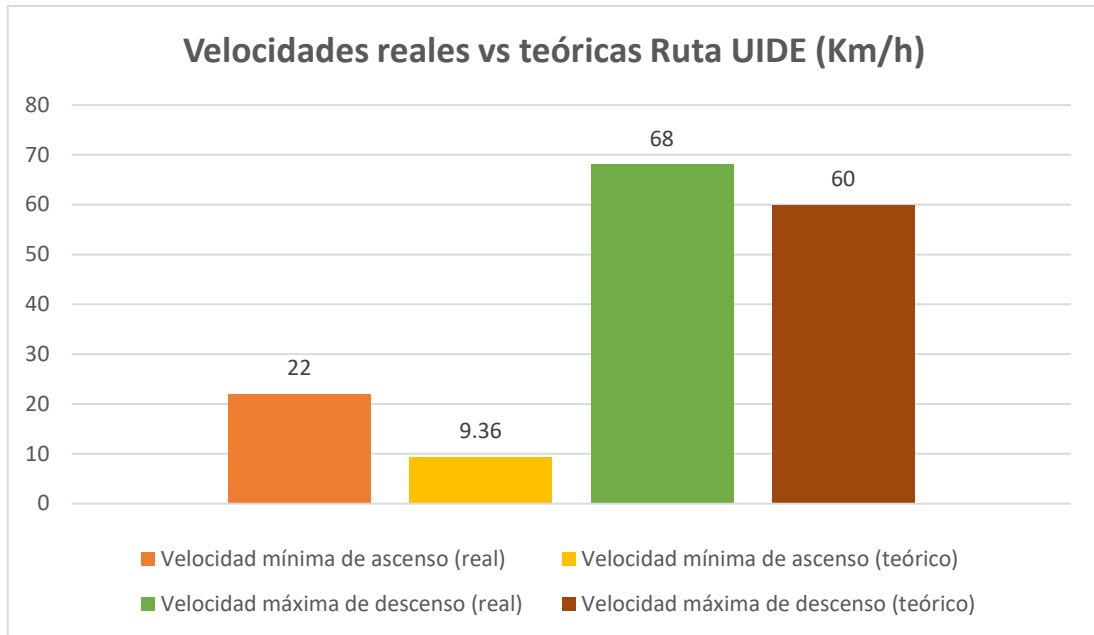


Fig. 4.7. Velocidades máximas y mínimas reales vs teóricas.
Fuente: Autores.

En la fig. 4.8 se puede identificar las velocidades mínimas obtenidas al momento del ascenso por los ángulos críticos de elevación y en donde el motor eléctrico por obvias razones requiere de mayor esfuerzo, por lo tanto, se sacrifica la velocidad, así mismo las velocidades de descenso son altas debido a la inercia con la que el scooter desciende y donde es mínimamente necesario el uso del motor eléctrico.

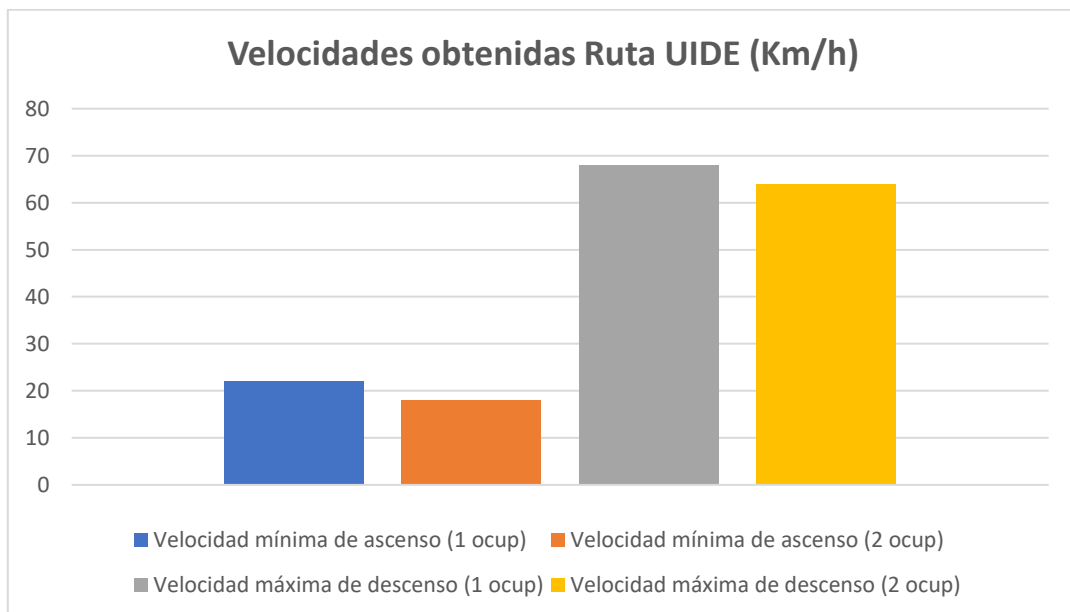


Fig. 4.8. Velocidades mínimas de ascenso y máximas de descenso obtenidas en pruebas de ruta en UIDE (carga completa de batería).
Fuente: Autores.

La potencia máxima consumida reflejada en la fig. 4.9 indica la potencia máxima consumida de la batería en cada uno de los trayectos, claramente se puede identificar que se da un mayor consumo de potencia en la ruta UIDE con dos ocupantes debido a la exigencia que se le da al motor eléctrico en los ascensos y que en este caso ha llegado a exceder la potencia máxima de la batería llegando a los 1333.33 W y por tanto, causando una reducción de su autonomía, así mismo el menor consumo de potencia se da en la ruta de La Carolina con un ocupante, debido a las condiciones ideales de ruta sin pendientes y el peso que existe en el scooter no sobre esfuerza el motor eléctrico, lo que mantiene la autonomía de la batería en los valores normales.

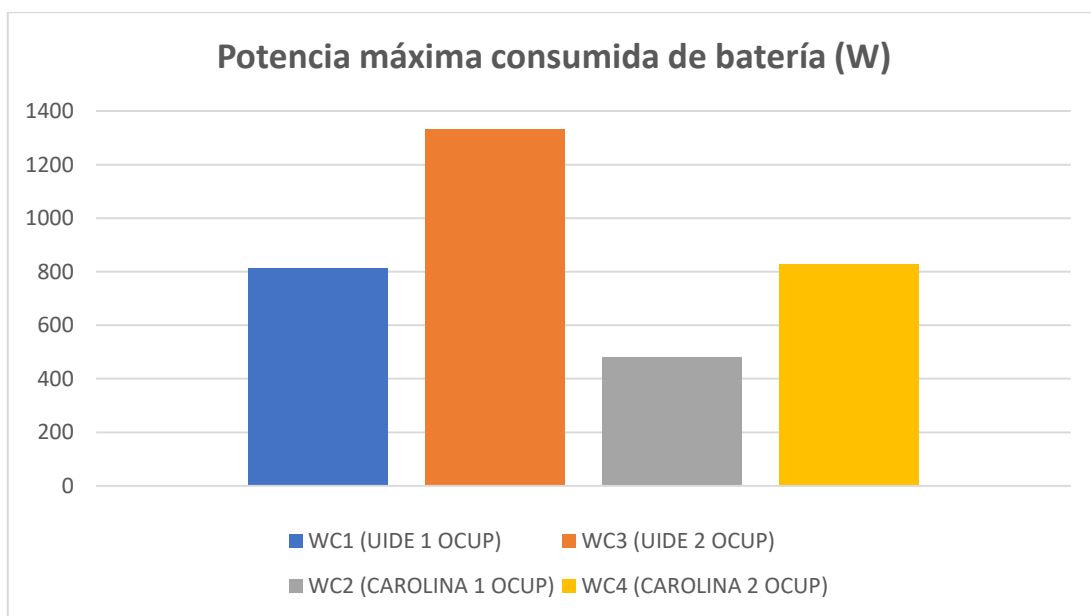


Fig. 4.9. Potencia máxima consumida de batería en distintas condiciones de prueba.
Fuente: Autores.

En cuanto a consumo de voltaje de batería (fig. 4.10) y amperaje (fig. 4.11) en las distintas condiciones se puede identificar gráficas muy similares en cuanto a sus valores, reflejando que se aprovecha la mayor cantidad de tensión y amperaje de batería en condiciones ideales con un solo ocupante y que estos valores van a ir descendiendo cuando se modifican variables de condiciones geográficas con mayores pendientes e irregularidades de vía, así como el peso al que el scooter esté sometido.

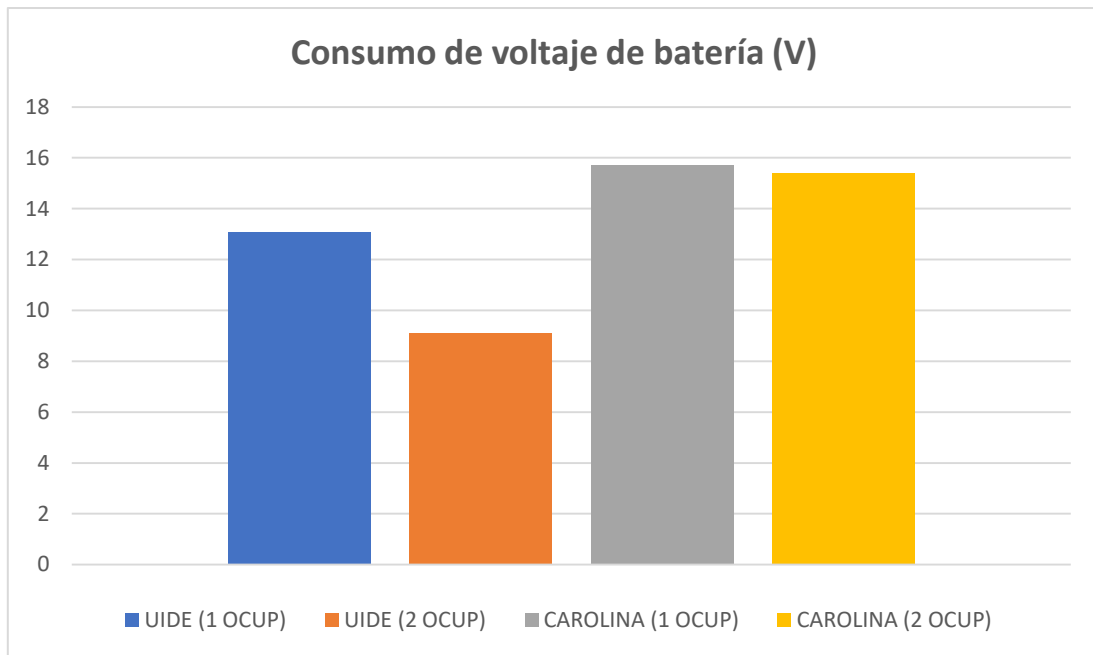


Fig. 4.10. Voltaje consumido de batería en distintas condiciones de prueba.
Fuente: Autores.

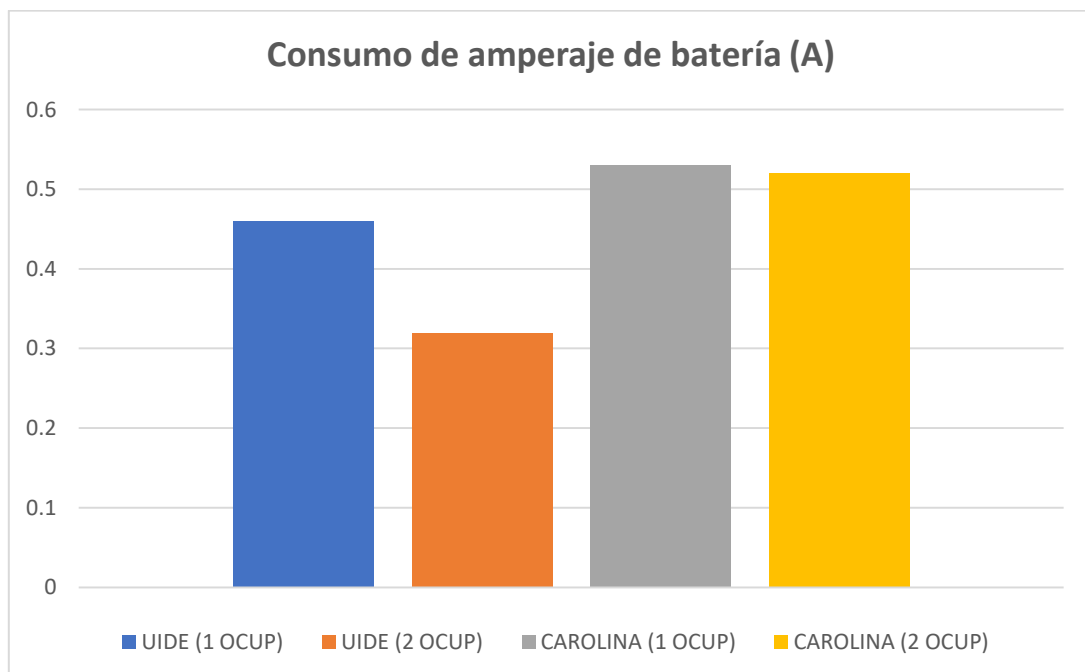


Fig. 4.11. Amperaje consumido de batería en distintas condiciones de prueba.
Fuente: Autores.

El banco de rodillos entregó muchos datos que en cierta parte se oponen a los que entrega el fabricante, justamente en la parte del torque se puede identificar que los datos de la prueba estática indican una variación de torque de cerca del 6 % frente al dato que entrega el fabricante, el dato que entrega el fabricante puede darse a un torque promedio por lo

que se considera que no es un dato erróneo pero que, sin embargo, no está completamente especificada en la ficha técnica. (Ver fig. 4.12)

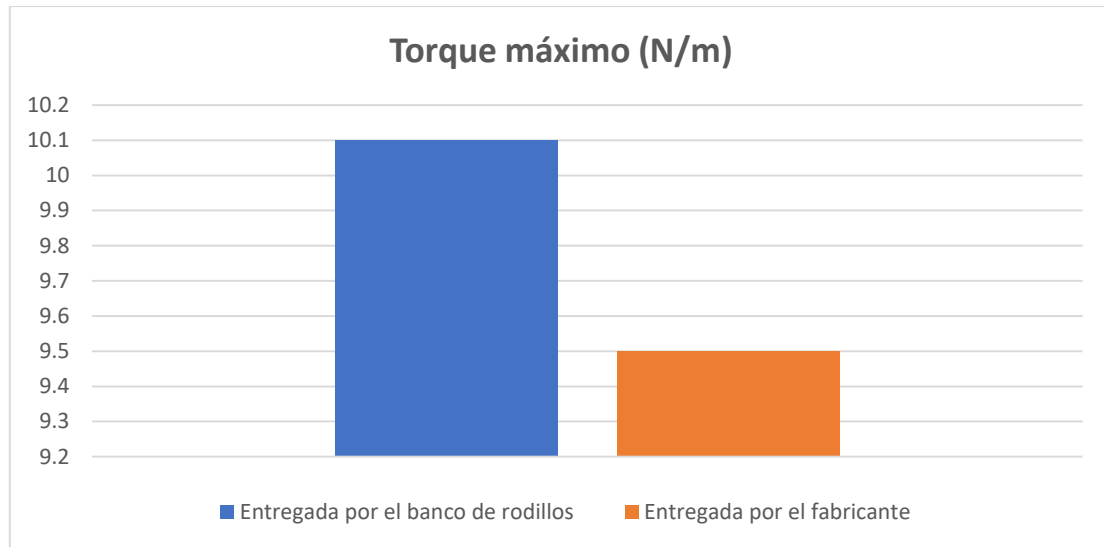


Fig. 4.12. Torque máximo obtenido.
Fuente: Autores.

4.7 Startability y gradeability posterior a pruebas en ruta UIDE

En base a los datos obtenidos, en este apartado se obtuvo una nueva guía de usuario (véase Anexo 2) y una normativa de recorrido interna (véase Anexo 3). La potencia máxima que posee el motor eléctrico para mover cargas se ve reflejada en base a su capacidad de arranque en pendientes (startability), así como también en su habilidad de ascenso en pendientes (gradeability). (Transporte, 2000). (Henrik Persson, 2018). En este caso se tomará en cuenta tal análisis para el presente estudio de factibilidad en base a ángulos mínimos y máximos críticos de la pendiente obtenidos en pruebas de ruta con batería al 100% de carga. La tabla 18. Indica los resultados obtenidos en prueba de ruta en ruta UIDE con uno y dos ocupantes, y en la fig.4.13 se puede identificar la variación de velocidad en cada uno de los casos de acuerdo a cada variación de ángulo de inclinación posterior a los 8 segundos que tarda en revolucionar el motor eléctrico, sin embargo, esta prueba demuestra que el vehículo puede ascender adecuadamente con la totalidad de carga de batería.

Tabla 18. Resultados finales posterior a pruebas de capacidad de arranques en pendiente (startability)

Ángulo en (%)	Ángulo en (°)	Velocidades de ascenso (km/h)	
		1 ocup. (78 kg)	2 ocup. (156 kg)
3.49	2	55	43
5.24	3	50	40
8.4	4.8	43	37
13.3	7.58	38	33
16.4	9.31	34	29
17.9	10.15	31	26
21.2	11.97	29	24
26.7	14.95	26	22
40.2	22.97	22	18

Fuente: autores

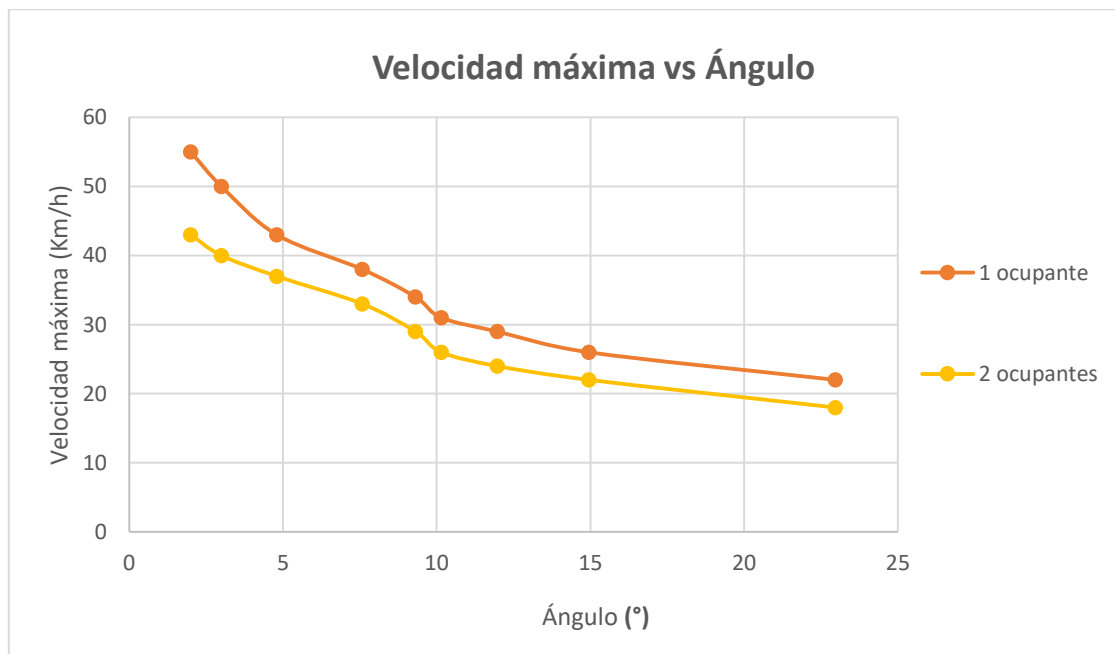


Fig. 4.13. Velocidad máxima vs ángulo en prueba de capacidad de arranque en pendientes
Fuente: Autores.

Así también la tabla 19. Indica los valores de gradeability en base al consumo de voltaje de batería posterior a su descarga completa, así como el tiempo que toma ascender la pendiente con cada uno de los ocupantes con la totalidad de carga de la batería.

Tabla 19. Resultados finales posterior a pruebas de capacidad de ascenso en pendiente (gradeability)

Ángulos mínimos y máximos de pendiente		Velocidades de ascenso		Tiempo total de ascenso (en 1.41 km)		% consumo de voltaje de batería (descarga completa)	
Ángulo en (%)	Ángulo en (°)	1 ocup. (78 kg)	2 ocup. (156 kg)	1 ocup. (78 kg)	2 ocup. (156 kg)	1 ocup. (78 kg)	2 ocup. (156 kg)
3.49	2	55 km/h	43 km/h	212 s	234 s	19.5	13.58
40.2	22.97	22 km/h	18 km/h				

Fuente: autores

4.6.1. Impacto socio-económico

4.6.1.1. Impacto social

El desarrollo del entorno social de la comunidad de la UIDE es de vital importancia para satisfacer con los estándares y exigencias de calidad que espera recibir cada miembro que integra la universidad, se recuerda que todos se interrelacionan entre sí en un ecosistema natural dentro de todo el campus en general de facultad a facultad. Es bien sabido que, el desarrollo de las actividades rutinarias en la UIDE se acoge a un ambiente en alta tranquilidad y ergonomía, en donde, en el mayor rango posible se prevé evitar interrumpir con ello; sin embargo factores como la contaminación ambiental, auditiva y visual provocada por los vehículos de combustión interna, de los propios miembros y visitantes de la comunidad, que circulan de manera constante por las vías de toda la universidad, provocan en determinadas ocasiones el malestar tanto de estudiantes como docentes cuyas aulas y sitios de trabajo se encuentran relativamente cerca de las avenidas de estos vehículos.

De acuerdo a lo que menciona (Morales, 2021), dentro de la comunidad UIDE se tendrá un impacto que más que elimine la contaminación, creará seguridad de que cualquier estudiante que posea un EV pueda dirigirse a la universidad, dejar su automóvil cargándose, recibir las 2 horas de clase y salir de la misma con su EV totalmente cargado. Esto creará un ambiente de innovación alrededor de la universidad, la cual busca eliminar su huella de carbono.

En segundo lugar, porque al utilizar este tipo de vehículos eléctricos se evita la constante presencia de los tipos de contaminación mencionados, provocados por los vehículos particulares de uso común. Y, en tercer lugar, porque gracias a esto los estudiantes tienen un incentivo más participativo con el resto de sus compañeros y docentes de otras facultades; recordando que las facultades de Ingeniería Automotriz y Gastronomía, debido a su posición geográfica donde se encuentran, prácticamente sólo coexisten entre ellas mismas al estar en la misma zona del campus, pues del resto de facultades se ven lejanas y aisladas. Motivo por el cual, en muchas de las ocasiones los estudiantes de estas dos facultades se limitan a permanecer dentro de ellas, y sólo de manera estricta o necesaria descienden hacia el resto de facultades, como puede ser para recibir clases o realizar algún trámite administrativo.

4.6.1.2. Impacto económico

- **Consumo energético de scooter eléctrico**

¿Qué diferencia un scooter eléctrico de una motocicleta a gasolina?

En la actualidad la mayoría de motocicletas convencionales emplean motores de combustión interna a gasolina de 2 o hasta 4 tiempos, en cambio, los scooters eléctricos emplean como medio de propulsión un motor eléctrico. En los motores a gasolina se emplean unidades de potencia como caballos de fuerza o HP (Horse Power) como también caballos de vapor o CV, mientras que en los motores eléctricos se emplean los Watts (Cenergia, 2018). Para comparar estas dos magnitudes existe una equivalencia que es la siguiente:

$$1 \text{ HP} = 745.7 \text{ Watts}$$

- **Empleo de un scooter eléctrico en lugar de una motocicleta a gasolina**

Ventajas:

- Nula emisión directa de gases contaminantes hacia la atmósfera.
- Ahorro en consumo de combustible y aceite de motor.
- El motor eléctrico del scooter no genera ruido.
- Reducción en costos de mantenimiento.

Desventajas:

- Carga completa de batería por aproximadamente 6 horas.
- Menor autonomía que una motocicleta a gasolina.

- **Costo consumo energético**

Ecuador es el sexto, de 14 países en América Latina, en el *ranking* de las tarifas eléctricas más bajas de la región para el sector residencial. Con una tarifa de 10,47 centavos por kilovatio hora para consumos de hasta 300 kWh, está por debajo de países vecinos como Colombia (15,23) y Perú (16,43). Los datos han sido revelados por la entidad Osinergmin (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, Perú) en marzo del 2021. (ElUniverso, 2021)

Tabla 20. Consumo energético scooter eléctrico.

Detalle	Valor
Valor por kwh en Ecuador	USD 0.10
Potencia de batería de scooter eléctrico	1.2 Kwh
Costo por carga	1.2 Kwh * USD 0.1 = USD 0.12
Costo semanal (uso diario)	USD 0.12 * 7 = USD 0.84
Costo mensual	USD 0.84 * 4 = USD 3.36
Costo anual	USD 3.36 * 12 = USD 40.32

Fuente: Autores.

4.6.2. Impacto ambiental

Debido a la principal problemática de los diversos tipos de contaminación presentes a diario dentro del campus de la UIDE, provocado en su esencia por el uso de vehículos de combustión interna los cuales representan casi en su totalidad el único método de movilidad entre facultades para el usuario común de la comunidad universitaria; la cual representa una limitante negativa en el proceso de progreso hacia un entero cuidado y preservación del medio ambiente y ecosistema de la UIDE, al igual que la integridad física y mental de cada miembro de la comunidad.

Conforme a lo que menciona (Morales, 2021), la reducción de contaminación a pesar de ser irrelevante por la gran movilidad que existe en la Avenida Simón Bolívar a solo unos kilómetros de la universidad, el mayor impacto que tendrá la comunidad de la Universidad es el de estar conectados con las energías renovables que poco a poco se han introducido a nivel mundial.

Es por esto que la implementación de una alternativa de electromovilidad como son los scooters eléctricos, representa un impacto positivo al medio ambiente para el vital y

próspero desenvolvimiento de cada uno de los individuos, pues de esta manera se tiene a disposición la posibilidad de optar por estos vehículos eléctricos como medio de transporte para llegar a distintos sitios del campus en general, lo cual permite que ya no sea estrictamente necesario movilizarse de un punto a otro en un vehículo de combustión interna, reduciendo así, considerablemente los índices de agentes y gases contaminantes los cuales perjudican a corto, mediano y largo plazo tanto a cada individuo como al ecosistema en general de la UIDE.

Así también, la presente investigación aporta a la ideología y la visión de la ISCN (Red Internacional de Campus Sustentables) a la que pertenece la UIDE, que dice lo siguiente: “Los miembros del ISCN utilizarán su capacidad, pasión y capital intelectual compartidos para volver a visualizar el futuro y emprender acciones significativas para contribuir al desarrollo sostenible” (ISCN, 2021). Es decir, mediante esta investigación también se cumple con los objetivos de desarrollo sostenible que plantea la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2021), que son:

- **Objetivo 7:** Energía asequible y no contaminante.
- **Objetivo 9:** Industria, innovación e infraestructuras
- **Objetivo 12:** Producción y consumo responsables
- **Objetivo 13:** Acción por el clima

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

La información topográfica obtenida mediante Google Earth pro, y el perfil de elevación obtenido en la ruta interna de la UIDE presentó un margen de error de cerca del 30%, sin embargo, en las pruebas de ruta estas variaciones fueron mínimas en base a los datos obtenidos en las pruebas dinámicas de descarga de batería y prueba de autonomía durante los recorridos. El cálculo previo de selección de motor determinó que con un motor de 1595 W se puede ascender por las pendientes más moderadas con una velocidad mínima de 10 km/h, sin embargo al sobredimensionar este valor esto permitió elegir un motor comercial de 2000 W, que posteriormente fue ratificado como motor de 1491 W gracias a pruebas estáticas a través del dinamómetro de rodillos inercial, que de igual forma arrojó datos como; torque obtenido por el motor eléctrico de 10.1 Nm a 1200 rpm, y posterior a pruebas dinámicas se determina que este es el mínimo necesario para ascender pendientes fuertes de la ruta a una velocidad mínima de 22 km/h con un solo ocupante tomando en cuenta las condiciones mínimas de peso como 78 kg con un solo ocupante y al mantener una aceleración constante se puede obtener un promedio de una velocidad de 30 a 35 km/h en pendientes bajas y ligeramente moderadas con la batería completamente cargada en un promedio de 6.83 h.

Ciertos datos obtenidos en el dinamómetro de rodillos como velocidad máxima fueron comprobados y confirmados con la ficha técnica original y las pruebas de ruta en condiciones con pendientes nulas en el Parque La Carolina en donde su autonomía fue de 47.5 km con un ocupante y de 28.2 km con dos ocupantes, es decir, con esta última variable la autonomía se redujo en un 40.6%. Así también, mediante estos datos se pudo verificar que la autonomía máxima en condiciones ideales con un solo ocupante era muy similar a los 50 km que indica el fabricante en su ficha técnica, es decir solo existe una variación del 5%. Las gráficas obtenidas mediante el banco de rodillos determinan que existe una clara pérdida de potencia y torque en el cambio de marchas y esto puede traducirse en una variación de la aceleración abrupta sobre todo en las pendientes, el motor tardará en revolucionar y llegar a su velocidad idónea debido a la conmutación electrónica producida por el módulo del motor eléctrico durante el cambio de marchas.

De acuerdo a este estudio dentro de la ruta interna de la UIDE el scooter permite realizar entre 11 y 12 viajes completos con un solo ocupante, mostrando una autonomía de 32.4

km, mientras que con dos ocupantes este valor se reduce entre 7 y 8 alcanzando una distancia de 22.4 km, lo que indica que con dos ocupantes la autonomía se reduce en un 30.8% , esto también dependiendo de las condiciones de manejo y variación de velocidad, por lo que se concluye que el vehículo es capaz de ascender pendientes fuertes de hasta 22.97 grados o 40.2% de elevación. Así también gracias a las pruebas de startability y gradeability, pruebas de capacidad de arranque y habilidad de ascenso en pendientes, realizadas en la UIDE se permitió identificar su adecuada capacidad de ascenso en pendientes lo que indica que cumple con todas las condiciones de ruta presentes.

RECOMENDACIONES

Durante los recorridos en la ruta interna de la UIDE con dos ocupantes se verificó que durante el ascenso, la batería cuando está a 2/5 de carga (40%), el motor no llega a las velocidades mínimas obtenidas cuando existe carga completa de la misma y tampoco obtiene la velocidad mínima en base a los cálculos, por lo que existe un sobreesfuerzo del motor, causando posibles sobrecalentamientos y daños prematuros del mismo, por lo que mediante este estudio se recomienda evitar el uso del scooter eléctrico en estas condiciones. Posterior a las constantes cargas y descargas se recomienda que la carga mínima de la batería del scooter tome dos horas y media esto con el objetivo de obtener el 60% de carga, mínima para el ascenso en pendientes incluso con dos ocupantes. Así mismo en condiciones ideales de manejo en rutas sin pendiente, se debe en lo posible mantener una velocidad constante y evitar recorrer caminos con irregularidades lo que puede desencadenar en una reducción de autonomía por sobreesfuerzo de motor y desgaste de batería y demás componentes de forma prematura, este valor también puede reducirse si se hace uso de consumidores como luces. Según la AEADE, el parque automotor en el Ecuador al 2021 consta de 2.7 millones de vehículos produciendo cerca de 386 toneladas por kilómetro de CO₂, este valor se reduce en cerca del 50 % si se emplea vehículos eléctricos o motos a gasolina y se reduce en un 75% si se emplea un scooter eléctrico, por tal motivo la recomendación del uso de scooters con energía eléctrica como medio de propulsión viene de la mano con la reducción de emisiones de gases contaminantes al medio ambiente, así como también lo obtenido en el estudio sobre el costo energético mensual por carga de USD 3.36 que es muy bajo comparado a los aproximadamente USD 35 a 40 mensuales que se pueden invertir en el combustible de una motocicleta a gasolina.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, F., & Ortega, J. (2020). *Estudio para la implementación del scooter eléctrico como sistema alternativo de movilidad vehicular en la ciudad de Cuenca*. Obtenido de dspace.ups.edu.ec: <https://bit.ly/3tKjJG2>
- ALIRADAR. (s.f.). *Mosfet controller for brushless bldc motor e bike, electric scooter*. Obtenido de <https://en.aliradar.com/item/32843178822-kunray-2000w-60v-dc-35a-15mosfet-controller-for-brushless-bldc-motor-e-bike-electric-scooter-bicycle-e-car-accessories-parts>
- Alonso, G. (s.f.). *Métodos de investigación de enfoque experimental*. Obtenido de <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>
- Amazon. (s.f.). *Motor eléctrico sin escobillas direct drive HUB 60V*. Obtenido de https://m.media-amazon.com/images/I/61riz3F5vbL._AC_SL1200_.jpg
- Aragón, E. (2018). *Scooters eléctricos, la solución más eficiente a la movilidad*. Obtenido de Movilidad eléctrica: <https://bit.ly/3sJcDkh>
- Asensio, G. (2011). *La pendiente del terreno*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/10776?locale-attribute=ca>
- Becerra, O. (2011). *Control de motor sin escobillas*. Obtenido de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3277/digital_21641.pdf?sequence=1
- Cadena, P., & Rendón, R. (2017). *Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación*. Obtenido de Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas - ISSN: 2007-0934: <https://bit.ly/3sMaPqP>
- Cenergia. (2018). *Moto scooter eléctrica vs moto a gasolina ¿Cuánto ahorran?* Obtenido de <https://cenergia.org.pe/blog/moto-scooter-electrica-convencional-gasolina-cuanto-ahorran/>
- Charles K. Alexander, M. N. (2013). Fundamentos de Circuitos Electricos. En M. N. Charles K. Alexander, *Fundamentos de Circuitos Electricos* (pág. 5). Mexico: Mc Graw Hill .
- cienciasfera. (2018). *Plano inclinado*. Obtenido de https://cienciasfera.com/materiales/fisicayquimica/fisicayquimica/tema19/14_plano_inclinado.html
- Comunidad de Madrid corporation . (2002). La electricidad El recorrido de la energía. En X. M. Joan Josep Escobar, *La electricidad El recorrido de la energía* (pág. 4). Madrid: E.i.S.E. Domènech, S.A.
- Daghero, M. (2019). *Proyecto Final - Scooter Eléctrico*. Obtenido de RIA - UTN: <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/3857>
- Dávalos, N. (2019). *Quito es la primera ciudad de Ecuador con 'scooters' de uso*. Obtenido de Primicias: <https://bit.ly/3fGVxk8>

- Domínguez, J. (2013). *Análisis de la viabilidad del vehículo eléctrico en una empresa de reparto de comida a domicilio*. Obtenido de Universidad Politécnica Cataluña - España: <https://bit.ly/32Ip4lM>
- eléctricas, A. (2021). *¿Por qué una moto eléctrica?* Obtenido de <https://www.armotoselectricas.com/caracteristicas>
- Eléctrico, B. (2018). *¿Cuánto cuesta recargar una moto eléctrica?* Obtenido de https://www.lomosamovilidad.com/novedades/index.php?pageNum_rsUltimas=2
- Electrika. (2016). *Manual de usuario bicicleta eléctrica KEIKO 500*. Obtenido de <https://fliphtml5.com/xajz/kgng/basic>
- ElUniverso. (21 de junio de 2021). *Ecuador, sexto en ranking de tarifas eléctricas residenciales, por debajo de Colombia y Perú*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/tarifas-electricas-de-ecuador-son-competitivas-segun-colegio-de-ingenieros-electricos-y-la-arc-nota/>
- Energicamotor. (2018). *¡Estos son los conceptos clave que hay que saber sobre las motocicletas eléctricas!* Obtenido de <https://www.energicamotor.com/es/electric-dummies-conceptos-clave-motocicletas-electricas/>
- Font, V. (Agosto de 2020). *Biblioteca del congreso nacional de Chile*. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/29102/1/BCN_Energia_renovable_y_no_renovable_ventajas_y_desventajas_final.pdf
- Fuentes, S. (2016). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la comercialización de bicicletas y scooter eléctricos en el Distrito Metropolitano de Quito y valles aledaños*. Obtenido de repositorio.uisrael.edu.ec: <https://bit.ly/3dxi4gT>
- Garpkbikes. (9 de Febrero de 2020). *Tipos de motores de bicicletas eléctricas más comunes*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=SVcNwdDQnfc>
- Helloauto. (2021). *Significado de autonomía*. Obtenido de <https://helloauto.com/glosario/autonomia>
- Henrik Persson, K. A. (2018). A commercial vehicle's startability. *KTH ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY*, 62.
- Hermógenes Gil Martínez. (2003). Manual del automovil reparación y mantenimiento . En Hermógenes Gil Martínez, *Manual del automovil reparación y mantenimiento* . Madrid : Madrid Edición cultural S.A.
- Hoffmann, C. (2016). Manual de motores electricos. En C. Hoffmann, *Manual de motores electricos* (pág. 5). Jaragua do sul - Brasil : WEG.
- Instituto tecnológico de Canarias . (Abril de 2008). *www.cienciacanaria.es*. Obtenido de www.cienciacanaria.es: <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>

- ISCN. (2021). *About ISCN*. Obtenido de <https://international-sustainable-campus-network.org/about-iscn/>
- Jácome, R. (2013). *Diseño, adaptación y conversión de una motocicleta de 100 CC. a gasolina en eléctrica*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6885>
- Jimbo, J. (15 de Febrero de 2015). *Universidad Politécnica Salesiana* . Obtenido de <file:///C:/Users/user/Downloads/UPS-CT004742.pdf>
- LemEV. (2014). *La fórmula "mágica" para la autonomía*. Obtenido de https://lemev.com/en_GB/index/comunidadver/id/71
- Martínez, A. (7 de enero de 2020). *Preparan normativa para uso de segwey, scooters, bicicletas y motocicletas eléctricas en Quito*. Obtenido de <https://www.metroecuador.com.ec/ec/noticias/2020/01/07/preparan-normativa-uso-segwey-scooters-bicicletas-motocicletas-electricas-quito.html>
- Mena, B. (2014). *Conversión de una moto de combustión interna a eléctrica con alimentación de energía solar y con carga de energía eléctrica*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8804/1/AC-ESPEL-MAI-0468.pdf>
- Morales, M. (2021). *Diseño virtual, análisis económico y desempeño de una electrolinera en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador*. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4814>
- Moreno, M. (2016). Vehículos Eléctricos. Historia, Estado Actual Y Retos. *European Scientific Journal*.
- MUVTER. (s.f.). *MUVTER blogs*. Obtenido de <https://muvter.com/blogs/muvter/historia-y-evolucion-del-scooter>
- ONU. (2021). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Planas, O. (7 de 10 de 2019). *Solar Net*. Obtenido de <https://solar-energia.net/electricidad/corriente-electrica>
- PREDICTIVA. (s.f.). *Costos operacionales: ¿Conoce usted el costo de conducción por kilometro de su vehículo?* Obtenido de <https://predictiva21.com/costo-conduccion-kilometro-vehiculo/>
- RentingFinders. (2020). *Glosario de términos: autonomía*. Obtenido de <https://rentingfinders.com/glosario/autonomia/>
- Rodríguez, O. (Diciembre de 2016). *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODO DE BRABB Y BRABB MODIFICADO, PARA FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA CUENCA DEL RÍO CHINAMBÍ DEL CANTÓN MIRA* ". Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8126/1/T-UCE-0012-2.pdf>

- Ruiz, R. (12 de Noviembre de 2014). *Metodología*. Obtenido de <http://felipesahagun.es/metodologia/>
- S.A, M. (2018). *Motor Brushless (sin escobillas), Características fundamentales*. Obtenido de <http://masteringenieros.com/wp-content/uploads/pdf/MI50N/-www-adsnt-recursos-masteringenieros-file-motor.pdf>
- Saavedra, L. (2019). *Diseño e implementación de un sistema para mejorar la autonomía de un scooter eléctrico en base a energía electromagnética*. Obtenido de [1library.co: https://bit.ly/31MQ4Ao](https://bit.ly/31MQ4Ao)
- Saenz. (2016). *Banco de rodillos para karting, motos y cuatriciclos*. Obtenido de <https://www.saenzdynos.com.ar/bco-rodillos-in-kart.php?lang=es>
- Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Obtenido de McGrawHill Education - Sexta Edición: <https://bit.ly/3woLrKN>
- Transporte, I. M. (2000). *La selección del tren motriz de vehículos pesados, considerando la capacidad de arranque y habilidad de ascenso en pendiente*. Obtenido de <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=150&IdBoletin=49>
- Universidad Nacional mayor de San Marcos. (2019). *Scribd*. Obtenido de file:///C:/Users/user/Downloads/scribful.com_motor-brushless.pdf
- Vásconez, L. (2021). *La demanda de escúteres y motos eléctricas aumenta en Quito*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/demanda-escuter-motos-electricas-quito-movilidad-motocicletas-negocios.html>
- Velazco, J. G. (2009). Energías Renovables. En J. G. Velazco, *Energías Renovables* (pág. 6). Barcelona: REVERTÉ.
- Vuille, S. (2012). Fundamentos de física. En S. Vuille, *Fundamentos de física* (pág. 124). Australia: CENGAGE Learning.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica entregada por fabricante



ESPECIFICACIONES:

- Modelo H21S (Para dos personas)
- Motor: 2000 W
- Autonomía: 50-60 km
- Batería: 60 v/ 20 Ah – Litio
- Torque máximo: 95 Nm - Velocidad normal 50km/h (velocidad máxima 70 km / h)
- Peso neto: 65 kg
- Capacidad máxima de carga: 200 kg
- Tamaño de llanta: 10 pulgadas
- Dimensiones: 1930 x 380 x 118 mm
- Altura de asiento: 65cm
- Frenó delantero y trasero: De disco
- Chasis metálico: 2 mm espesor
- Trasmisión: Posterior eléctrica
- Tiempo de carga: 6 horas (Carga completa)
- Angulo máximo de ascenso: 50°
- Velocímetro: Digital
- Asiento: Biplaza
- Suspensión: Delantera y posterior.
- Direccionales: Delanteros y traseros

INTRUCCIONES:

- Al momento de lavar el Scooter H21S se requiere solo de un trapo y un poco de agua, es muy importante NO usar hidrolavadora debido a que produce mucha presión la cual puede hacer que ingrese agua al Scooter
- El Scooter tiene un seguro el cual no permite que se pueda acelerar mientras se mantiene presionado el acelerador, esto es una medida de seguridad para evitar accidentes
- Para el mantenimiento del Scooter H21S se requiere mantener limpios los frenos los cuales se pueden limpiar con un poco de agua, siempre y cuando los frenos estén fríos debido a que si están calientes se pueden doblar
- Para el mantenimiento del Scooter H21S se requiere poner un poco de aceite (recomendamos WD-40) en los amortiguadores y todas las partes móviles
- Las pastillas de freno se deben cambiar después de recorrer alrededor de 8 000 Kilómetros
- La batería dura 50/60 Kilómetros dependiendo el manejo y la ruta, si es una ruta está llena de subidas y bajadas, la batería duraría menos debido a que en subidas y bajas se necesita más potencia la cual agota la batería
- Al momento de cargar la batería si la batería se encuentra en 0% se demora alrededor de 6 Horas para llegar a 100%, si la batería esta en 0% se demora alrededor de 2 horas para llegar a un 40% con lo cual se podría recorrer una buena distancia siempre y cuando no sea una conducción muy rápida
- El cargador tiene un sensor el cual hace que no permita pasar energía a la batería una vez esta cargada por completo, esto es para que si la dejan cargando toda la noche no haya problema alguno

Fig. 5.1. Ficha técnica e instrucciones de cuidados.

Fuente: Green Ride.

Anexo 2. Nueva guía de usuario

Guía de usuario

Scooter eléctrico H21S

Autores: Ricardo Mera, Johnny Veloz, Geovanny Jácome

Contenido

Introducción.....	103
Ficha técnica.....	103
Partes y ubicación.....	104
Antes de empezar a utilizar el scooter eléctrico	104
Presión y estado de llantas.....	104
Llaves y control de encendido.....	104
Aceleraciones inesperadas.....	105
Pantalla LED (indicador de funciones)	105
Controles de mando derecho	106
Controles de mando izquierdo.....	107
Recomendaciones para aceleración y frenado.....	107
Recarga de batería	108
Desempeño, autonomía y límites de uso	108
Instrucciones de mantenimiento y limpieza	108

Introducción

El objetivo de este manual de usuario es entregar información clara y precisa sobre el funcionamiento y mantenimiento adecuado de este scooter eléctrico H21S. Es necesario que sea leído de forma detenida cada uno de los incisos para lograr tener una experiencia de manejo adecuada y segura.

Ficha técnica

Tabla 21. Ficha técnica actualizada (ver original anexo 1).

Sistema de alimentación	Motor eléctrico sin escobillas
Potencia real motor eléctrico	1491 W
Transmisión	Posterior eléctrica
Autonomía	47 - 50 km
Batería	60 V/ 20 Ah – Litio
	Voltaje nominal: 60 V
	Voltaje máximo: 67 V
Torque máximo	10.1 Nm @1200 RPM
Velocidad normal promedio	40 km/h
Velocidad máxima	70 km/h
Tamaño de llanta	18 x 9.5 pulg
Dimensiones	1930 x 380 x 118 mm
Altura de asiento	65 cm
Tipo de asiento	Biplaza
Velocímetro	Digital
Frenos	Disco (delantero y posterior)
Chasis	Metálico 2 mm de espesor
Peso neto	65 kg
Capacidad máxima de carga	200 kg
Tiempo de carga	6 horas (Carga completa)

Fuente: Autores.

Partes y ubicación

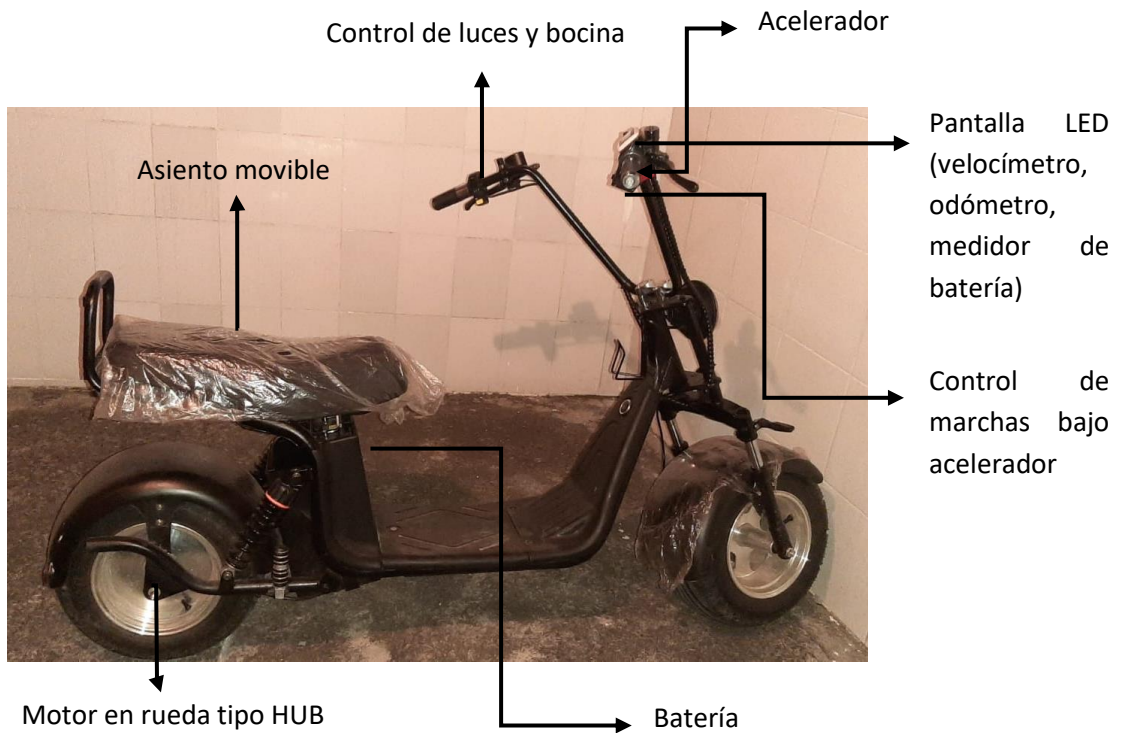


Fig. 5.2. Partes scooter eléctrico.
Fuente: Autores.

Antes de empezar a utilizar el scooter eléctrico

Presión y estado de llantas

Es importante verificar siempre cada vez que se va a usar la motocicleta verificar que exista una adecuada presión de al menos 22 PSI en las llantas y observar constantemente el desgaste de las mismas, ya que con un desgaste mayor pueden generar inconvenientes al momento de frenado.

Llaves y control de encendido

El scooter incluye dos llaves una que permite el acceso al módulo controlador del scooter y otro que permite elevar el asiento para sacar la batería en caso de ser necesario. Adicional contiene un control de encendido, con 4 botones que indican lo siguiente:



Fig. 5.3. Partes de control de encendido.
Fuente: Autores.

Aceleraciones inesperadas

El scooter cuenta con un seguro en el freno, es decir, si queremos acelerar mientras estén activado los frenos no podrá activarse el motor eléctrico y por lo tanto el scooter no podrá moverse. Así mismo es necesario controlar adecuadamente el acelerador ya que puede generar aceleraciones bruscas si no se tiene el control adecuado.

Pantalla LED (indicador de funciones)



Fig. 5.4. Funciones pantalla LED.
Fuente: Autores.

Tabla 22. Funciones de la pantalla LED.

Indicador	Descripción
1. Indicador de carga de batería	Indica el nivel de carga de la batería
2. Odómetro y velocímetro	Mientras el scooter se encuentra en movimiento indica la velocidad actual y una

	vez que está estático indica la distancia total recorrida
--	---

Fuente: Autores.

Controles de mando derecho



Fig. 5.5. Controles de mando derecho.

Fuente: Autores.

Tabla 23. Funciones de mando derecho.

Indicador	Descripción
1. Acelerador	Para ganar velocidad se debe girar el acelerador en el sentido inverso a las manecillas del reloj
2. Selector de marchas	Interruptor que permite el cambio de velocidades de acuerdo a las condiciones necesarias (en pendientes más pronunciadas recomendable usar primera marcha y cuando se requiera mayor velocidad segunda o tercera)

Fuente: Autores.

Controles de mando izquierdo

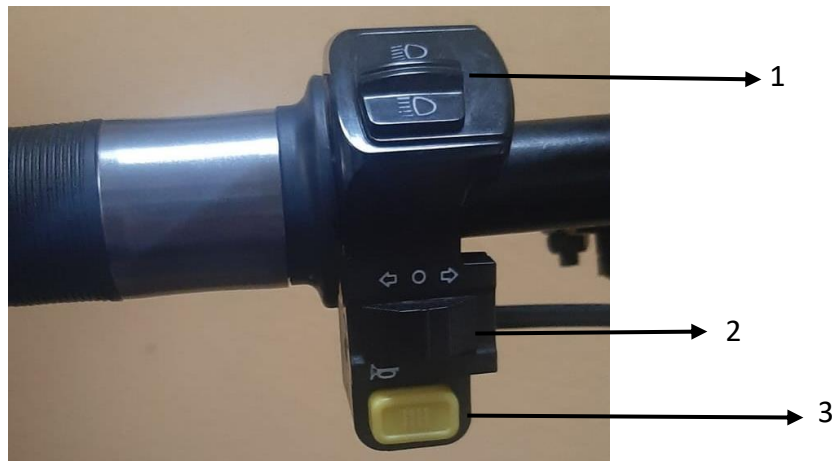


Fig. 5.6. Controles de mando izquierdo.
Fuente: Autores.

Tabla 24. Funciones de mando izquierdo.

Indicador	Descripción
1. Control de luz delantera	Enciende la luz delantera LED de alta luminosidad, hacia abajo OFF, hacia arriba ON
2. Control de direccionales	Switch para control de direccionales izquierda y derecha
3. Bocina	Pulsador de bocina

Fuente: Autores.

Recomendaciones para aceleración y frenado

- La autonomía máxima de la batería se alcanza únicamente en condiciones de terreno plano y con un solo ocupante (aproximadamente 78 kg) así como también con una presión adecuada de las llantas (22 PSI) a una velocidad constante de 30 km/h.
- En caso de ascender pendientes fuertes (entre 16 a 25 grados) con dos ocupantes, procurar que la batería esté cargada completamente e ir con velocidad constante (mínimo 25 km/h), si la batería está en la mitad de su carga el scooter no podrá ascender la pendiente, evitar acelerar innecesariamente ya que se está sobre esforzando y sobrecalentando al motor eléctrico lo que a la larga va a ir reduciendo su vida útil.
- Evitar ascender pendientes fuertes (mayores a 25 grados) con la batería en menos de la mitad de su carga ya que esto también puede generar un sobreesfuerzo en el

motor eléctrico que impedirá que el scooter pueda ascender a velocidad constante correctamente.

- Al momento de desacelerar se debe realizar un frenado progresivo y no a raya, frenazos constantes innecesarios pueden reducir la vida útil de las pastillas de freno.

Recarga de batería

1. Desconectar el cable de alta tensión que va conectado hacia la batería.
2. Conectar el cargador a un tomacorriente de 110 voltios.
3. Conectar el enchufe de salida del cargador en el conector de la batería.
4. Se encenderá una luz roja en el cargador indicando que se encuentra en proceso de carga que tomará aproximadamente 6 horas y media en caso de que se haya terminado por completo la energía de la batería.
5. Es necesario que durante la carga no se intente encender la moto con el control o mucho menos tratar de acelerar.
6. Una vez cargado en el cargador se encenderá una luz color verde cortando el paso de energía hacia la batería.
7. Finalmente desconectar el cargador del enchufe y del conector de la batería.

Desempeño, autonomía y límites de uso

- Una conducción normal y adecuada a velocidad constante de 30 a 40 km/h en terrenos planos puede entregar una autonomía entre los 47 y 50 km, estos valores pueden ir variando en cuanto al número de ocupantes, cargas adicionales, condiciones de terreno irregulares, presión de llantas, así como también el uso de consumidores.
- Si va a realizar viajes donde existan varias pendientes moderadas, la autonomía puede verse reducida en cerca del 32 %, por lo que es necesario tomar en cuenta la distancia a recorrer previamente y verificar si en el trayecto existen estaciones de carga, sin embargo, no es recomendable recorrer distancias si van más allá de los 50 km.

- Evitar el uso del scooter con una o ninguna barra de carga de la batería (0-20%), el uso excesivo y sobreesfuerzo del motor eléctrico puede dañar prematuramente los componentes, así mismo en estas condiciones evitar el uso de consumidores

Instrucciones de mantenimiento y limpieza

- Es necesario que siempre se verifique el estado de la suspensión y se realice el ajuste correcto de tuercas y pernos en caso de ser necesario.
- Reemplazar cada 10000 km las pastillas de freno delanteras y posteriores.
- Es necesario tomar en cuenta que el scooter puede ser empleado en cualquier condición climática incluso en lluvia, sin embargo, es necesario que durante su limpieza se evita a toda costa el uso de hidro lavadoras o cualquier sistema que suministre agua a alta presión ya que puede dañar cables, así como permitir el ingreso de agua hacia el módulo y la batería, en su lugar será necesario emplear trapos húmedos en las zonas sucias.

Anexo 3. Normativa de recorrido planteada para ruta interna UIDE

Una vez analizados todos los datos obtenidos en ruta se ha planteado una normativa que permita aprovechar al máximo y de manera correcta el uso del scooter eléctrico dentro de la Universidad Internacional del Ecuador, así podemos mencionar:

- Uso de casco en todo momento dentro de las instalaciones para cada uno de los ocupantes.
- Evitar ascender con uno o dos ocupantes en caso de que la batería se encuentre con una o ninguna línea de carga.
- Evitar ascender con dos ocupantes en caso de que la batería se encuentre con dos líneas de carga, el vehículo no ascenderá la pendiente.
- Evitar ascender o descender con más de dos ocupantes
- Mantener una velocidad máxima en ascenso y descenso de 40 km/h.

Anexo 4. Toma de datos en pruebas de ruta



Fig. 5.7. Voltaje máximo posterior a carga completa.
Fuente: Autores.



Fig. 5.8. Amperaje máximo posterior a carga completa.
Fuente: Autores.

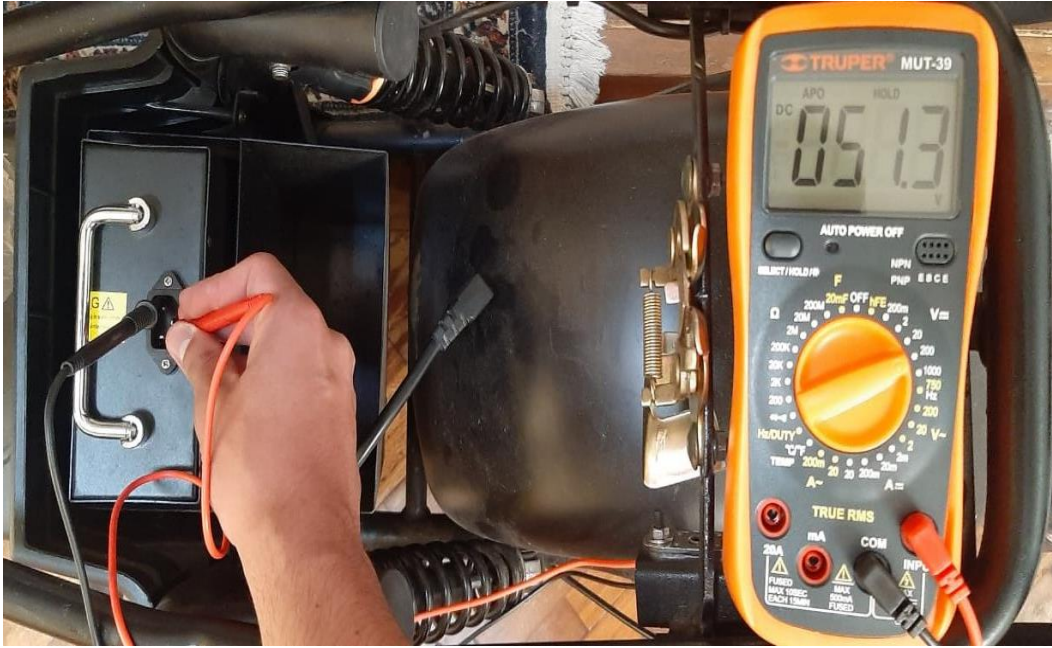


Fig. 5.9. Voltaje posterior a prueba Ruta La Carolina (1 ocupante).
Fuente: Autores.



Fig. 5.10. Amperaje posterior a prueba Ruta La Carolina (1 ocupante).
Fuente: Autores.



Fig. 5.11. Voltaje posterior a prueba La Carolina (2 ocupantes).
Fuente: Autores.



Fig. 5.12. Amperaje posterior a prueba Ruta La Carolina (2 ocupantes).
Fuente: Autores.



Fig. 5.13. Voltaje posterior a prueba de ruta UIDE (1 ocupante).
Fuente: Autores.



Fig. 5.14. Amperaje posterior a prueba de ruta UIDE (1 ocupante).
Fuente: Autores.

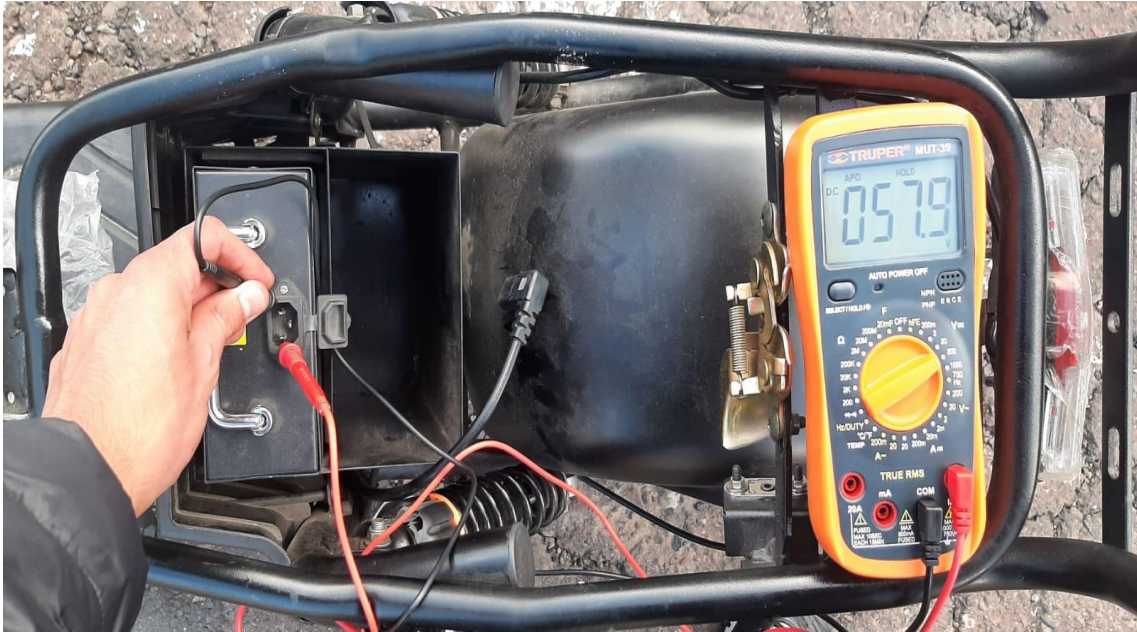


Fig. 5.15. Voltaje posterior a prueba Ruta UIDE (2 ocupantes).
Fuente: Autores.



Fig. 5.16. Amperaje posterior a prueba de ruta UIDE (2 ocupantes).
Fuente: Autores.



Fig. 5.17. Odómetro digital marcando distancia recorrida ruta La Carolina (1 ocupante).
Fuente: Autores.



Fig. 5.18. Prueba Ruta UIDE.
Fuente: Autores.



Fig. 5.19. Prueba Ruta La Carolina.
Fuente: Autores.

Anexo 5. Levantamiento de información topográfica ruta alterna UIDE

Este estudio pertenece al levantamiento topográfico de una ruta alterna existente desde la facultad de Ingeniería automotriz que puede ser empleado a futuro para posteriores investigaciones. El motivo por el cual esta ruta no fue tomada como ruta principal de investigación es debido a que la misma es propiedad privada y podría generar inconvenientes para los propietarios en caso de que se implementase un sistema de transporte mediante scooter por esta ruta. Sin embargo, el objetivo principal de esta investigación fue también obtener información sobre los diferentes ángulos de inclinación de las pendientes, así como conocer la distancia que el scooter debe recorrer en la ruta, por lo que se procedió a realizar el levantamiento topográfico mediante el empleo de diferentes equipos que permiten realizar tal medición.

Para iniciar con la medición fue necesario tomar el punto inicial de salida desde el parqueadero de profesores de la Facultad de Ingeniería Automotriz siguiendo una ruta alterna por la cuesta del parqueadero de Ingeniería Automotriz hasta llegar a la parte trasera de edificio de aulas y tomar el punto final en el parqueadero de motos en la entrada de edificio de aulas. Se consideró esta ruta debido a que es más segura para el usuario y en la misma no existe circulación de vehículos que puedan afectar la integridad de los usuarios.

Metodología e instrumentos empleados

Para la obtención de los grados de pendiente del área de estudio, se dividió el trabajo en 3 fases: gabinete, campo y análisis de datos. En la fase de gabinete se revisó la información general respecto al área de interés como su ubicación, elementos alrededor, visibilidad, tiempo atmosférico y accesibilidad. Además, se buscó información en bases de datos geográficos para la geo-referencia de los datos.

Durante el trabajo de campo se utilizaron varias herramientas como la estación total marca Kolida, que permite obtener y almacenar información obtenida en campo, se ocupó un prisma y un bastón que permite captar el láser permitiendo que, al ser observado por la estación total, éste rebote de regreso al aparato y obtener los datos, por último, un trípode que sirve para nivelar la estación de forma horizontal y mantenerla firme durante todo el proceso de campo. Con estas herramientas se realizó el levantamiento topográfico, que constó en la toma de 109 puntos durante toda la extensión de la vía y duró alrededor de 4 horas.

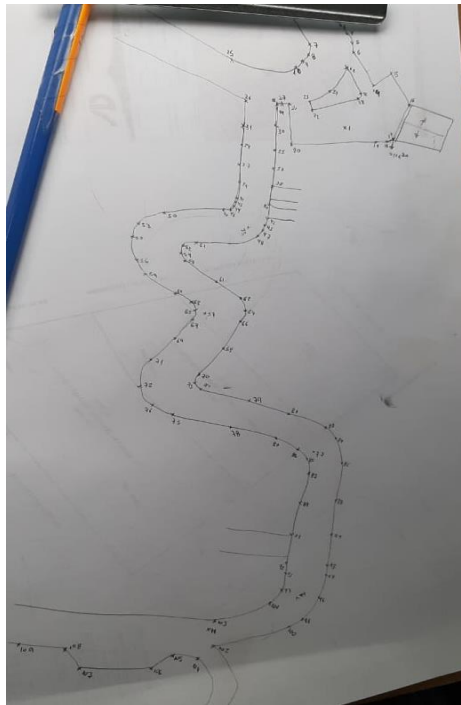


Fig. 5.20. Trazado a lápiz de puntos a lo largo de la ruta.
Fuente: (Oña, 2021).

Posterior a las fases antes mencionadas, se analizaron los datos obtenidos en 2 programas, el primero AutoCAD, que permitió una revisión breve sobre los datos y el segundo fue ArcGIS. Utilizando este programa se obtiene información en latitud (y) y longitud (x) que permite ubicar espacialmente los puntos, además se obtiene la altura (z), este dato es más relevante que los anteriores ya que, mediante geo procesos se obtiene los grados de pendiente respecto al área de trabajo. Para la clasificación de las pendientes, se tomó en cuenta los rangos que muestra (Van Zuidam, 1986) como se observa en el siguiente cuadro:

Tabla 1. Clasificación de pendientes según Van Zuidam, 1986.

Tipo	Descripción (°)	Descripción (%)
Planicie	0-2	0-2
Pendiente muy baja	2-4	2-7
Pendiente baja	4-8	7-15
Pendiente moderada	8-16	15-30
Pendiente fuerte	16-35	30-70
Pendiente muy fuerte	35-55	70-140
Pendiente extremadamente fuerte	>55	>140

Fuente: (Martínez, 2020)

Análisis de pendiente de ruta

Obtener el mapa detallado de la pendiente de ruta de recorrido permitió identificar adecuadamente la distancia total de recorrido y los ángulos de inclinación a los que se va a someter al scooter. En el mapa se puede visualizar cuatro distintos colores que detallan el tipo de pendiente existente en ese tramo, de color verde oscuro están los tramos con planicie o con un ángulo de inclinación de entre 0 y 2 grados; de color verde claro, los tramos con pendiente baja de entre 4 y 8 grados; de color naranja las pendientes moderadas de entre 8 y 16 grados; y de color rojo pendientes fuertes de entre 16 y 35 grados de inclinación, en este último existe un mayor ángulo de inclinación y es en donde se va a poner a prueba la potencia del motor eléctrico del scooter eléctrico.

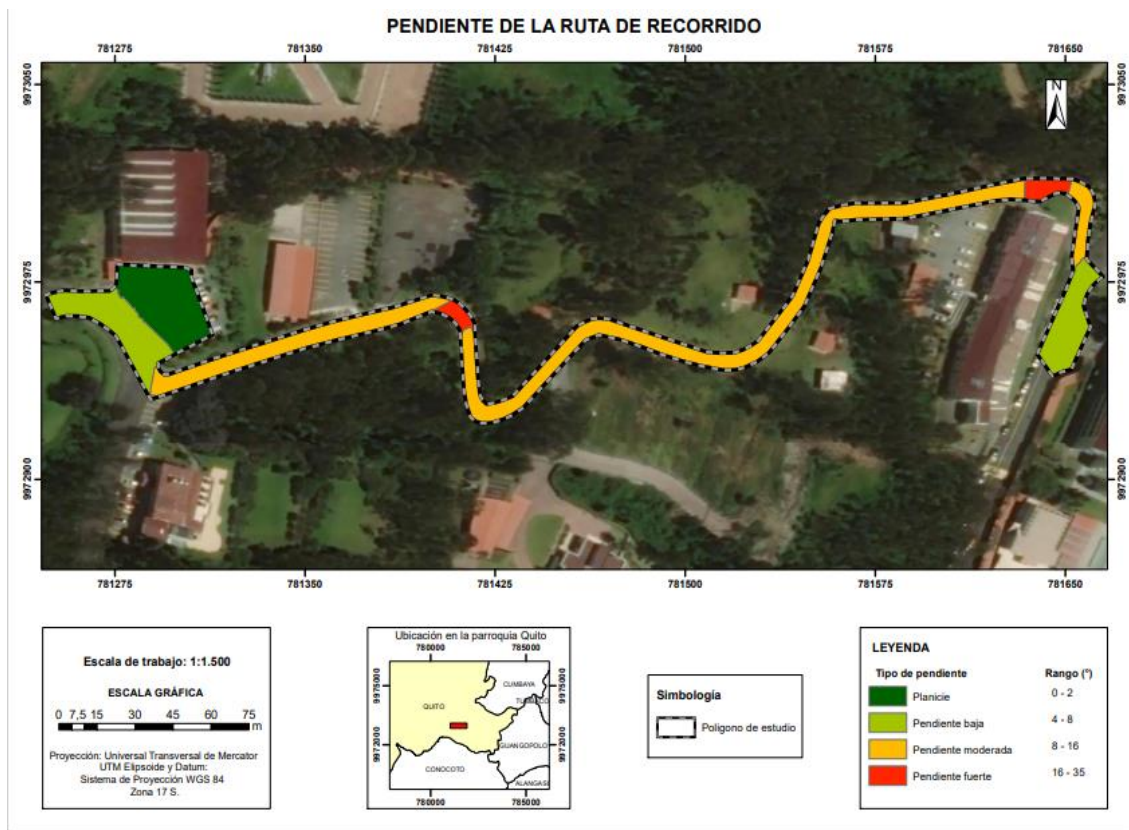


Fig. 5.21. Mapa de pendiente de ruta de recorrido en ArcGIS.

Fuente: (Oña, 2021).

Así mismo mediante el empleo de ArcGIS, se pudo trazar la vista en 3D de la ruta de recorrido, en la figura 3 se puede identificar el ascenso de la pendiente desde el parqueadero de motos en el edificio de aulas en la parte posterior hasta llegar al parqueadero de profesores de la Facultad de Ingeniería automotriz. Esta perspectiva permite visualizar de forma detallada las distintas variaciones de ángulos de inclinación

en las pendientes. Así también se debe considerar, que estos puntos de salida fueron analizados en base a la afluencia de estudiantes, así como también tomando en cuenta la seguridad de los usuarios.

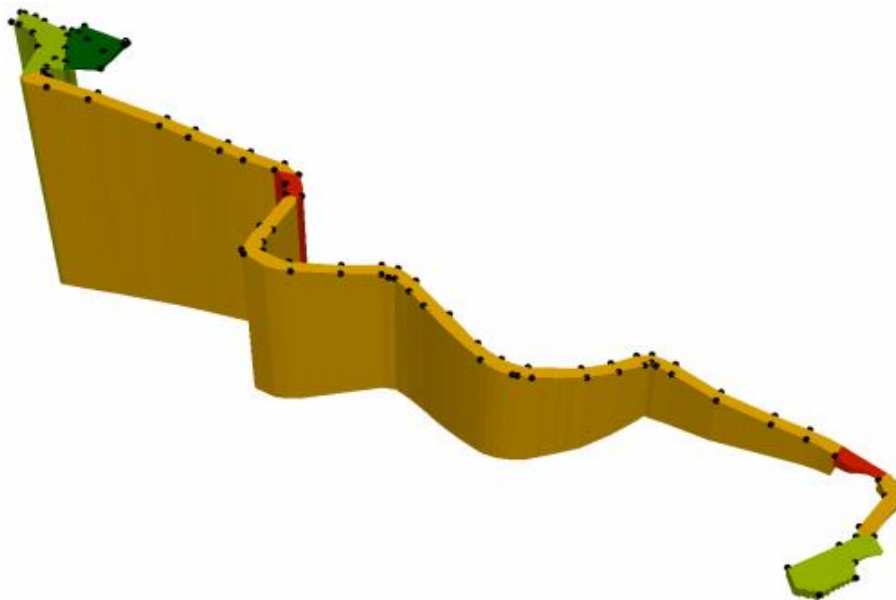


Fig. 5.22. Vista en 3D de la pendiente de ruta de recorrido en ArcGIS.
Fuente: (Oña, 2021).

Análisis de datos de pendiente

Una vez verificado el mapa a breves rasgos, se procede a analizar los datos obtenidos del mismo. Del trabajo de campo se obtuvieron datos de la distancia de ruta total y variaciones de ángulos de inclinación desde el punto superior al inferior, que son parqueadero de la Facultad de Ingeniería Automotriz y parqueadero de motos en la entrada de Edificio de aulas respectivamente. En la Tabla 2 podemos verificar que todo el tramo de la ruta fue dividido dentro de cuatro rangos para su mejor identificación, la mayor distancia corresponde a diferentes pendientes moderadas presentes en la ruta que oscilan entre los ocho y dieciséis grados, sin embargo, es de vital importancia hacer énfasis en los rangos que van entre los dieciséis y treinta y cinco grados que corresponden a pendientes fuertes.

Tabla 25. Detalle de longitud de pendientes en base a su rango en grados.

Rango en grados	Tipo	Longitud (m)	Área (m ²)
0-2	Planicie	8.2	806.09

4-8	Pendiente baja	55.0	1201.36
8-16	Pendiente moderada	442.7	2838.82
16-35	Pendiente fuerte	32.3	223.67

Fuente: (Oña, 2021).

Según lo especificado en la Tabla 3 adicional de la distancia total de ruta de recorrido, se indica el mayor ángulo de inclinación presente en ciertos tramos de curvas especialmente, y los menores ángulos de inclinación están presentes en los puntos de partida. Así mismo también se especifica el área total de la ruta. Tales datos son importantes para considerar la potencia y torque del motor eléctrico, peso total de la bicicleta y la variación de velocidad al recorrer distintos tipos de pendiente a lo largo del recorrido.

Tabla 26. Datos generales de levantamiento de información topográfica.

Detalle	Valor
Distancia total de ruta	538.3 m
Mayor ángulo de inclinación	28 grados
Menor ángulo de inclinación	2 grados
Área total	5069.64 m ²

Fuente: Autores.



Fig. 5.23. Toma de datos de ruta estación KOLIDA.
Fuente: Autores.



Fig. 5.24. Toma de datos con ojo de pollo.
Fuente: Autores.



Fig. 5.25. Toma de datos ojo de pollo 2.
Fuente: Autores.



Fig. 5.26. Toma de datos ojo de pollo 3.
Fuente: Autores.



Fig. 5.27. Toma de datos vista desde estación KOLIDA.
Fuente: Autores.

Anexo 6. Toma de datos de pruebas estáticas en dinamómetro de rodillos inercial



Fig. 6.1. Placa dinamómetro de rodillos.
Fuente: Autores.



Fig. 6.2. Sujeción de scooter e iniciación de sistema.
Fuente: Autores.



Fig. 6.3. Puesta a prueba estática.
Fuente: Autores.



Fig. 6.4. Puesta a prueba estática 2.
Fuente: Autores.



Fig. 6.5. Velocidad máxima obtenida según velocímetro.
Fuente: Autores.

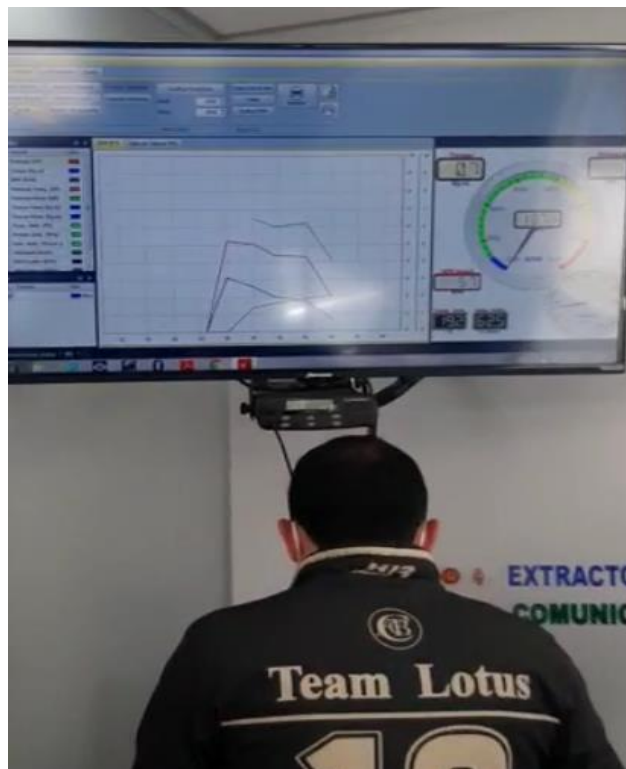


Fig. 6.6. Curvas características obtenidas en fase de prueba.
Fuente: Autores.