



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PATINETE ELÉCTRICO DE  
MONTAÑA PARA LA MOVILIDAD CONVENIENTE A LA  
TOPOGRAFÍA DE LA CIUDAD DE AMBATO**

**Trabajo de integración curricular**

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTOR:**

**MICKAEL STEEVEN GARCÉS FIALLOS**

Riobamba- Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PATINETE ELÉCTRICO DE  
MONTAÑA PARA LA MOVILIDAD CONVENIENTE A LA  
TOPOGRAFÍA DE LA CIUDAD DE AMBATO**

**Trabajo de integración curricular**

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTOR: MICKAEL STEEVEN GARCÉS FIALLOS**

**DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS ROCHA HOYOS**

Riobamba- Ecuador

2022

**©2022, Mickael Steeven Garcés Fiallos**

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

Yo, Mickael Steeven Garcés Fiallos, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citadas y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de marzo de 2022



**Mickael Steeven Garcés Fiallos**

**180504184-3**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto De Investigación, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PATINETE ELÉCTRICO DE MONTAÑA PARA LA MOVILIDAD CONVENIENTE A LA TOPOGRAFÍA DE LA CIUDAD DE AMBATO**, realizado por la señor: **MICKAEL STEEVEN GARCÉS FIALLOS** , ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud del Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso M.Sc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>JUAN CARLOS CASTELO VALDIVIESO</b>	2022-03-15
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos M.Sc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	<b>JUAN CARLOS ROCHA</b> DN: cn=JUAN CARLOS ROCHA, o=Ecuador, ou=EC ou=ESCUELA POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, ou=MECANICA, e=juan.rocha@espoeh.edu.ec Motivo: Soy el autor de este documento	2022-03-15
Ing. Rodrigo Rigoberto Moreno Pallares <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	<b>RODRIGO RIGOBERTO MORENO PALLARES</b> Firmado digitalmente por RODRIGO RIGOBERTO MORENO PALLARES Fecha: 2022.04.21 11:54:03 -05'00'	2022-03-15

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico a Dios por darme la oportunidad de seguir viviendo en estos momentos críticos de pandemia, por siempre guiarme e iluminarme en el camino permitiéndome cumplir mis metas. A mis padres que han sido un pilar fundamental en mi vida porque siempre me han apoyado en todas las decisiones que tomo posibilitándome ser un profesional.

A mi novia por su apoyo y amor incondicional en toda esta etapa porque siempre ha estado a mi lado alentándome para alcanzar una meta más de mi vida.

A mi hermana por su apoyo y confianza que ha permitido no darme por vencido y siempre luchar por mis metas.

A mi familia que de una u otra manera me han brindado apoyo para alcanzar mis metas. A todos ellos les debo mis logros y mis metas alcanzadas.

**Mickael Steeven Garcés Fiallos**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de estar en este mundo, por brindarme tantas alegrías y logros en el transcurso de mi vida, por regalarme una familia que me cuida y me protege, por darme la sabiduría y fortaleza para enfrentar los obstáculos que he atravesado.

A mis padres Miguel Ángel Garcés y Laura Anabel Fiallos quienes me han sabido formar en una persona de bien y han respaldado en cada decisión que he tomado. Me han apoyado siempre en mis metas y han estado incondicionalmente junto a mí concediéndome todo lo que me haga falta para cumplir todos mis sueños.

A mi novia Angélica Alvarado que siempre ha estado en los mejores y peores momentos de mi vida apoyándome, brindándome cariño y aleándome a salir adelante. Le agradezco por ayudarme y apoyarme en tomar las mejores decisiones para cumplir mis metas.

A mi hermana Romina Garcés por siempre estar apoyándome en mis estudios y alentándome a salir adelante a pesar de las adversidades, a mi familia que siempre han estado dándome un consejo y brindándome su apoyo para culminar una etapa más en mi vida.

Un agradecimiento imperecedero a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - ESPOCH por brindarme la oportunidad de desarrollar temas de investigación, también agradecemos la colaboración prestada a los ingenieros Juan Carlos Rocha y Rodrigo Rigoberto Moreno por la orientación de este proyecto, y a todas aquellas personas que, de una u otra manera, colaboraron en la realización de esta investigación.

**Mickael Steeven Garcés Fiallos**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN .....	xx
SUMMARY .....	xxi
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....	4
1.1	Antecedentes .....	4
1.1.1	<i>Movilidad Sostenible</i> .....	4
1.1.2	<i>Movilidad Eléctrica</i> .....	5
1.1.3	<i>Vehículos De Movilidad Personal</i> .....	5
1.1.4	<i>Patinete eléctrico</i> .....	6
1.1.4.1	<i>Ventajas sobre otros modelos de la familia de patinetes</i> .....	7
1.1.4.2	<i>¿Por qué utilizar un patinete eléctrico?</i> .....	7
1.1.5	<i>Matriz Comparativa</i> .....	9
1.1.6	<i>Scooter Eléctrico Vs Moto Eléctrica</i> .....	10
1.1.7	<i>Ventajas y Desventajas Del Scooter Eléctrico Vs Moto Eléctrica</i> .....	10
1.1.8	<i>Scooter Eléctrico Vs Bicicleta Tradicional</i> .....	11
1.1.9	<i>Eficiencia y Sostenibilidad</i> .....	12
1.1.10	<i>Categorías De Vehículos Eléctricos:</i> .....	12
1.1.11	<i>Motores Eléctricos</i> .....	13

1.1.11.1	<i>Motor De Excitación En Serie</i> .....	14
1.1.11.2	<i>Motor Shunt o Paralelo</i> .....	14
1.1.11.3	<i>Motor Compound</i> .....	15
1.1.11.4	<i>Motores De Imán Permanente</i> .....	15
1.1.11.5	<i>Motor Brushless</i> .....	15
1.1.12	<b>Controladores</b> .....	16
1.1.12.1	<i>Controlador multiswitching</i> .....	17
1.1.12.2	<i>Controladores de estado sólido</i> .....	17
1.1.12.3	<i>Controladores electrónicos modernos</i> .....	18
1.1.13	<b>Baterías</b> .....	18
1.2	<b>Planteamiento del problema</b> .....	19
1.3	<b>Justificación</b> .....	20
1.4	<b>Objetivos</b> .....	21
1.4.1	<i>Objetivo General</i> .....	21
1.4.2	<i>Objetivos Específicos</i> .....	21
1.5	<b>Esquema del diseño teórico de la investigación</b> .....	21
1.6	<b>Estado del arte</b> .....	23
1.6.1	<i>Optimización del chasis</i> .....	23
1.6.2	<i>Modulación vectorial espacial</i> .....	23
1.6.3	<i>Scooter eléctrico portable</i> .....	24
1.6.4	<i>Simulación del tren motriz</i> .....	25
1.6.5	<i>Modelo estocástico para las baterías del scooter</i> .....	26
1.6.6	<i>Scooters eléctricos sin sensores</i> .....	26
1.6.7	<i>Análisis del bastidor del patinete eléctrico</i> .....	27
1.6.8	<i>Simulación mediante software CAE</i> .....	28
1.6.9	<i>Cargadores inalámbricos para patinetes eléctricos</i> .....	29
1.6.10	<i>Control de Tracción para scooter eléctrico</i> .....	29
1.6.11	<i>Potencia del motor</i> .....	30

1.6.12	<i>Frenado regenerativo</i> .....	31
1.6.13	<i>Optimización y eficiencia</i> .....	32
1.6.14	<i>Modos de vibración del estator y el rotor</i> .....	32
1.6.15	<i>Análisis estático y estudio ergonómico</i> .....	33
1.6.16	<i>Movilidad compartida</i> .....	34
1.6.17	<i>Mejoras al diseño de un scooter eléctrico</i> .....	35
1.6.18	<i>Scooter eléctrico para personas discapacitadas</i> .....	35
1.6.19	<i>Motor Hub</i> .....	36
1.6.20	<i>Engranajes rectos</i> .....	37

## CAPITULO II.- MARCO METODOLÓGICO

2	<b>MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	38
2.1	<b>Método Inductivo-Deductivo</b> .....	38
2.2	<b>Métodos Científicos</b> .....	39
2.2.1	<i>Métodos Empíricos</i> .....	39
2.3	<b>Metodología</b> .....	40
2.3.1	<i>Metodología Cuantitativa</i> .....	40
2.4	<b>Diagrama de flujo del marco metodológico</b> .....	41
2.5	<b>Análisis conceptual</b> .....	42
2.6	<b>Especificaciones técnicas</b> .....	44
2.7	<b>Diseños de prototipos</b> .....	45
2.8	<b>Selección del material</b> .....	45
2.8.1	<i>Acero aleado fundido</i> .....	45
2.8.2	<i>Acero galvanizado</i> .....	46
2.8.3	<i>Aleación de aluminio 1060</i> .....	47
2.9	<b>Análisis de elementos finitos</b> .....	48
2.10	<b>Análisis Estructural del Chasis</b> .....	49

2.10.1	<i>Mallado</i> .....	50
2.10.2	<i>Análisis de tensiones y deformaciones</i> .....	51
2.10.2.1	<i>Límite de fluencia.</i> .....	51
2.10.2.2	<i>Resistencia última</i> .....	51
2.10.2.3	<i>Factor de seguridad</i> .....	51
2.10.2.4	<i>Cargas estáticas</i> .....	51
2.11	<b>Selección del prototipo a fabricar</b> .....	52
2.12	<b>Selección de los componentes del prototipo</b> .....	52
2.12.1	<i>Motor Eléctrico</i> .....	53
2.12.2	<i>Controlador del motor</i> .....	56
2.12.3	<i>Batería (unidad de alimentación)</i> .....	57
2.12.4	<i>Acelerador</i> .....	58
2.12.5	<i>Horquilla de suspensión</i> .....	59
2.12.6	<i>Rueda delantera</i> .....	59
2.13	<b>Construcción del prototipo seleccionado.</b> .....	60
2.14	<b>Instrumentos de medición</b> .....	61
2.14.1	<i>Pantalla LCD SW900</i> .....	61
2.14.2	<i>Indicador de voltaje y amperaje</i> .....	62
2.14.3	<i>Aplicación Strava</i> .....	63
2.14.4	<i>Aplicación Relieve</i> .....	63
2.15	<b>Medición de autonomía de batería</b> .....	64
2.15.1	<i>Ruta Atocha-Universidad Católica</i> .....	64
2.16	<b>Análisis del desempeño en topografías exigentes</b> .....	66
2.16.1	<i>Ruta Mayorista-Ficoa</i> .....	66
2.17	<b>Prueba frente a otro patinete existente en el mercado</b> .....	67
2.17.1	<i>Scooter eléctrico</i> .....	67
2.17.2	<i>Ruta Mayorista-Pelileo</i> .....	68
2.18	<b>Análisis al patinete como una solución a la congestión vehicular</b> .....	69

2.18.1	<i>División Política</i> .....	69
2.18.2	<i>Nivel de Saturación Vehicular</i> .....	69
2.18.3	<i>Ruta GADMA-Terminal</i> .....	70
2.19	<b>Análisis de simulaciones comparativo.</b> ....	72
2.20	<b>Análisis de datos de ruta estadístico.</b> ....	72
2.21	<b>Análisis del desempeño y prestaciones del patinete.</b> ....	74
2.22	<b>Comparación con otro vehículo de movilidad personal</b> .....	75

### **CAPÍTULO III. - RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>76</b>
<b>3.1</b>	<b>Selección del prototipo</b> .....	<b>76</b>
<b>3.1.1</b>	<i>Prototipo 1</i> .....	<b>76</b>
<b>3.1.2</b>	<i>Prototipo 2</i> .....	<b>76</b>
<b>3.1.3</b>	<i>Prototipo 3</i> .....	<b>77</b>
<b>3.2</b>	<b>Resultados simulación</b> .....	<b>78</b>
<b>3.2.1</b>	<i>Simulación del Prototipo 1</i> .....	<b>78</b>
<b>3.2.2</b>	<i>Simulación del Prototipo 2</i> .....	<b>82</b>
<b>3.2.3</b>	<i>Simulación del prototipo 3</i> .....	<b>83</b>
<b>3.3</b>	<b>Comparación de resultados de simulación</b> .....	<b>83</b>
<b>3.3.1</b>	<i>Comparación de tensión máxima</i> .....	<b>83</b>
<b>3.3.2</b>	<i>Comparación desplazamiento máximo</i> .....	<b>84</b>
<b>3.3.3</b>	<i>Comparación deformación máxima</i> .....	<b>85</b>
<b>3.3.4</b>	<i>Comparación del factor de seguridad</i> .....	<b>86</b>
<b>3.3.5</b>	<i>Discusión de resultados de simulación</i> .....	<b>87</b>
<b>3.4</b>	<b>Selección del motor</b> .....	<b>88</b>
<b>3.5</b>	<b>Selección del controlador</b> .....	<b>92</b>
<b>3.6</b>	<b>Selección de batería</b> .....	<b>93</b>

3.7	Construcción del prototipo seleccionado.....	93
3.8	Autonomía .....	94
3.9	Datos obtenidos de la Ruta Atocha-Universidad Católica .....	94
3.10	Datos obtenidos de la Ruta GADMA-Terminal.....	95
3.11	Datos obtenidos de la Ruta Mayorista-Ficoa .....	96
3.12	Datos Obtenidos Ruta Mayorista-Pelileo .....	97
3.13	Análisis estadístico de las pruebas de ruta .....	99
3.13.1	<i>Análisis de Velocidad Promedia</i> .....	99
3.13.2	<i>Análisis de Velocidad Máxima</i> .....	100
3.13.3	<i>Análisis de Duración del manejo</i> .....	101
3.13.4	<i>Análisis de cantidad detenciones</i> .....	102
3.13.5	<i>Análisis de distancia recorrida</i> .....	103
3.13.6	<i>Análisis de porcentaje de batería</i> .....	104
3.14	Comparación de patinetes .....	106
3.14.1	<i>Comparación de velocidad media</i> .....	106
3.14.2	<i>Comparación velocidad máxima</i> .....	106
3.14.3	<i>Comparación de la duración de manejo</i> .....	107
3.14.4	<i>Comparación de cantidad de detenciones</i> .....	108
3.14.5	<i>Comparación de distancia recorrida</i> .....	108
3.14.6	<i>Comparación del porcentaje de batería</i> .....	109
CONCLUSIONES.....		111
RECOMENDACIONES.....		112
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Características de los Scooter Eléctricos.....	9
<b>Tabla 2-1:</b> Características secundarias de los vehículos eléctricos tipo scooter.....	10
<b>Tabla 3-1:</b> Categorías de vehículos eléctricos .....	12
<b>Tabla 4-1:</b> Resultados del análisis de elementos finitos .....	23
<b>Tabla 5-1:</b> Variación de la corriente de la batería, la potencia de la batería y el SOC en una trayectoria diferente. ....	24
<b>Tabla 6-1:</b> Especificaciones de scooter eléctrico de 4 ruedas.....	24
<b>Tabla 7-1:</b> Resultados de la potencia del motor en diferentes rangos de velocidades.....	31
<b>Tabla 8-1:</b> Las especificaciones del scooter eléctrico "FORTUNE 200e" .....	35
<b>Tabla 9-1:</b> Comparación entre el prototipo y el accionamiento estándar E-max .....	37
<b>Tabla 1-2:</b> Medidas antropométricas .....	43
<b>Tabla 2-2:</b> Especificaciones técnicas L1e.....	44
<b>Tabla 3-2:</b> Propiedades del acero aleado fundido.....	46
<b>Tabla 4-2:</b> Propiedades Mecánicas Acero Galvanizado .....	46
<b>Tabla 5-2:</b> Propiedades Mecánicas Aleación de aluminio 1060 .....	47
<b>Tabla 6-2:</b> Matriz comparativa de motores eléctricos.....	55
<b>Tabla 7-2:</b> Especificaciones del motor brushless.....	55
<b>Tabla 8-2:</b> Especificaciones de la batería de Litio.....	57
<b>Tabla 9-2:</b> Funciones de la pantalla LCD SW9000 .....	61
<b>Tabla 10-2:</b> Formato de tabla para registrar los datos de cada ruta.....	67
<b>Tabla 11-2:</b> Formato de tabla para registrar los datos de cada ruta.....	72
<b>Tabla 1-3:</b> Resultados de la simulación del Prototipo 1 .....	78
<b>Tabla 2-3:</b> Resultados gráficos de la simulación del Prototipo 1 .....	78
<b>Tabla 3-3:</b> Resultados de la simulación del Prototipo 2 .....	82
<b>Tabla 4-3:</b> Resultados de la simulación del prototipo 3.....	83
<b>Tabla 5-3:</b> Comparación de tensión máxima.....	84

<b>Tabla 6-3:</b> Comparación desplazamiento máximo .....	85
<b>Tabla 7-3:</b> Comparación deformación máxima .....	86
<b>Tabla 8-3:</b> Comparación del factor de seguridad.....	87
<b>Tabla 9-3:</b> Tabla valores de potencia requerida por motor. ....	92
<b>Tabla 10-3:</b> Ruta Atocha- Universidad Católica .....	95
<b>Tabla 11-3:</b> Ruta GADMA-Terminal.....	96
<b>Tabla 12-3:</b> Ruta Mayorista- Ficoa .....	97
<b>Tabla 13-3:</b> Ruta Mayorista- Pelileo (Patinete 1).....	98
<b>Tabla 14-3:</b> Ruta Mayorista- Pelileo (Patinete 2).....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Movilidad Sostenible.....	4
<b>Figura 2-1:</b> Movilidad eléctrica.....	5
<b>Figura 3-1:</b> Vehículos de movilidad personal .....	6
<b>Figura 4-1:</b> Características generales del patinete eléctrico.....	7
<b>Figura 5-1:</b> Comparación de medios de transporte.....	8
<b>Figura 6-1:</b> Comparación de Velocidad .....	8
<b>Figura 7-1:</b> Motores de corriente continua .....	13
<b>Figura 8-1:</b> Comparación entre motores de combustión interna y eléctrica.....	13
<b>Figura 9-1:</b> Motor excitante en serie .....	14
<b>Figura 10-1:</b> Motor Shunt o paralelo.....	14
<b>Figura 11-1:</b> Motor tipo Compound.....	15
<b>Figura 12-1:</b> Sección de un motor de imanes permanentes .....	15
<b>Figura 13-1:</b> Principio de funcionamiento del motor Brushless .....	16
<b>Figura 14-1:</b> Sistema Multiswitching.....	17
<b>Figura 15-1:</b> Controlador de estado sólido .....	17
<b>Figura 16-1:</b> Controlador Programable .....	18
<b>Figura 17-1:</b> Resultados de la simulación para el ciclo de crucero ficticio con un SOC inicial del 80%.....	25
<b>Figura 18-1:</b> Duración del viaje en scooter frente a la variación de la duración de la batería (izquierda). Distancia frente a la variación de la duración de la batería (derecha).....	26
<b>Figura 19-1:</b> Resultado de los experimentos de conducción sin sensores.....	27
<b>Figura 20-1:</b> Distribución de tensiones después de la carga completa análisis del marco .....	28
<b>Figura 21-1:</b> Simulación del scooter eléctrico.....	28
<b>Figura 22-1:</b> Formas de onda del oscilograma de las magnitudes eléctricas; tensión de entrada (magenta), corriente de entrada (azul claro) y tensión de salida (verde).....	29

<b>Figura 23-1:</b> (a) orden de trabajo PWM; (b) respuesta de la corriente; (c) respuesta de la relación de deslizamiento del neumático y (d) respuesta de la velocidad.....	30
<b>Figura 24-1:</b> Componentes/módulos principales del sistema del scooter. ....	31
<b>Figura 25-1:</b> Deformación Total .....	32
<b>Figura 26-1:</b> Estructura del PMSM estudiado, estator (izquierda) y rotor (derecha).....	33
<b>Figura 27-1:</b> Diseño de mini scooter desarrollado por el software Auto-Cad.....	34
<b>Figura 28-1:</b> Frecuencia de uso de bicicletas y scooter eléctricos MEVO.....	34
<b>Figura 29-1:</b> Modelado en 3D con vista igual y vista trasera. ....	36
<b>Figura 30-1:</b> Dibujo técnico del sistema de transmisión con pocos dientes para scooter .....	37
<b>Figura 1-2:</b> Postura ergonómica .....	42
<b>Figura 2-2:</b> Postura ergonómica y medida antropométrica.....	43
<b>Figura 3-2:</b> Curva de Tensión – Deformación.....	49
<b>Figura 4-2:</b> Mallado de chasis.....	50
<b>Figura 5-2:</b> Simulación de cargas de chasis .....	52
<b>Figura 6-2:</b> Diagrama de cuerpo libre del patinete.....	53
<b>Figura 7-2:</b> Controlador del motor .....	56
<b>Figura 8-2:</b> Hailong down tube type battery 48v 15ah.....	57
<b>Figura 9-2:</b> Acelerador de pulgar .....	59
<b>Figura 10-2:</b> Horquilla de suspensión .....	59
<b>Figura 11-2:</b> Rueda delantera.....	60
<b>Figura 12-2:</b> Esquema eléctrico del patinete .....	60
<b>Figura 13-2:</b> Pantalla LCD SW900.....	61
<b>Figura 14-2:</b> Medidor de voltaje y amperaje .....	62
<b>Figura 15-2:</b> Aplicación Strava .....	63
<b>Figura 16-2:</b> Aplicación relieve .....	63
<b>Figura 17-2:</b> Gráfica de tiempo vs porcentaje de la batería.....	64
<b>Figura 18-2:</b> Ruta Atocha - Universidad Católica .....	65
<b>Figura 19-2:</b> Orografía de la Ruta Atocha-Universidad Católica .....	65

<b>Figura 20-2:</b> Ruta Mayorista - Ficoa.....	66
<b>Figura 21-2:</b> Orografía de la Ruta Mayorista - Ficoa.....	67
<b>Figura 22-2:</b> Ruta Mayorista-Pelileo.....	68
<b>Figura 23-2:</b> Orografía de la Ruta Mayorista-Pelileo.....	69
<b>Figura 24-2:</b> Mapa de nivel de saturación vehicular.....	70
<b>Figura 25-2:</b> Ruta Gadma-Terminal.....	71
<b>Figura 26-2:</b> Orografía de la ruta Gadma-Terminal.....	71
<b>Figura 27-2:</b> Gráfico de caja y bigote de los materiales.....	72
<b>Figura 28-2:</b> Análisis de velocidad.....	73
<b>Figura 29-2:</b> Gráfica de tiempo vs porcentaje de la batería.....	73
<b>Figura 30-2:</b> Gráfica velocidad, tiempo y distancia recorrida.....	74
<b>Figura 31-2:</b> Gráfica velocidad, tiempo y distancia recorrida.....	74
<b>Figura 32-2:</b> Gráfico comparativo de tiempo entre los vehículos en diferentes rutas.....	75
<b>Figura 33-2:</b> Gráfico comparativo entre los vehículos con distintos combustibles.....	75
<b>Figura 1-3:</b> Prototipo 1.....	76
<b>Figura 2-3:</b> Prototipo 2.....	77
<b>Figura 3-3:</b> Prototipo 3.....	77
<b>Figura 4-3:</b> Motor brushless de 1500w.....	92
<b>Figura 5-3:</b> Batería de Ion-Litio de 48V a 15 Ah.....	93
<b>Figura 6-3:</b> Patinete eléctrico terminado.....	94
<b>Figura 7-3:</b> Comportamiento de la batería en cada ruta.....	105

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b> Tipos de Scooter Eléctricos .....	9
<b>Gráfico 2-1:</b> Diferencias entre Patinete Vs Moto eléctrica .....	11
<b>Gráfico 3-1:</b> Diferencias entre Scooter Eléctrico Vs Bicicleta tradicional.....	11
<b>Gráfico 4-1:</b> Resumen de la propuesta de investigación.....	22
<b>Gráfico 1-2:</b> Diagrama de flujo del marco metodológico.....	41
<b>Gráfico 1-3:</b> Comparación de tensión máxima .....	84
<b>Gráfico 2-3:</b> Comparación desplazamiento máximo .....	85
<b>Gráfico 3-3:</b> Comparación deformación máxima.....	86
<b>Gráfico 4-3:</b> Comparación de factor de seguridad.....	87
<b>Gráfico 5-3:</b> Curvas de voltaje vs amperaje vs tiempo de la ruta 1 .....	95
<b>Gráfico 6-3:</b> Curvas de voltaje vs amperaje vs tiempo de la ruta 2 .....	96
<b>Gráfico 7-3:</b> Curvas de voltaje vs amperaje vs tiempo de la ruta 3 .....	97
<b>Gráfico 8-3:</b> Curvas de voltaje vs amperaje vs tiempo de la ruta 1 .....	98
<b>Gráfico 9-3:</b> Análisis de velocidad promedio.....	99
<b>Gráfico 10-3:</b> Análisis de velocidad máxima .....	100
<b>Gráfico 11-3:</b> Análisis de duración del manejo .....	101
<b>Gráfico 12-3:</b> Análisis de cantidad detenciones .....	102
<b>Gráfico 13-3:</b> Análisis de distancia recorrida .....	103
<b>Gráfico 14-3:</b> Análisis del porcentaje de Batería.....	104
<b>Gráfico 15-3:</b> Curvas del porcentaje de batería de cada recorrido.....	105
<b>Gráfico 16-3:</b> Comparación de velocidad media .....	106
<b>Gráfico 17-3:</b> Comparación de velocidad máxima.....	107
<b>Gráfico 18-3:</b> Comparación de análisis de duración de manejo.....	107
<b>Gráfico 19-3:</b> Comparación de análisis de cantidad de detenciones.....	108
<b>Gráfico 20-3:</b> Comparación de distancia recorrida.....	109

<b>Gráfico 21-3:</b> Comparación de análisis de % de batería .....	109
<b>Gráfico 22-3:</b> Curvas de porcentaje de carga vs Tiempo.....	110

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo A:** Planos Generales Prototipo 1

**Anexo B:** Planos Detallados Prototipo 1

**Anexo C:** Planos Generales Prototipo 2

**Anexo D:** Planos Generales Prototipo 3

**Anexo E:** Tabla de resultados gráficos de la simulación del Prototipo 2

**Anexo F:** Tabla de resultados gráficos de la simulación del Prototipo 3

**Anexo G:** Construcción del prototipo

**Anexo H:** Pruebas en la ruta 1

**Anexo I:** Pruebas en la ruta 2

**Anexo J:** Pruebas en la ruta 3

**Anexo K:** Pruebas en la ruta 4

**Anexo L:** Pruebas en la ruta 4 con el scooter eléctrico de 1500w

**Anexo M:** Facturas de la compra de los componentes electrónicos

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto de investigación fue diseñar un patinete eléctrico de montaña mediante la utilización de un software CAD para alcanzar mejores prestaciones en comparación a los existentes en el mercado; se realizaron diversas simulaciones y pruebas de campo en donde se seleccionó el mejor prototipo. En el diseño del patinete eléctrico se utilizó el método investigativo con el fin de conocer el tipo de material necesario para su construcción al igual que se realizaron estudios con el propósito de seleccionar los mejores componentes electrónicos para su ensamblaje, también se realizaron varias simulaciones en las cuales se determinó un diseño óptimo con la intención de mejorar el rendimiento, además se comparó el desempeño del prototipo por medio de pruebas de campo, tomando en cuenta el terreno demográfico de la ciudad de Ambato para ello se tomaron diversas rutas con diferentes vehículos de movilidad eléctrica en donde se analizó los resultados de cada prueba. Se modeló geométricamente el bastidor examinado por software CAD, luego mediante operaciones matemáticas se resolvió la selección de los componentes como la batería, motor y controlador. El prototipo también utilizó una suspensión de aire delantera de bicicletas. Después de que se obtuvieron todos los parámetros y se seleccionó los componentes, se procedió a su construcción en el que mediante pruebas de campo se validó el prototipo, en donde se logró curvas de velocidad del patinete eléctrico en operación, también se obtuvieron datos de la comparación con un scooter eléctrico. Se concluye que el patinete eléctrico es una solución para la congestión vehicular y es de gran ayuda para reducir la huella de contaminación en el mundo. Se recomienda en las comparaciones de prestaciones utilizar más vehículos de movilidad eléctrica con el fin de obtener resultados considerables para determinar la mejor opción.

**Palabras clave:** <MOTOR BRUSHLESS>, <SOFTWARE CAD>, <MALLADO FINO>, <ACERO GALVANIZADO>, <AUTONOMÍA>, <CONGESTIÓN VEHICULAR>, <MOVILIDAD SOSTENIBLE>, <BATERÍA (LI-ION)>, <AMBATO (CANTÓN)>.



Firmado electrónicamente por:  
**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

0726-DBRA-UPT-2022

2022-04-19

## SUMMARY

The objective of this research project was to design an electric mountain scooter by using CAD software to achieve better performance compared to those on the market. Various simulations and field tests were carried out where the best prototype was selected. The research method was used in the design of the electric scooter to know the type of material necessary for its construction. As well as studies with the purpose of selecting the best electronic components for its assembly, several simulations were also carried out in which an optimal design was determined with the intention of improving performance. In addition, the prototype performance was compared through field tests, taking into account the demographic terrain of Ambato city. Various routes were taken with different electric mobility vehicles where the results of each test were analyzed. The frame examined by CAD software was geometrically modeled, then the selection of components such as battery, motor and controller was resolved through mathematical operations. The prototype also used a bicycle front air suspension. After all the parameters were obtained, and the components were selected, its construction proceeded in which the prototype was validated through field tests, where speed curves of the electric scooter in operation were achieved, data from the comparison with an electric scooter. It is concluded that the electric scooter is a solution for vehicular congestion and is of great help to reduce the pollution footprint in the world. It is recommended in performance comparisons to use more electric mobility vehicles in order to obtain considerable results to determine the best option.

**Keywords:** <ELECTRIC SCOOTER>, <SUSTAINABLE MOBILITY>, <FINE MESH>, <AUTONOMY>, <VEHICULAR CONGESTION>, <AMBATO (CANTON)>.



Firmado electrónicamente por:  
**PATRICIA PILAR  
MOYOTA AMAGUAYA**

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación está concebido para solucionar los problemas de movilidad en la ciudad de Ambato, ya que el principal enfoque de las ciudades es la movilidad. El incremento del parque automotor se fructifica por las comodidades para obtener un crédito para adquirir un vehículo y un paupérrimo servicio del transporte público. Es por lo que se desarrolla un patinete eléctrico con el que se trata de disminuir de algún modo la utilización de vehículos de combustión interna que son considerados esenciales como medio de transporte dentro de esta ciudad, pero también son los principales causantes de la contaminación al medio ambiente, de la congestión vehicular y de agravar la calidad del aire que ocasiona graves enfermedades en los ciudadanos.

La posible solución a la movilidad y contaminación en las ciudades es utilizar vehículos alternativos amigables con el medio ambiente, por lo que se desarrolla un patinete eléctrico que acorte la duración de recorridos y ayude a reducir los gases contaminantes. Los vehículos de combustión interna han quedado en el pasado porque es más común observar medios de transporte alternativo, que son sustentables con el medio ambiente, además son accesibles para todas las personas y su costo es mínimo en comparación con un vehículo convencional. Por consiguiente, se formularon estas preguntas: ¿Cuáles son los niveles de contaminación del patinete eléctrico?, ¿Cuántos kilómetros puedo recorrer con el patinete eléctrico?, ¿Cómo diseñar un patinete eléctrico de acuerdo con la topografía de Ambato?, ¿Cuánto es el tiempo de carga del patinete eléctrico?, ¿Qué velocidad máxima puede conseguir el patinete eléctrico?, ¿Qué resultados se obtuvieron con la implementación del patinete eléctrico en una zona de alta congestión vehicular?

En esta investigación el objetivo principal es diseñar un patinete eléctrico de montaña mediante la utilización de un software CAD para alcanzar mejores prestaciones en comparación a los existentes en el mercado, que contribuya sosteniblemente con el consumo energético renovable sin desmejorar la movilidad de las personas y su calidad de vida, para demostrar su reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera que son nocivos para el medio ambiente. El empleo del patinete eléctrico permite recorridos en menor tiempo y reducciones en las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como una solución para el congestionamiento vehicular, ya que por su diseño se puede circular por cualquier parte de la ciudad.

En el diseño del patinete eléctrico se utilizará el método investigativo para conocer el tipo de material necesario para su construcción al igual que se realizará un estudio para seleccionar los

mejores componentes electrónicos para su ensamblaje, también se realizarán varias simulaciones en las cuales determina un diseño óptimo para mejorar el rendimiento, además se considera comparar con otro tipo de patinete, el desempeño del prototipo por medio de pruebas tomando en cuenta el terreno demográfico de la ciudad de Ambato para ello se debe seleccionar rutas de pruebas para analizar los resultados.

En la configuración del chasis se deberá realizar una estructura liviana tomando en cuenta, el tipo de material, la resistencia que posee el material y la ductilidad, todo eso se realizará con la ayuda de software CAM. Así mismo se toma en cuenta la seguridad de los peatones como de las personas que eligen comprar patinetes eléctricos. Por lo tanto, esta investigación es de tipo inductivo/deductiva, tomando en cuenta los fenómenos físicos que van a actuar en la simulación del prototipo.

En el primer capítulo se realiza un estudio del estado del arte, donde se fortalece y respalda conceptos esenciales que tiene la materia de estudio. Se analizarán las diferentes teorías y terminologías más importantes, además de datos fundamentales que son punto de partida para el desarrollo de los siguientes capítulos. En este apartado se trabaja con temas como movilidad sostenible, movilidad personal y se hace una comparación con la bicicleta eléctrica; por otro lado, se aborda el uso del patinete eléctrico en diferentes partes del mundo, estableciendo las ciudades donde se emplea este medio de transporte, las ventajas y desventajas, además se revisa el tipo de normativa que rige en este vehículo.

En el capítulo dos se describe el marco metodológico del diseño y construcción del patinete eléctrico, esto se realizará mediante simulaciones de prototipos utilizando programas CAD y serán respaldadas por tesis similares ya elaboradas. Es importante buscar referencias acerca de la construcción de los patinetes, con diversos parámetros de fabricación y variables que se toman en cuenta al momento de realizar un prototipo para que logre moverse por cualquier tipo de calzada. Además, se determinará si el patinete eléctrico es una solución para la congestión vehicular en la ciudad de Ambato, para esto se harán pruebas de rutas con el patinete eléctrico en las zonas más congestionadas de Ambato, esto indicará los problemas que se presenten; mostrándonos si el patinete puede ser una alternativa para la congestión vehicular de la ciudad.

En el tercer capítulo se establecen los resultados y conclusiones de la evaluación del patinete eléctrico, así mismo se compara los resultados obtenidos en las pruebas realizadas por el patinete

eléctrico con otro vehículo de movilidad personal utilizando las mismas rutas. Con los resultados obtenidos se analizará estadísticamente cada parámetro para conocer en qué tipo de terreno se desempeña mejor y cuanta autonomía brinda en cada trayecto. Todos los datos recolectados nos permitirán tener un panorama amplio sobre el scooter eléctrico y los beneficios reales que presenta con respecto a la urbe Ambateña.

## CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Antecedentes

##### 1.1.1 Movilidad Sostenible

La movilidad sostenible es un grupo de operaciones que busca un fin exacto, el cual mejora la calidad de su ambiente en una ciudad o sitio físico. Esto ayuda a fomentar la utilización de los medios de transporte públicos y masivos, además promueve el uso de los medios alternativos, estos vehículos reducen la contaminación ambiental. Los motores eléctricos se han convertido en los más utilizados en los últimos tiempos a comparación de los motores de combustión interna, porque son más eficientes y su contaminación es mínima, como un claro ejemplo se tiene a los vehículos eléctricos que se los denomina medios de transporte más limpios y a diferencia de los vehículos convencionales son más económicos.

Los patinetes eléctricos son más atractivos y su estructura es pequeña a relación de los vehículos tradicionales, este vehículo resuelve varias problemáticas como: movilidad, contaminación, entre otros. En mercados internacionales el patinete eléctrico se ha posicionado como uno de los vehículos más vendidos, este vehículo alternativo brinda nuevas tecnologías que reducen emisiones de CO<sub>2</sub>. El objetivo de estos vehículos es generar descongestión vehicular con la reducción de contaminantes (Aguirre & Ortega, 2020).



**Figura 1-1:** Movilidad Sostenible

Fuente: (Stakeholders, 2019)

### 1.1.2 Movilidad Eléctrica

En la movilidad eléctrica para producir locomoción se utiliza uno o más motores eléctricos, en la actualidad existen dos tipos de movilidad para cargas pequeñas y para cargas pesadas. La movilidad eléctrica permite disminuir los gases de efecto invernadero, además ayudan a disminuir los efectos de los cambios climáticos y mejoran la calidad de vida de las personas. Por estas razones es necesario implementar este tipo de movilidad en transporte público urbano para lograr una movilidad sostenible tomando en cuenta las normativas y la infraestructura urbanas. En la Figura 2-1 se observa una movilidad 100% eléctrica lo que proporciona un ambiente libre de contaminantes, con mayor conciencia medioambiental (Aguirre & Ortega, 2020).

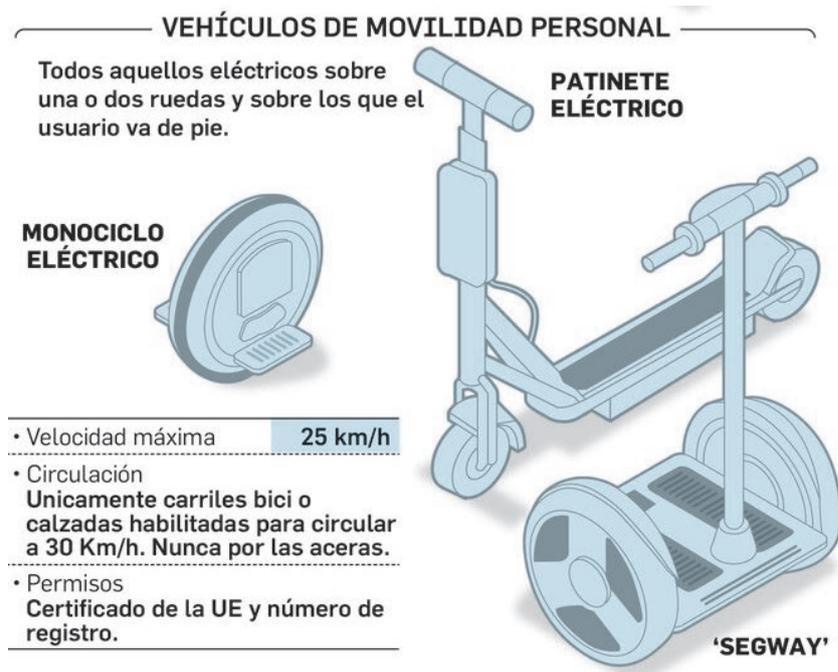


**Figura 2-1:** Movilidad eléctrica

**Fuente:** (García, 2018)

### 1.1.3 Vehículos De Movilidad Personal

En el año de 1990 se crearon los patinetes eléctricos. Estos vehículos aumentaron por el uso de motores eléctricos, al finalizar dicho año los vehículos se los utilizaban en todo el mundo. Pero es indispensable llamarlos Vehículos Eléctricos de Movilidad Personal, estos no se encuentran en la categoría de vehículos de motor, con este tipo de vehículos no es necesario poseer una matrícula ni una licencia de conducir. En la Figura 3-1 se observa los tipos de VMP y algunas restricciones de circulación (Schwarze, 2020: pp. 15–25).



**Figura 3-1:** Vehículos de movilidad personal

Fuente: (Huelva, 2021)

#### 1.1.4 Patinete eléctrico

Es un medio de transporte accionado mediante motores eléctricos, estos pueden estar colocados en la parte delantera o trasera del vehículo, o en algunos casos en ambos lugares. La energía eléctrica para mover el motor se encuentra almacenada en la batería y llega a esta a través del freno regenerativo. De igual forma que el resto de los vehículos, el accionamiento de este tipo de vehículos se lo hace mediante un botón que se encuentra en el manillar, el mismo cumple las funciones de acelerador; de igual forma cuenta con un freno en el manillar similar a los de las bicicletas convencionales que es el encargado del frenado.

Su principal característica y diferencia con otros vehículos de combustión es su diseño más sencillo de uso simple y fácil de controlar. Los patinetes eléctricos son elaborados de aluminio por lo que son livianos, su autonomía es de 30 km. Estos vehículos soportan el peso de personas desde 100 kg. En la Figura 4-1 se observa las características generales del patinete eléctrico (Aguirre & Ortega, 2020).



**Figura 4-1:** Características generales del patinete eléctrico

Fuente: (Cortés, 2018)

#### 1.1.4.1 *Ventajas sobre otros modelos de la familia de patinetes*

- Estos vehículos poseen un motor eléctrico, el cual no utiliza combustibles fósiles, esto ayuda el medio ambiente porque reduce las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Gracias a su estructura puede circular en grandes y pequeñas ciudades.
- Los patinetes eléctricos disminuyen el tiempo en los viajes porque por su estructura de estos vehículos permiten circular por sitios donde nadie transita.
- La autonomía de estos vehículos puede recorrer hasta 20 km, por ello es un medio preferido para trayectos cortos.
- Para esos vehículos no es necesario utilizar protecciones ni licencias de conducir (Llagostera, 2019: pp. 1–53).

#### 1.1.4.2 *¿Por qué utilizar un patinete eléctrico?*

La principal problemática en la mayoría de las ciudades y una de ellas la ciudad de Ambato, es la sobrepoblación, esto genera problemas de movilidad, por lo que genera contaminación ambiental, la utilización de los patinetes eléctricos reducen la contaminación ambiental, emisiones de CO<sub>2</sub> y permiten la libre movilidad en las ciudades. Estos vehículos son económicos, y versátiles. Por qué la sobrepoblación y centralización de la actividad económica de las grandes urbes, como la

Ciudad de Ambato, generan problemas de movilidad y de escasez de recursos, además de un aumento constante de la contaminación ambiental (Castillo, 2020).



Comparación Medios de Transporte	Tu Scooter Eléctrico	Auto	Bus	Taxi	Moto	Bici
Sin Pico y Placa	✓	✗	✓	✗	✗	✓
Sin Parquadero	✓	✗	—	—	✗	✓
Sin Tráfico /Contaminación	✓	✗	✗	✗	✗	✓
Sin Costos de Gasolina	✓	✗	—	—	✗	✓
Sin Mantenimientos, Matricula, Licencia, Multas	✓	✗	—	—	✗	✓
Sin Incomodidad, sudor, empujones, malos olores	✓	✓	✗	✓	✓	✗
Portátil y Versatil	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Transita por cualquier vía	✓	✗	✗	✗	✗	✓
Costo Movilización	Muy bajo	Alto	Medio	Muy Alto	Medio	Muy bajo
Velocidad promedio con tráfico	30 Km/h	20 Km/h	20 Km/h	20 Km/h	20 Km/h	15 Km/h

**Figura 5-1:** Comparación de medios de transporte

Fuente: (Tu Scooter Eléctrico, 2017)

El patinete eléctrico alcanza una velocidad de 30 km/h, es un medio de transporte práctico que permite la libre movilización en las ciudades, su diseño permite llegar a varios destinos en menor tiempo. Aproximadamente las personas pierden 272 horas por el tráfico si se utiliza el patinete eléctrico se disminuirá esas pérdidas. En la Figura 6-1 se observa la comparación de velocidad de los principales medios de transporte en las zonas de congestión vehicular.

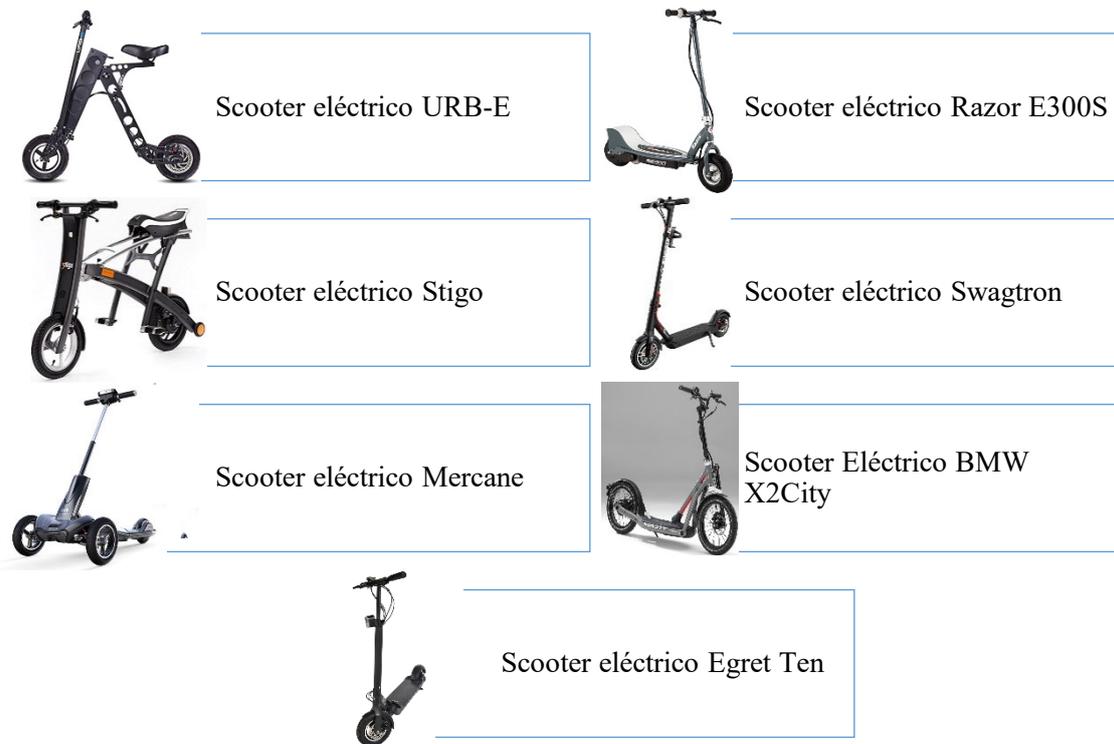


**Figura 6-1:** Comparación de Velocidad

Fuente: (Tu Scooter Eléctrico, 2017)

### 1.1.5 Matriz Comparativa

El propósito de esta matriz es comparar con los scooters existentes encontrando las características principales y secundarias, en el Gráfico 1-1 se visualiza los diferentes scooters eléctricos hacer analizados. En la Tabla 1-1 se observan todas las características de los vehículos antes mencionados. También se determina la carga del vehículo, la potencia del motor. Estos vehículos tienen el peso de 14 kg y 20 kg. En la Tabla 2-1 mostrada podemos determinar que el mejor vehículo a implementar es la batería ION LITIO 36 Voltios, con una autónoma de 15 a 25 kilómetros.



**Gráfico 1-1:** Tipos de Scooter Eléctricos

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

**Tabla 1-1:** Características de los Scooter Eléctricos

	Vehículo	Material	Masa [kg]	Dimensiones [m]			Plegado [m]			Carga [kg]	Potencia [W]
				Alto	Ancho	Largo	Alto	Ancho	Largo		
Scooter	URB- E	Aluminio 6061 T6	13.61	0.914	0.559	0.673	1.003	0.292	0.394	-	-
	E300S	-	23.59	1.041	0.432	1.067	-	-	-	100	-

Stigo	Aleación de Aluminio	14.1	0.805	0.480	1.050	1.180	0.380	0.480	100	250
Swagtron	Fibra de Carbono	7.71	1.067	0.254	0.152	-	-	-	113.4	250
Mercane	Aleación de Aluminio	18.14	1.120	0.620	1.150	0.790	0.620	0.330	99.8	350
BMW X2City	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-
Egret Ten	-	17	1.14	0.55	1.15	0.38	0.19	1.03	100	500

**Fuente:** (Rueda, 2017: pp. 24–25)

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

**Tabla 2-1:** Características secundarias de los vehículos eléctricos tipo scooter

	Vehículo	Tipo de Batería	Autonomía	Costo	Velocidad	Plegable	Diámetro Llantas [in]
			[km]	[USD]	Máxima [km/h]		
Scooter Eléctrico	URB- E	Li-ion 36V 30 Cell	25.8	899	22.5	Sí	2x 8
	E300S	2x Lead-Acid 12V	16.1	187	24	No	2x 10
	Stigo	Li-ion 36 V	30	3200	25	Sí	2x 12.5
	Swagtron	Li-ion 24V 3800 mAh	24.1	390	24	Sí	-
	Mercane	Li-ion 36V	32.2	1250	32.2	Sí	3x 10
	BMW X2City	Li-ion 408 kW	35	2940	25	Sí	-
	Egret Ten	Samsung Avec Smart	42	950	35	Sí	2x 10

**Fuente:**(Rueda, 2017: pp. 24–25)

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

### 1.1.6 Scooter Eléctrico Vs Moto Eléctrica

El patinete eléctrico es más económico y genera una movilidad limpia, permitiendo transportarse de un lugar a otro, este patinete se generó como un juguete infantil, con el tiempo se ha ido implementando y ha llegado alcanzar velocidades de 30 km/h. (Bipandbip, 2018)

### 1.1.7 Ventajas y Desventajas Del Scooter Eléctrico Vs Moto Eléctrica

Las diferencias principales son:

AUTONOMÍA	<ul style="list-style-type: none"><li>• Los scooter duran aproximadamente 130 minutos, se los puede recargar con corriente convencional</li><li>• Las motos eléctricas alcanzan de 80 a 125 km, depende modelo dependiendo del modelo</li></ul>
COMODIDAD	<ul style="list-style-type: none"><li>• El scooter es útil y único se los puede transportar sin ningún inconveniente</li><li>• Las motos eléctricas son cómodas y se las puede estacionar fácilmente</li></ul>
EJERCICIO FÍSICO	<ul style="list-style-type: none"><li>• Los scooter eléctricos requieren un esfuerzo físico al momento de acelerar o frenar</li><li>• Las motos eléctricas no requieren ningún esfuerzo físico</li></ul>
PRECIO	<ul style="list-style-type: none"><li>• El scooter es más económico a comparación de una moto eléctrica</li></ul>
RECARGA	<ul style="list-style-type: none"><li>• El scooter se lo puede recargar en cualquier enchufe y su carga se demora de 3 a 4 horas</li><li>• La moto eléctrica necesita un enchufe especial</li></ul>

**Gráfico 2-1:** Diferencias entre Patinete Vs Moto eléctrica

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 1.1.8 Scooter Eléctrico Vs Bicicleta Tradicional

AUTONOMÍA	<ul style="list-style-type: none"><li>• El scooter eléctrico utiliza una alternativa limpia.</li><li>• La bicicleta tradicional requiere el esfuerzo físico del ocupante</li></ul>
COMODIDAD	<ul style="list-style-type: none"><li>• El scooter eléctrico no requiere ningún espacio grande y se lo puede llevar a cualquier sitio</li></ul>
EJERCICIO FÍSICO	<ul style="list-style-type: none"><li>• Con la bicicleta tradicional la persona puede quemar hasta 6,4 calorías por minuto</li></ul>
PESO	<ul style="list-style-type: none"><li>• La bicicleta y el scooter eléctrico pesan aproximadamente 14 kg.</li></ul>
PRECIO	<ul style="list-style-type: none"><li>• Al comparar el scooter y la bicicleta tienen relativamente el mismo precio</li></ul>
RECARGA	<ul style="list-style-type: none"><li>• El scooter eléctrico se lo debe cargar de 3 a 5 horas</li><li>• Bicicleta normal requiere la propulsión humana</li></ul>

**Gráfico 3-1:** Diferencias entre Scooter Eléctrico Vs Bicicleta tradicional

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 1.1.9 Eficiencia y Sostenibilidad

Los patinetes eléctricos no exigen ningún tipo de mantenimiento, evitan esfuerzos y se pueden estacionar en pequeños espacios. La implementación de este vehículo implica tener en cuenta distintos factores y determinar la eficiencia que trasciende la utilización de este tipo de vehículo en la ciudad, contemplando las exigencias de quien lo adquiera, la sustitución de transporte a medios alternativos como el patinete eléctrico implicaría una considerable disminución tanto en el consumo energético como en las emisiones de partículas, tan nocivas para el bienestar de las personas, esto genera un efecto positivo en el medio ambiente, sin dejar de lado el crecimiento económico de la ciudad de Ambato (Aguirre & Ortega, 2020).

### 1.1.10 Categorías De Vehículos Eléctricos:

**Tabla 3-1:** Categorías de vehículos eléctricos

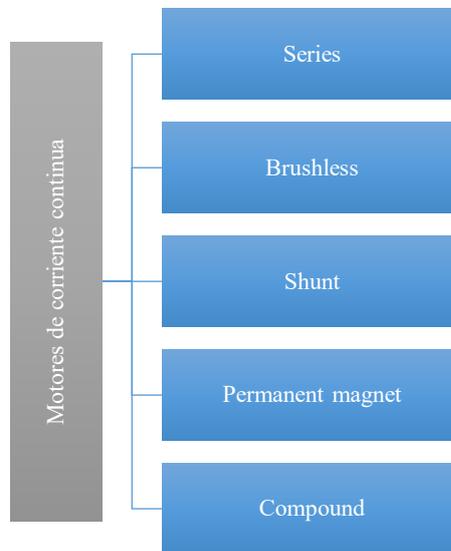
MOTOCICLETA	CUADRICICLOS	CAMIONES Y AUTOBUSES	AUTOMÓVIL
			
Las Motocicletas son vehículos que poseen dos y tres ruedas, la autonomía de estos vehículos alcanza de 40 a 130 km. Estos vehículos son ágiles y a precios convenientes. Sirven para viajes cortos y largos estos vehículos sustituyen a las motos tradicionales.	Los cuatriciclos son vehículos de tamaño reducido, su estructura posee 4 ruedas, estos vehículos sirven para recorridos urbanos, y sus costos son reducidos.	Los camiones y autobuses poseen grandes baterías. En el cual su autonomía varía de 80 y 200 km, si se desea aumentar la autonomía es necesario aumentar células de batería. Varios países utilizan motores eléctricos para reducir la contaminación reduciendo el uso de combustibles fósiles.	La movilidad eléctrica los vehículos pequeños son los más utilizados porque poseen componentes que ayudan a los usuarios, estos vehículos poseen una autonomía de 80 a 250 km proporcionando confort y seguridad.

**Fuente:** (Aguirre & Ortega, 2020: pp. 26-40)

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

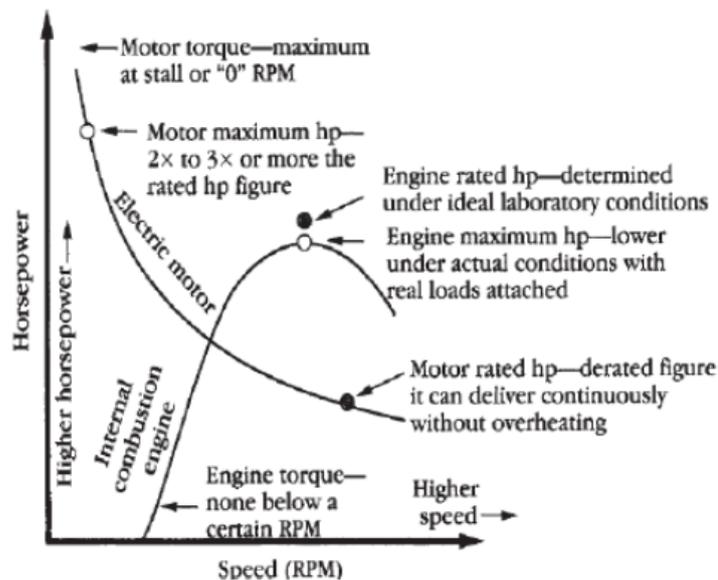
### 1.1.11 Motores Eléctricos

Los motores eléctricos convierten energía eléctrica en mecánica por medio de los campos electromagnéticos, además existen motores reversibles que convierten energía mecánica en eléctrica. En la Figura 8-1 se puede visualizar la comparación entre motores eléctricos y de combustión interna. Los motores eléctricos de corriente continua generan mayor torque a bajas revoluciones, estos se clasifican de la siguiente manera:



**Figura 7-1:** Motores de corriente continua

Fuente: (Abbata & Moya, 2013: pp. 27)



**Figura 8-1:** Comparación entre motores de combustión interna y eléctrica

Fuente: (Abbata & Moya, 2013: pp. 28)

### ***1.1.11.1 Motor De Excitación En Serie***

El motor excitante en serie se lo conoce como devanado, el cual es un motor eléctrico de corriente continua. Se conoce que la corriente del estator es igual a la corriente del rotor. Estos motores son los más utilizados porque requieren un gran par de arranque, como trenes, tranvías, ascensores (Valencia, 2019: pp. 29).

Las características del motor excitante en serie son:

- No afecta en la variabilidad brusca de la tensión de alimentación.
- La potencia es constante a cualquier velocidad.



**Figura 9-1:** Motor excitante en serie

Fuente: (Abbata & Moya, 2013: pp. 29)

### ***1.1.11.2 Motor Shunt o Paralelo***

El motor Paralelo se conecta el devanado del estator con devanado del rotor en paralelo, estos motores son distintos a los motores de excitación en serie. El motor paralelo, posee alta resistencia eléctrica, por lo que no maneja cantidad de corriente, porque el motor genera el torque bajo (Valencia, 2019: pp. 29-30).

Las ventajas del motor Shunt son:

- Permitir invertir la dirección de rotación
- Funciona como generador



**Figura 10-1:** Motor Shunt o paralelo

Fuente: (Abbata & Moya, 2013: pp. 30)

### 1.1.11.3 Motor Compound

Motor Compound emplea dos motores excitantes en serie y Shunt, este motor genera un gran torque, también posee un devanado de campo. Estos motores permiten invertir el sentido de giro cambiando el devanado del rotor (Parera, 2017: pp. 31).

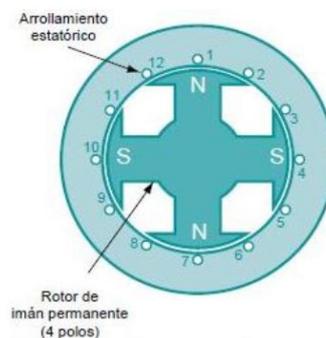


**Figura 11-1:** Motor tipo Compound

Fuente: (Parera, 2017: pp. 31)

### 1.1.11.4 Motores De Imán Permanente.

El motor de imán permanente permite combinar los campos magnéticos de imanes y campos magnéticos del estator, en el cual el imán permanente genera flujo magnético con masa pequeña. Los imanes permanentes poseen materiales de gran capacidad de almacenamiento de energía magnética, Estos imanes están compuestos de samario y neodimio. Los imanes permanentes tienen un parecido al motor Shunt, en el torque, frenado y velocidad (Valencia, 2019: pp. 31).



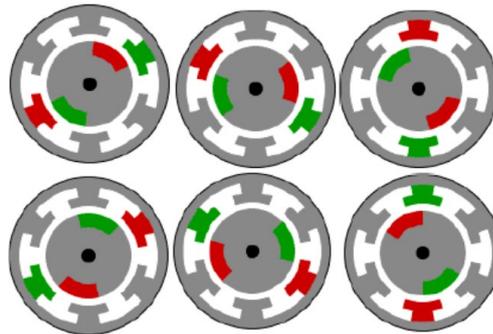
**Figura 12-1:** Sección de un motor de imanes permanentes

Fuente: (Abbata & Moya, 2013: pp. 32)

### 1.1.11.5 Motor Brushless.

El motor Brushless, también es conocido como: motor eléctrico sin escobillas, motor trifásico síncrono etc. En este motor la velocidad del campo magnético del estator va a ser equivalente a la velocidad de giro del motor, también contiene un estator que es la parte fija, donde se encuentra

el bobinado, el rotor es la parte móvil, donde están los imanes permanentes, y el sensor Hall, que da interpretación de la posición del rotor (Valencia, 2019: pp. 32).



**Figura 13-1:** Principio de funcionamiento del motor Brushless

Fuente: (Abbata & Moya, 2013: pp. 32)

El motor brushless no tiene escobillas, la energía pasa de inmediato por las bobinas del estator, originando un campo magnético ejercido por los imanes permanentes, permitiendo que surgiera una fuerza que permite dar vueltas al rotor, y por ende también al eje del motor, este motor no funciona directamente con corriente continua sino alterna, ya que para funcionar necesitan administración electrónica. Los imanes permanentes del rotor están hechos de materiales como Samario-Cobalto (Sm-Co) y Neodimio-Hierro-Boro (Nd-Fe-B), estos son los más eficaces. El motor BLDC tipo Brushless, al ser más diminuto y ligero que un motor de escobilla con la misma salida de potencia, es sublime para aplicaciones donde el espacio es limitado, el valor también incrementa, porque llevan un controlador programable, además su funcionamiento es electrónico (Abbata & Moya, 2013: pp. 35).

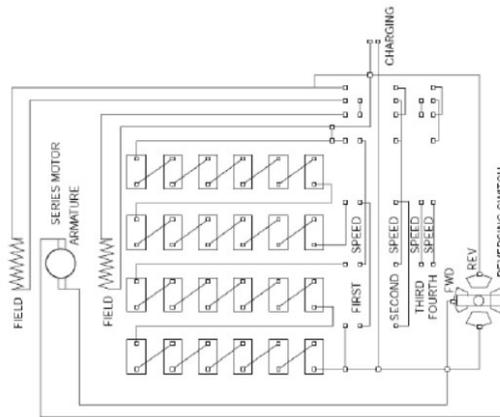
### 1.1.12 Controladores.

El controlador, es el que se encarga de emitir la energía necesaria al motor. Alimenta al motor por medio de pulsos, existen diferentes controladores para cada tipo de motor. También es uno de los competentes principales del patinete eléctrico, aparte del motor eléctrico y baterías. Las funciones del controlador son:

- Regulación de velocidad.
- Regulación de par.

Adicionalmente, los controladores más modernos, se encuentran equipados con sistemas anti-derrape para eludir el giro de la rueda al adelantar la marcha (Terán, 2014: pp. 64).

### 1.1.12.1 Controlador multiswitching.



**Figura 14-1:** Sistema Multiswitching

**Fuente:** (Bastidas & Cabrera, 2014: pp. 30)

Los controladores utilizan una serie de baterías separadas por paquetes que abastecen diversas tensiones. Por ejemplo, cuando se tiene un paquete de 120 V, este logrará dividirse en cuatro secciones, cada sección entregaría una tensión autosuficiente de 30 V, en un comienzo, una sección de baterías está accionada, dando 30 V, lo que restringe la tensión y la corriente en el inicio (Bastidas & Cabrera, 2014).

Este controlador es el más básico en restricción de velocidad, ya que cuando el vehículo comienza a movilizarse, otra sección de baterías se enlaza agregando 30 V, este paquete de cuatro secciones muestra que el controlador contiene 4 velocidades (Abatta & Moya, 2013: pp. 36).

### 1.1.12.2 Controladores de estado sólido



**Figura 15-1.** Controlador de estado sólido

**Fuente:** (Bastidas & Cabrera, 2014)

El controlador de estado sólido permite controlar la tensión suministrada al motor, esto hace que la tensión aumente gradualmente para evitar cambios inesperados de par. Este modo de arranque permite controlar las características del funcionamiento tanto de inicio como de parada. Esto se

utiliza en motore estándares trifásicos o estrella- triángulo, por lo cual el arranque se controla por medio de un microcontrolador. La frecuencia de conmutación alta hace que el motor funcione sin ningún problema. Estas características hacen que sean silenciosos y por lo general, incluyen algún tipo de limitador de corriente para proteger daños contra el motor (Abatta & Moya, 2013).

Las ventajas del controlador de estado sólido son:

- Resguardo contra fugas.
- Menor producción de calor.
- Ausencia de ruido.

### **1.1.12.3 Controladores electrónicos modernos**



**Figura 16-1:** Controlador Programable

**Fuente:** (Abatta & Moya, 2013: pp. 40)

Los controladores de estado sólido son controladores PWM (modulación por ancho de pulso), que se utilizan actualmente en los vehículos eléctricos. Es un dispositivo robusto que se utiliza como un modulador de ancho de pulso permite enviar pulsos cortos al motor con una frecuencia de 15 Khz. En comparación con otros controladores este dispositivo posee costos elevados, pero tiene como ventaja que se puede encender y apagar el motor a una velocidad alta y permite controlar las velocidades requeridas (Abatta & Moya, 2013: pp. 37).

### **1.1.13 Baterías**

La batería es uno de los componentes principales del patinete eléctrico, porque brindan la energía a todo el sistema, las baterías son un dispositivo electroquímico que transforma la energía química en eléctrica. Estas baterías poseen la transformación reversible, esto quiere decir que se cargan y se descargan varias veces (Valencia, 2019: pp. 36). Se pueden emplear distintos tipos de baterías en los patinetes eléctricos, como se las detalla a continuación:

- Plomo.
- Níquel Cadmio.
- Níquel Metal Hidruro.

- Níquel Metal-Zinc.
- Zebra (cloruro de sodio).
- Litio Ion.
- Litio Polímero.

## **1.2 Planteamiento del problema**

En la ciudad de Ambato al momento de hablar de movilidad, es indispensable no tocar el tema del parque automotor, el mismo que alcanza aproximadamente los 76.000 vehículos (El Herald, 2018), convirtiéndose en su mayor parte en el causante del 63% de los atascos ocurridos a las 16:00 horas en las vías céntricas sometidas a una carga de entre 1.200 hasta 2500 vehículos/hora, produciendo elevados niveles de congestión vehicular (Goyes, 2018: pp. 2).

En Ambato se registran un aproximado de 240000 vehículos semanales, que transitan por el centro de la ciudad, y esto provoca que se encuentre sometido a cargas que superan la capacidad (Goyes, 2018). Es una de las ciudades del Ecuador que mantiene una conexión entre vehículos y personas ya que en promedio se obtiene que por cada 1000 habitantes se tiene 186 vehículos (ANT-NEC, 2017). Según la OMS las ciudades del Ecuador que más contaminan son Quito, Ambato, Milagro y Santo Domingo, produce una contaminación aproximada de 18 a 33 ug/m<sup>3</sup>. Esto se da a la sobrepoblación vehicular lo cual ha provocado una contaminación ambiental, además de ello se tiene una contaminación acústica del 70% provocado por el tránsito vehicular (OMS, 2016).

Una solución para este problema es la creación de normativas integrales que mejoren la movilidad e incorporen transportes más sostenibles, que ayuden a las personas y al medio ambiente. Una alternativa en el Ecuador es la aplicación de vehículos alternativos en varias ciudades. En esta alternativa se consideran a los vehículos eléctricos como un ente reductor del impacto ambiente porque contribuye al consumo energético renovable sin interrumpir la movilidad de las personas (Chele, 2017).

Los vehículos eléctricos han aumentado su demanda hasta en 64% a nivel mundial, esto quiere decir mientras más aumente su demanda es más fácil poder elaborarlos en el Ecuador, utilizando energía renovable, esto permite abastecer a los vehículos de manera más fácil sin ningún inconveniente (Factorenergia, 2019). Estos vehículos eléctricos aportan ventajosamente porque reducen la contaminación ambiental.

### 1.3 Justificación

La contaminación ambiental es un problema que se ha desarrollado hace años atrás, en la actualidad una fuente de contaminación son los automotores porque al finalizar la combustión de hidrocarburos, se emiten gases contaminantes al ambiente. Como parte final del ciclo Otto a gasolina, los gases de escape están formados por Óxidos de Nitrógeno (NOx), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Hidrocarburos (HC), Oxígeno (O<sub>2</sub>) y entre otros no relevantes (Rocha, 2018).

En la actualidad los desarrollos tecnológicos han alcanzado a los vehículos no solo públicos sino privados, con ello las fuentes renovables en los vehículos, este desarrollo permitirá aumentar un nivel socioeconómico y ambiental ya que estos vehículos son una alternativa comercial para nuevas empresas cuyo fin es fabricar vehículos sostenibles, no solo a pequeña sino a gran escala (Bull, 2016: pp. 15). Es por lo que se aumenta el uso de los vehículos alternativos es decir eléctricos estos se los puede utilizar para distintos sectores ya sea públicos o privados, para ello es necesario conocer distintos aspectos como: los tipos de vehículos eléctricos, el funcionamiento, el tipo de motor que utiliza y si las baterías son recargables o no. Existen varios centros de investigación que toman en cuenta si estos vehículos poseen beneficios para elaborarlos, en este trabajo se tiene como finalidad ampliar los conocimientos técnicos, teóricos sobre los distintos campos tecnológicos, los cuales permiten al hombre a desarrollarse en el medio de una forma más amigable (Torres, 2015).

En el sector del transporte los vehículos eléctricos son considerados como una tecnología alternativa y conveniente para la reducción de gases, y la contaminación del aire (Méndez et al., 2020). El trabajo es de suma importancia porque permite comprender el funcionamiento en las cuales se desempeña, además el impacto que genera el patinete eléctrico con respecto a los vehículos convencionales dentro de la urbe de Ambato, con ello se puede identificar datos auténticos como: costo, tiempo entre otros.

En la actualidad patinete eléctrico se ha posicionado como un boom comercial, su incremento alcanzado un 42.34%, esto se debe: a los costos de los combustibles y a los consumidores. En estudios ejecutados en España determinaron que son de gran utilidad infraestructural porque se puede colocar aproximadamente 10 patinetes eléctricos en un estacionamiento de automóvil, además los embotellamientos reducirán un 40% y como un plus adicional ayuda a reducir la contaminación ambiental (Aguirre & Ortega, 2020).

Una de las soluciones factibles para la suprimir las emisiones son los patinetes eléctricos ya que se reduce un 80% a comparación con los vehículos convencionales y se reducirá las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los motores con combustión interna han quedado en el pasado porque en la actualidad los motores eléctricos son los más utilizados ya sea por su eficiencia y su contaminación mínima, es por ello por lo que se considera como un transporte económico y limpio (Santana, 2016: pp. 11–12).

Los patinetes eléctricos son vehículos pequeños que reemplaza al vehículo convencional porque ayuda a disminuir el congestionamiento vehicular, la contaminación tanto sonora y por emisiones. (Aguirre & Ortega, 2020). Según el INEC Ambato posee población de 387.309. De la cual utiliza del transporte privado y privado. Por lo que se busca emplear una movilidad alterna que aporte con la movilidad, la contaminación y ayude al fácil estacionamiento de las personas.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

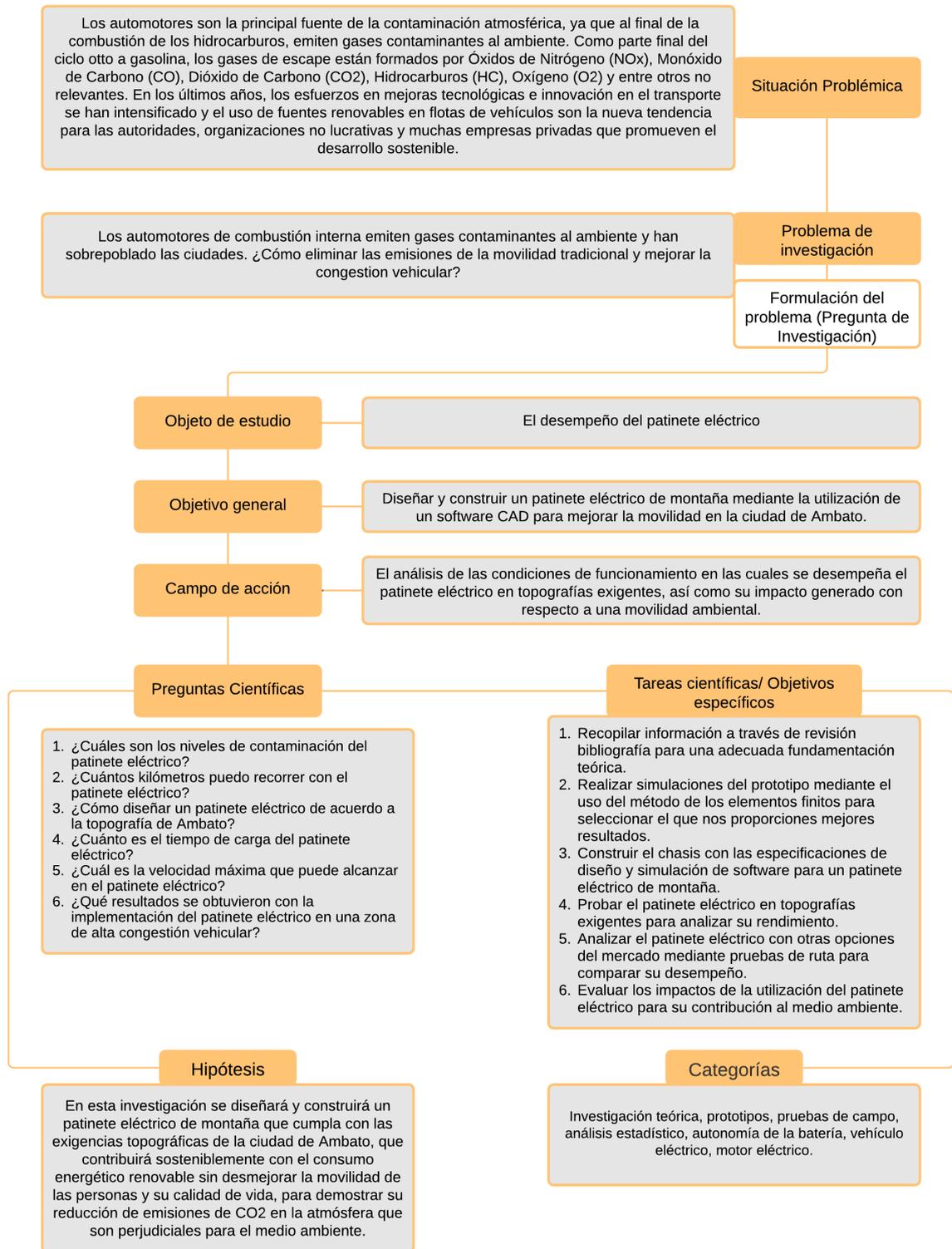
Diseñar un patinete eléctrico de montaña mediante la utilización de un software CAD para alcanzar mejores prestaciones en comparación a los existentes en el mercado.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar información a través de revisión bibliografía para una adecuada fundamentación teórica.
- Realizar simulaciones del prototipo mediante el uso del método de los elementos finitos para seleccionar el que nos proporciones mejores resultados.
- Construir el chasis con las especificaciones de diseño y simulación de software para un patinete eléctrico de montaña.
- Probar el patinete eléctrico en topografías exigentes para analizar su rendimiento.
- Analizar el patinete eléctrico con otras opciones del mercado mediante pruebas de ruta para comparar su desempeño.

## **1.5 Esquema del diseño teórico de la investigación**

En el Gráfico 4-1, se aprecia un resumen respecto a la investigación a realizarse, teniendo en cuenta la situación problemática que generan los automotores de combustión interna y como debes solucionarla para no contaminar el medio ambiente, también nos formulamos si el patinete eléctrico cumple con todas las demandas para cualquier tipo de terreno y brinda la suficiente autonomía para poder movilizarse de un lugar a otro.



**Gráfico 4-1:** Resumen de la propuesta de investigación

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

## 1.6 Estado del arte

### 1.6.1 Optimización del chasis

Según Dong y Zhang (2011: pp. 49-53), para reducir el peso del bastidor del scooter eléctrico, se tiene que utilizar una aleación de magnesio para sustituir al acero. Al mismo tiempo, la estructura del bastidor y el grosor de los tubos se rediseñan mediante la optimización de la topología y la optimización del tamaño, respectivamente. Además, se realiza un análisis estático y un análisis modal del bastidor para realizar la capacidad de aplicación y la capacidad dinámica. En comparación con el bastidor de acero original, el peso del bastidor principal se reduce de 4,5 kg a 1,8 kg, con unas pérdidas del 60%. La tensión máxima equivalente disminuye de 274 MPa a 131 MPa, y la frecuencia natural aumenta de 489 Hz a 1302 Hz. Aunque el peso ha disminuido significativamente, la resistencia estructural puede seguir cumpliendo la demanda diseñada. El desplazamiento máximo es de 5,2 mm a 9,7 mm, lo que demuestra que la rigidez estructural ha disminuido ligeramente. Los resultados que se muestran en la Tabla 4-1 respecto a la resistencia y la rigidez de la nueva estructura pueden satisfacer la demanda diseñada.

**Tabla 4-1:** Resultados del análisis de elementos finitos

Design scheme	Materials	Mass <i>m</i> / kg	Maximum displacement <i>d</i> / mm	Maximum equivalent stress $\sigma$ / MPa	The first-order frequency <i>f</i> / Hz
Original structure	steel	4.5	5.2	274	489
Topology optimization	steel	4.4	5.4	212	1 138
Size Optimization	magnesium	1.0	25.4	209	1 103
	magnesium	1.8	9.7	131	1 302

Fuente: (Dong & Zhang, 2011: pp. 52)

### 1.6.2 Modulación vectorial espacial

De acuerdo con los autores (Hicham & Kayisli, 2021: pp. 355–364), su trabajo tiene como objetivo implementar una modulación vectorial espacial para la unidad de control de par directo (SVM-DTC) del motor BLDC de cada rueda motriz, de un scooter eléctrico de tres ruedas que contiene dos motores BLDC controlados de forma independiente a través de un diferencial electrónico. El sistema propuesto ha sido diseñado y simulado utilizando el entorno MATLAB/SIMULINK. El rendimiento del sistema global (sistema de control de estabilidad del scooter - sistema de almacenamiento de energía - calidad de la energía, etc.) con el uso del control SVM-DTC se comparó con el algoritmo clásico de Control de Par Directo (DTC) utilizando el mismo modelo de scooter eléctrico. Los resultados que se obtuvieron demostraron la mejora realizada por el sistema de circuito de control propuesto en diferentes etapas, donde pudo reducir la THD de la

corriente del estator del 30,99% al 6,16%, así como fue capaz de lograr más del 0,2% del estado de carga de la batería en 18 segundos solamente.

**Tabla 5-1:** Variación de la corriente de la batería, la potencia de la batería y el SOC en una trayectoria diferente.

Time [s]	Battery current [A]		Battery Power [Kw]		SOC [%]	
	Conventional control (DTC)	SVM-DTC	Conventional control (DTC)	SVM-DTC	Conventional control(DTC)	SVM-DTC
0	0	0	0	0	50.000	50.000
1	6.1	5.4	1300	1150	49.980	49.990
4	14.9	13.2	3100	2800	49.92	49.93
12	24	20	4900	4100	49.54	49.58
15	9.2	10.1	1900	2100	49.25	49.33
18	11.1	10.1	2300	2100	49.11	49.2

Fuente: (Hicham & Kayisli, 2021: pp. 363)

### 1.6.3 Scooter eléctrico portable

En la investigación de Know y Eu (2017: pp. 427-432), se propone un scooter eléctrico que es portátil y compacto. Se fabrican prototipos de los modelos propuestos, uno de 3 ruedas y el otro de 4 ruedas, lo que permite diseñar un chasis que retráctil y compacto. Para el diseño se utilizó un software CAD, después de tener plasmado el diseño se procedió a su fabricación, para el scooter de tres ruedas se utilizó unas bisagras retráctiles que permitieron que el scooter sea plegable, en cambio para el scooter de 4 ruedas se utilizó un sistema de dirección axial que permitió la adaptación de un sistema retráctil en el chasis. Como resultado, la adaptación tipo plegable en el scooter eléctrico puede ser de tamaño reducido. Además, el scooter de 4 ruedas es más estable que el de 3 ruedas, después de haberse realizado las pruebas de campo ya que es más fácil de manejar y además presenta un mejor rendimiento.

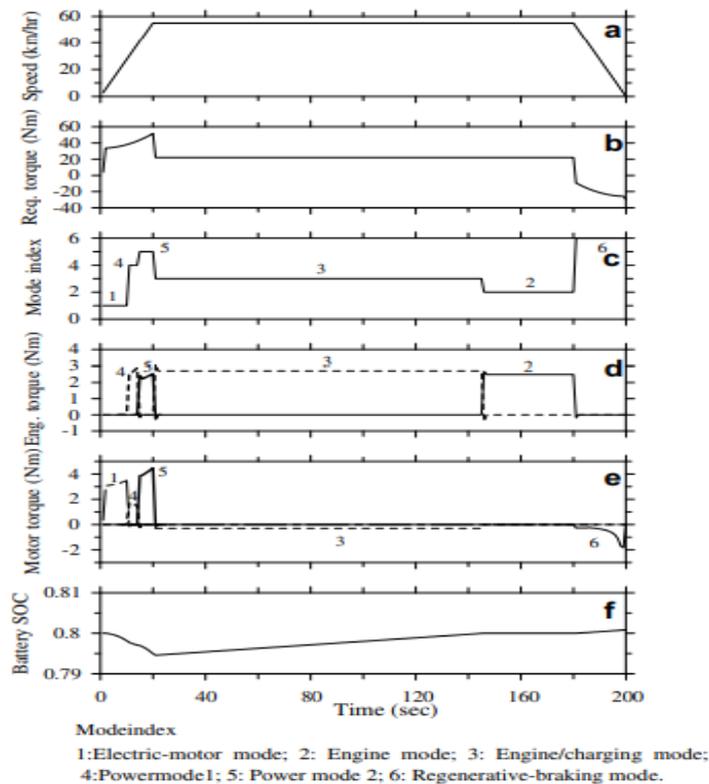
**Tabla 6-1:** Especificaciones de scooter eléctrico de 4 ruedas

Items	Model or Specification
Motor	24V, SK3-6374-149KV
Controller	CCPM SERVO CONSISTENCY MASTER
Battery	14.8V LiPo battery
Driving method	Remote Control
Weight	10.5kg(1 Shaft steering) 11.5kg(2 Shaft steering)
Minimum turning radius	110cm(1 Shaft steering) 120cm(2 Shaft steering)
Max. velocity	14 m/s

Fuente:(Kwon & Eu, 2017: pp. 430)

### 1.6.4 Simulación del tren motriz

En el artículo de Sheu (2008: pp. 589-606), describe el modelado matemático, el análisis y la simulación de un nuevo sistema de propulsión híbrido utilizado en un scooter. La característica principal del tren motriz híbrido propuesto es el uso de un sistema de potencia dividido que consiste en un tren de engranajes planetarios (PGT) de un grado de libertad (dof) y un PGT de dos dof para combinar la potencia de dos fuentes, un motor de gasolina y un motor eléctrico. Los modelos detallados a nivel de componentes para el scooter eléctrico híbrido se establecen utilizando el entorno Matlab/Simulink. Luego se establece una estrategia simple de control de potencia basada en reglas con el objetivo principal de optimizar la economía de combustible del scooter eléctrico híbrido. Los parámetros de evaluación de la simulación son con un ciclo SOC al 40% y 80%. El rendimiento del propulsor híbrido propuesto se estudia utilizando el modelo desarrollado en cuatro ciclos de conducción. Como resultados de la simulación, obtenemos que el SOC de la batería fluctúa durante el proceso de simulación y disminuye gradualmente hasta 0.392 al final del ciclo Soc de 40%, mientras que el par motor oscila entre aproximadamente 1,5 y 2 Nm.

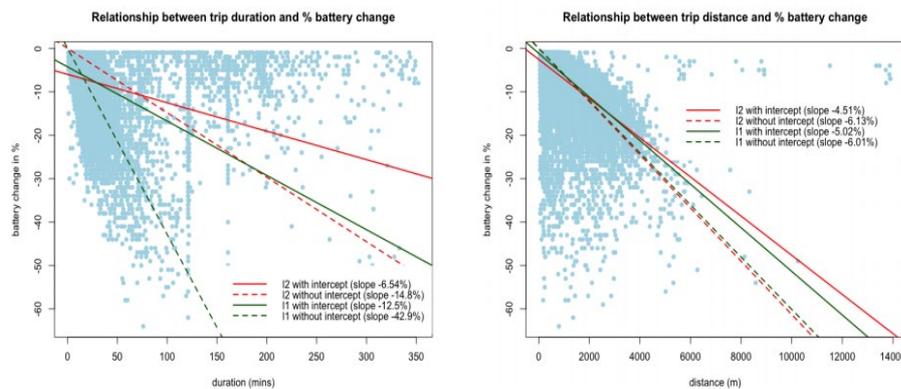


**Figura 17-1:** Resultados de la simulación para el ciclo de crucero ficticio con un SOC inicial del 80%.

Fuente: (Sheu, 2008: pp. 603).

### 1.6.5 Modelo estocástico para las baterías del scooter

En la investigación realizada por los autores (Pender et al., 2020: pp. 1–43), plantean que los scooters eléctricos se están volviendo inmensamente populares en todo el mundo como medio de transporte confiable en muchas ciudades. Como estos e-scooters dependen de las baterías, es importante comprender cuántos de estos e-scooters tienen suficiente duración de batería para transportar a los pasajeros y cuándo estos e-scooters pueden requerir un reemplazo de la batería. Con este fin, desarrollaron el primer modelo estocástico para capturar la dinámica de duración de la batería de los e-scooters de una gran red de scooters. En el modelo, se determinó que las baterías de los e-scooters son extraíbles y reemplazadas por agentes llamados intercambiadores. Por lo tanto, para comprender mejor la dinámica a gran escala del sistema, se probó un teorema del límite de campo medio y un teorema del límite central funcional para la fracción de scooters eléctricos que se encuentran en un intervalo particular de duración de la batería. Aprovechando el límite de campo medio y los teoremas del límite central funcional, se desarrolló un algoritmo para determinar el número de intercambiadores que son necesarios para garantizar niveles de desempeño probabilístico del sistema. Como resultados de una muestra de 100 rutas se tiene un promedio que se necesita 5 intercambiadores para tener un buen desempeño del scooter eléctrico. Finalmente, se mostró a través de una simulación estocástica y datos reales que el modelo estocástico captura la dinámica relevante.



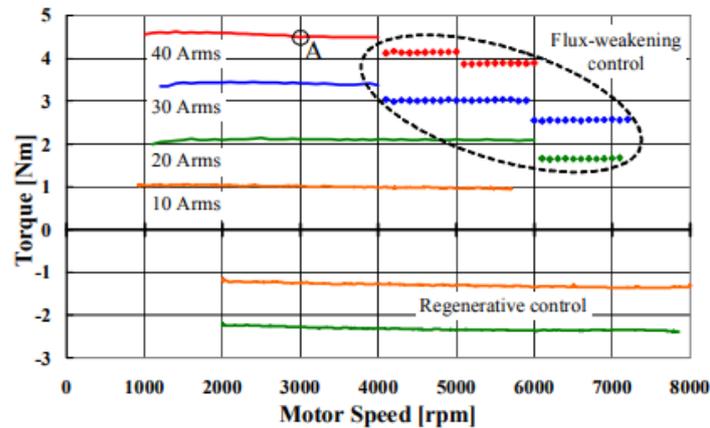
**Figura 18-1:** Duración del viaje en scooter frente a la variación de la duración de la batería (izquierda). Distancia frente a la variación de la duración de la batería (derecha).

Fuente: (Pender et al., 2020: pp. 10)

### 1.6.6 Scooters eléctricos sin sensores

De acuerdo con los autores (Aoshima et al, 2009: pp. 48–54), el artículo presenta un scooter eléctrico sin sensores de nuevo desarrollo, cuyo motor de tracción (IPMSM de magnetización no sinusoidal) se controla mediante un método de control vectorial sin sensores que utiliza el "observador de estado D". Los análisis se realizaron mediante un modelo matemático de PSMN,

un método de control sin sensor y una evaluación en banco de pruebas. A través de un desarrollo real, este documento verifica que los scooters eléctricos sin sensores pueden ser realizables y vuelve a verificar que el observador en estado D tiene un potencial aplicable a otros vehículos eléctricos. Los resultados del experimento del sistema de accionamiento sin sensor arrojaron que con un torque 4 Nm se puede llegar hasta los 6000 rpm.

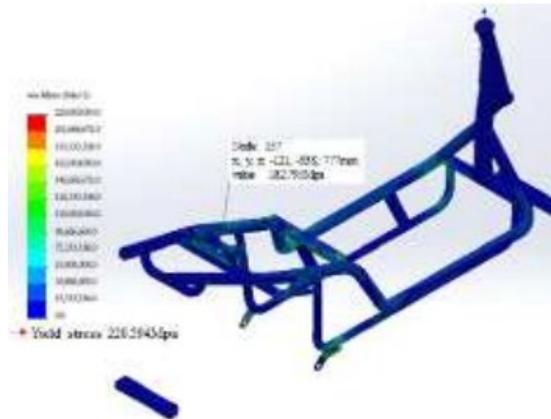


**Figura 19-1:** Resultado de los experimentos de conducción sin sensores.

Fuente: (Aoshima et al, 2009: pp. 51)

### 1.6.7 Análisis del bastidor del patinete eléctrico

Según Hsia y Chou (2013: pp. 920-924), este estudio tiene como objetivo discutir el cambio de resistencia al estrés y la fatiga de los bastidores de patinetes eléctricos soldados bajo cargas, todo esto se logró realizar con la ayuda de software CAD Y CAE. Este estudio se lo realizó mediante un análisis de ingeniería, análisis de fatiga, modelado en SolidWorks y método de elementos finitos. Los análisis se lo realizaron en un solo prototipo de bastidor, pero con diferentes condiciones, muestran que, con un diseño adecuado, el esfuerzo máximo del peso propio de los cuadros de scooter eléctrico o cuando se considera llevar a una persona es menor que el límite elástico del propio cuadro. En cuanto a los análisis de resistencia a la fatiga, la vida operativa podría satisfacer la anticipación de los fabricantes a las funciones. Los resultados que se obtuvieron fueron que los factores de seguridad de los bastidores de los scooters eléctricos presentan 2,126 y 1,207 sobre el peso propio del bastidor y la carga de recepción, por lo que la estructura del bastidor se considera segura. También de acuerdo con cinco pruebas diferentes en carretera, se demuestra que la vida de la resistencia de la soldadura en los bastidores de los scooters eléctricos con un factor de carga único es de 2048 veces de la curva de carga (50.000 km). Por lo tanto, los bastidores diseñados podrían satisfacer las demandas de los usuarios en general.

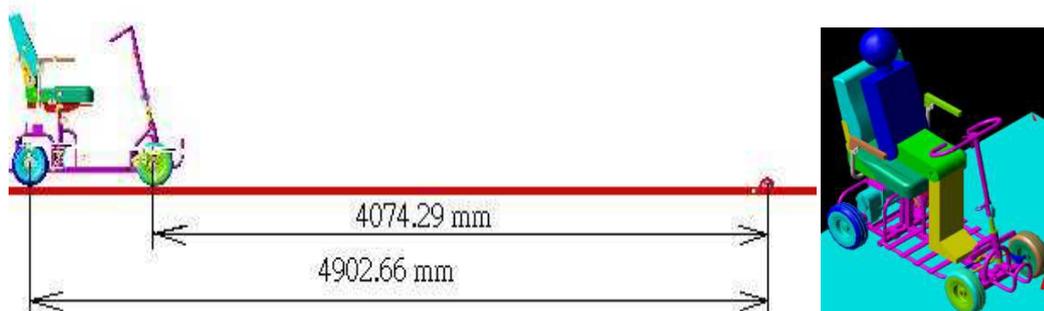


**Figura 20-1:** Distribución de tensiones después de la carga completa análisis del marco

**Fuente:** (Hsia & Chou, 2013: pp. 923)

### 1.6.8 Simulación mediante software CAE

En la investigación realizada por Hwang y Cheng (2014: pp. 365-368), el principal objetivo es proporcionar los métodos y técnicas CAE para mejorar la capacidad de diseño y fabricación de patinetes eléctricos. Las cargas de algunas partes de la estructura y el mecanismo de dirección del patinete eléctrico se analizan con los softwares RecurDyn y ANSYS. La distribución de la tensión del mecanismo de dirección y de la transmisión, se puede calcular y realizar con un software de análisis de elementos finitos. Mediante el uso de la capacidad computacional y la simulación de algunos softwares CAE modernos, se puede encontrar el factor de fatiga del material. El análisis dinámico y la simulación se realizarán con RecurDyn. Se supone que la masa de la parte superior del cuerpo es de 60 kg, el muslo de 30 kg y la pierna de 10 kg. Los resultados de la simulación mostraron que bajo las condiciones de carga el scooter paso la barrera y pudo llegar hasta 4902,66 mm. Por lo queda demostrado que RecurDyn y ANSYS Workbench se pueden utilizar en sistemas complejos de simulación dinámica en aplicaciones prácticas reales. También puede ser eficaz para la calidad del producto en el diseño, la fiabilidad y la eficacia del producto en el futuro.

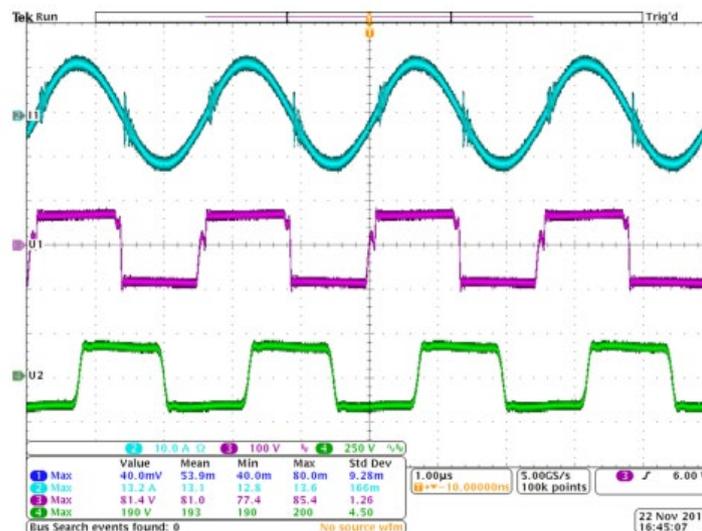


**Figura 21-1:** Simulación del scooter eléctrico

**Fuente:** (Hwang & Cheng, 2014: pp. 367)

### 1.6.9 Cargadores inalámbricos para patinetes eléctricos

Según los autores (Kindl et al., 2019: pp. 3–12), el documento trata sobre el diseño de la construcción y la medición de laboratorio del sistema de acoplamiento inductivo magnético adecuado para cargadores inalámbricos de scooter eléctrico. Se elabora brevemente el proceso de diseño relacionado con la configuración del sistema, el material utilizado para la construcción y las condiciones operativas obtenidas. El documento también analiza el comportamiento térmico de los acopladores que operan bajo carga y describe el equipo de laboratorio completamente automático para las pruebas experimentales del sistema. La configuración de WPT experimental consta de una fuente de CC programable, carga electrónica, analizador de potencia de precisión (ZIMMER LMG 500), inversor de entrada, bobinas WPT con tanque resonante compensado en serie y rectificador de salida. Como resultado, alcanzado una densidad de potencia superior a 2 kW / dm<sup>3</sup>, debido a la potencia relativamente alta transferida a la carga y al mismo tiempo a las pequeñas dimensiones físicas.



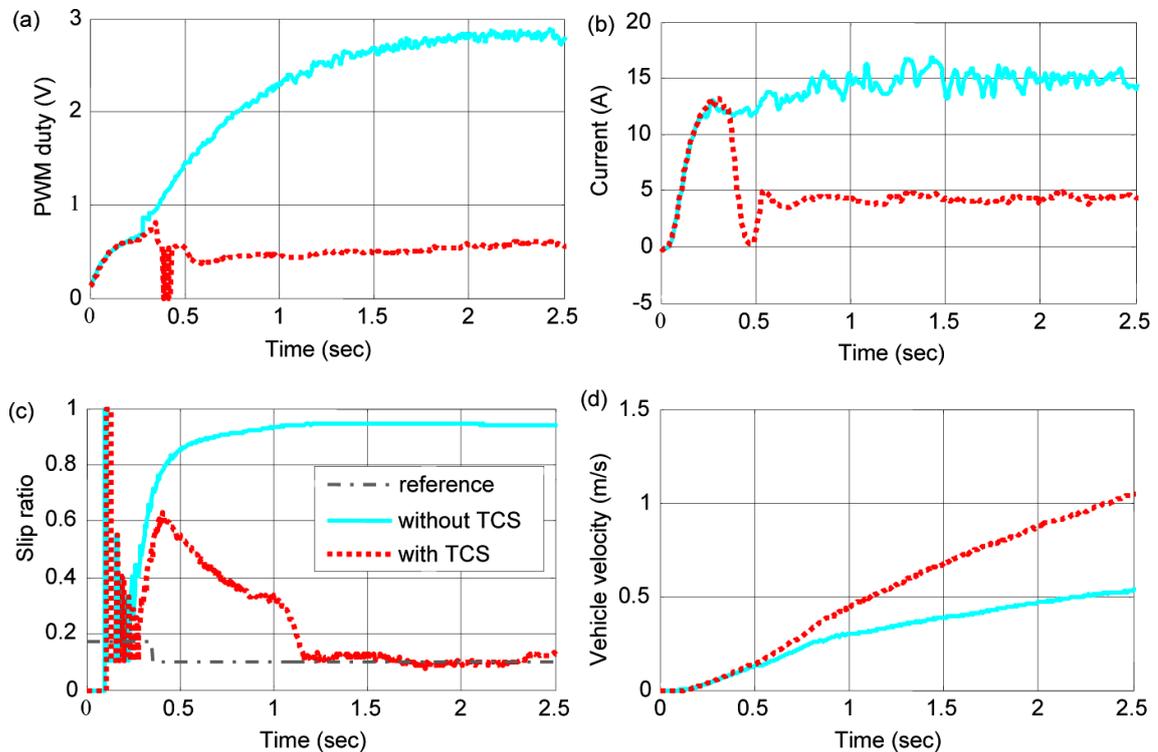
**Figura 22-1:** Formas de onda del oscilograma de las magnitudes eléctricas; tensión de entrada (magenta), corriente de entrada (azul claro) y tensión de salida (verde).

Fuente: (Kindl et al., 2020: pp. 9)

### 1.6.10 Control de Tracción para scooter eléctrico

En el documento de los autores (Chen et al., 2013: pp. 87–100), se propone un sistema de control de tracción (TCS) que utiliza el control difuso autoorganizado (SOFC) para scooter eléctrico. Se utilizan observadores de carga vertical y fuerza de tracción para estimar el coeficiente de fricción de la carretera. El observador del estado de la carretera se utiliza para estimar el gradiente del coeficiente de fricción de la carretera con respecto a la relación de deslizamiento de los neumáticos. La relación de deslizamiento de referencia para TCS se determina utilizando un

gradiente estimado. Según el error y el cambio de error de la relación de deslizamiento, SOFC ajusta la demanda de par para el motor de la rueda. En los resultados experimentales la corriente del motor sin TCS es demasiado grande y la rueda trasera comienza a patinar después de 0,25 s. El TCS propuesto puede detectar deslizamientos, reducir la relación de deslizamiento de referencia y reducir el comando de trabajo PWM y la corriente del motor alrededor de 0,3 s.



**Figura 23-1:** (a) orden de trabajo PWM; (b) respuesta de la corriente; (c) respuesta de la relación de deslizamiento del neumático y (d) respuesta de la velocidad.

Fuente: (Chen et al., 2013: pp. 96)

### 1.6.11 Potencia del motor

Según los autores (Tayade et al., 2019: pp. 1295–1299), el objetivo principal del trabajo es obtener una idea clara sobre la modificación, el cálculo (potencia del motor), también se detalla sobre el scooter eléctrico que funciona con una batería que proporciona de voltaje al motor del buje. Las baterías de iones de litio son las más adecuadas en la tecnología existente para vehículos eléctricos porque pueden ofrecer un alto rendimiento debido a que tienen la capacidad de almacenar alta potencia por unidad de masa de batería, lo que les permite ser más livianas y pequeñas que otras baterías recargables. Los parámetros utilizados para el cálculo de la potencia del motor son el peso del vehículo, longitud del vehículo, anchura del vehículo, altura del vehículo, radio de rueda, relación de caja de cambios, velocidad del vehículo, área del vehículo, coeficiente de rozamiento por rodadura y el coeficiente de arrastre. Los resultados obtenidos fueron que se necesita una

potencia necesaria de 418,882 W para propulsar el vehículo y la tensión nominal de la batería debe ser 48 V. Por lo tanto, se utilizó cuatro baterías de 12 V y 20 Ah en una combinación en paralelo de 48 V y 20 Ah. También se obtuvo el tiempo necesario para cargar la batería mediante adaptador que fue de 3,33 horas.

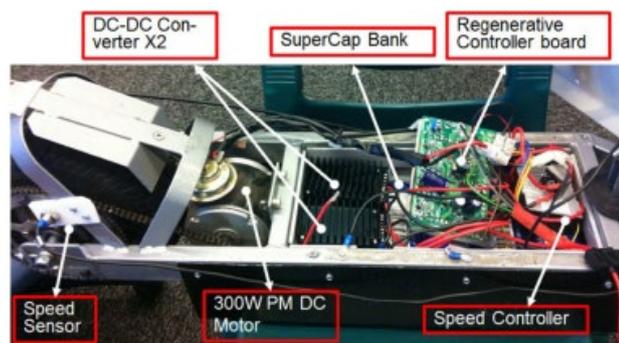
**Tabla 7-1:** Resultados de la potencia del motor en diferentes rangos de velocidades

Speed Range(kmph)	Range km	Average Load Current	Cost of Charging	Cost per km in Rs	Remark
20-30	55-60	11	9	0.1565	On high traffic road
30-40	50-55	17	9	0.1714	On City road
40-55	40-50	20	9	0.2	On highway road

Fuente: (Tayade et al., 2019: pp. 1299)

### 1.6.12 Frenado regenerativo

Los autores (Sun et al., 2014), plantean un sistema de scooter eléctrico inteligente que consta de un controlador de vehículo basado en microprocesador (que integra un controlador de frenado regenerativo integrado), un motor de CC de imán permanente (PM) de 300 W, dos convertidores CC-CC de baja potencia para formar una CC-CC de mayor potencia. paquete de convertidor, un controlador de motor, un banco de supercondensadores y un subsistema de equilibrio de celdas de condensadores. Los parámetros para su evaluación son el análisis de equilibrio de fuerza de scooter, un frenado rápido y un frenado lento. Después de haberse realizado dos pruebas, se obtuvieron los siguientes resultados, primero el frenado lento continuo parece tener una eficiencia de conversión de energía ligeramente superior (en un 1,2%) que el frenado rápido de emergencia, y también está claro que se ha recuperado más energía en la prueba de frenado lento. También en estado estacionario, la corriente promedio para el caso de frenado rápido se mide más alto que el caso de frenado lento cuya corriente de frenado convergió más tarde al valor establecido de velocidad crucero. Esto correlaciona bien la relación lineal entre el par de frenado y la corriente, lo que demuestra la efectividad de la regulación de corriente en el control de par del motor PM DC tanto en el modo de motor como en el de frenado.

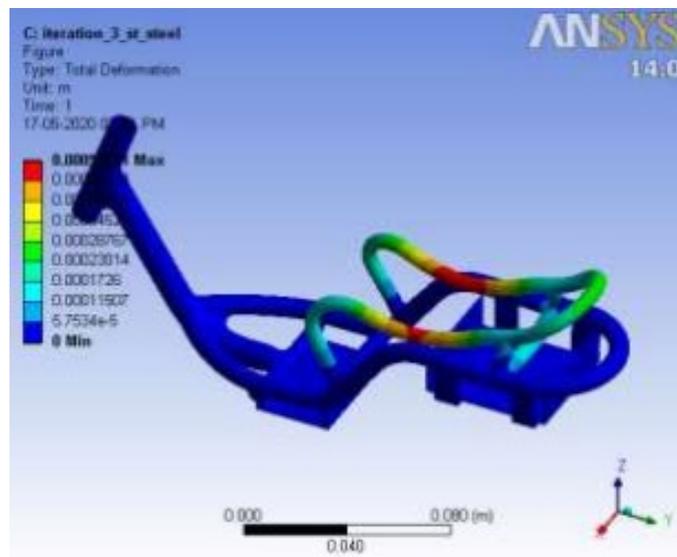


**Figura 24-1:** Componentes/módulos principales del sistema del scooter.

Fuente: (Sun et al., 2014)

### 1.6.13 Optimización y eficiencia

Según Jachaka y KhanB (2020; pp. 1010-1018), el objetivo de la investigación es presentar la solución eficiente al problema de la contaminación y proporcionar un vehículo seguro, fuerte y conveniente. En por ello que se ha considerado varios diseños y formas del chasis que reducirán el peso del vehículo y aumentarán la eficiencia con seguridad del conductor. Para el modelado y el diseño su utiliza el software ANSYS, los diferentes diseños de chasis se analizan bajo condiciones de carga máxima para determinar el factor de seguridad del componente del chasis. Se consideran varios materiales para reducir el peso del chasis y dar la fuerza al marco del scooter. Los resultados obtenidos tras la optimización de la carrocería son muy adecuados para soportar todo tipo de condiciones de carga. Los dos modelos que han sido probados por diferentes condiciones de carga y la tensión inducida es de  $5,1909e+007$  Pa y  $6,5165e+007$  Pa, que son muy inferiores al límite elástico del materializado. También predice que las fuerzas de choque que se producen también son sostenibles por el chasis del scooter.



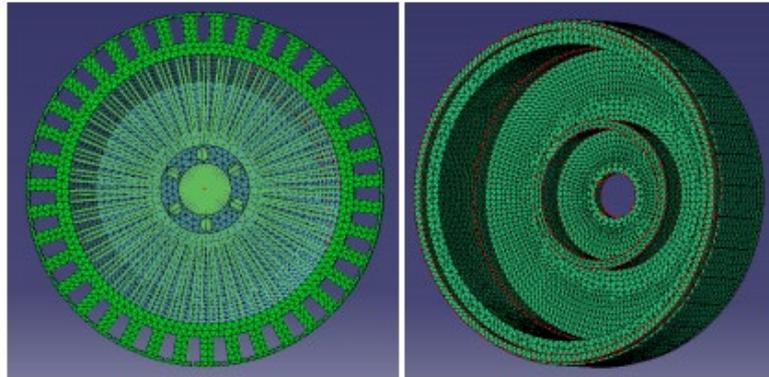
**Figura 25-1:** Deformación Total

**Fuente:** (Jachaka & Khanb, 2020; pp. 1014)

### 1.6.14 Modos de vibración del estator y el rotor

De acuerdo con los autores (Pop et al., 2018; pp. 1-5), en el artículo se describe el comportamiento estructural de una máquina síncrona de imán permanente (PMSM), utilizada para propulsar un motor en la rueda de un scooter eléctrico. Dado que el rotor y el núcleo del estator están bajo la influencia de una fuerza electromagnética, ambas partes de la máquina se analizan por separado. Este análisis se lleva a cabo para observar las formas modales del PMSM, producidas por fuerzas radiales. Estas formas de modo representan, en parte, la imagen de la vibración y el ruido producidos por el PMSM, que es lo que se va a estudiar. El análisis se realiza, en primer lugar,

mediante el software LMS Virtual.Lab, los parámetros que se utilizaron se basan en una discretización apropiada, en un rango de frecuencia mayor y las formas modales de la estructura. También las formas del modo experimental se evalúan realizando las llamadas pruebas de impacto. Los resultados arrojaron que el estator se deforma a 1383 Hz y el resultado después de la deformación corresponde al modo número 2 de forma ovalada, mientras que el rotor se deforma a 3980 Hz.



**Figura 26-1:** Estructura del PMSM estudiado, estator (izquierda) y rotor (derecha)

Fuente: (Pop et al., 2018: pp. 3)

#### 1.6.15 Análisis estático y estudio ergonómico

En la investigación realizada por los autores (Fadzly et al., 2017: pp. 1–9), los propósitos son diseñar y diversificar la función de un cuadro de scooter alimentado por batería que sea más práctico para el factor humano en diseño ergonómico y óptimo. El diseño se basa en ideas que se estudian a partir del cuadro de un scooter existente, también se basa en la patente de los Estados Unidos y de los Estados europeos. Para la idea final del diseño se aplica el método de evaluación matricial. El análisis que se aplica al diseño del bastidor, el brazo, la llanta y el componente del tren de transmisión se basa en el programa Cosmos Express. Las sustancias que se probarán para determinar la conformidad con el diseño del marco principal son con el acero aleado AISI 304, el acero aleado AISI 1020, el acero al carbono fundido y el acero estructural. Para la estructura de diseño que utiliza material AISI 304 diseño más pequeño, el factor de seguridad es 1.8399 cuando la carga de 2000 N ejercida en el medio del marco y el factor de seguridad más pequeño para el diseño de la camisa con material de aleación de acero es 2.7747 cuando la carga de 3500 N se aplica al final de la manga. El factor de seguridad más pequeño para el diseño de la llanta utilizando material AISI 304 Se aplica 18.0763 cuando la carga es de 3500 N. La carga máxima en el bastidor es de 2000 N y se actúa a través del asiento, el centro del bastidor y el asiento con una carga externa adicional de 1000 N. Para el diseño del brazo, la carga máxima es de 3500 N y se actúa en ambos extremos del brazo mientras que la llanta de diseño De manera similar, la carga máxima es de 3500 N con carga ejercida en el exterior y en toda la periferia de la llanta.

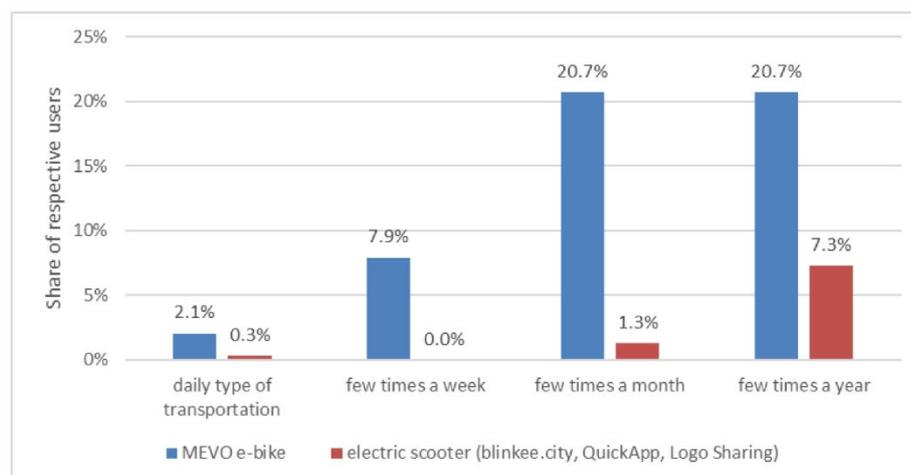


**Figura 27-1:** Diseño de mini scooter desarrollado por el software Auto-Cad.

Fuente:(Fadzly et al., 2017: pp. 8)

### 1.6.16 Movilidad compartida

De acuerdo con los autores Bieliński y Wazna (2020, pp. 9640), el objetivo es determinar las diferencias entre los usuarios de sistemas de uso compartido de bicicletas eléctricas y scooters electrónicos, y las características de su comportamiento de viaje. Este estudio se basa en la encuesta a los ciudadanos de Tricity en el norte de Polonia. En donde las bicicletas eléctricas se utilizan principalmente como transporte de primera y última milla, asimismo para desplazarse directamente a varios lugares de interés, mientras que los patinetes eléctricos se utilizan con mayor frecuencia para viajes de placer. Los encuestados que adoptaron la micro movilidad compartida son generalmente jóvenes y los usuarios de patinetes eléctricos son, en promedio, más jóvenes que los usuarios de bicicletas eléctricas. Como resultados se obtuvieron que el 51% de los encuestados informó usar MEVO y el 8.8% compartió e-scooters. Las bicicletas eléctricas también se utilizaron con más frecuencia. Solo el 0,3% de los ciudadanos encuestados utilizaba patinetes eléctricos a diario, mientras que el 2,1% de los encuestados utilizaba MEVO todos los días. La mayoría de los encuestados usaba e-scooters solo unas pocas veces al año.



**Figura 28-1:** Frecuencia de uso de bicicletas y scooter eléctricos MEVO.

Fuente: (Bielinski & Wazna, 2020: pp. 5)

### 1.6.17 Mejoras al diseño de un scooter eléctrico

Según Chou y Hsiao (2005: pp. 439-449), los patinetes eléctricos se consideran un nuevo producto técnico ecológico y una industria potencial para muchos países, es por lo que los autores describen los trabajos relativos al diseño del producto y la fabricación del prototipo de un scooter eléctrico, que fue el resultado de un proyecto de investigación para el desarrollo de nuevos productos. Para evaluar el rendimiento del prototipo diseñado, se realizó una prueba de conducción en carretera, y se enumeró las especificaciones relacionadas con el scooter eléctrico como se muestra en la Tabla 8-1. En comparación con el scooter eléctrico "Cheng-Gong 520 FORTUNE 200e", según un análisis de muestreo con 50 encuestados, el prototipo final ha conseguido un 32% más de apariencia con respecto al producto anterior, según los factores de evaluación de elegancia, armonía y humanismo. Sin embargo, el rendimiento energético no aumentó según nuestras expectativas iniciales, a pesar de que empleamos un sistema de propulsión más potente con baterías avanzadas de Ni-Zn. Esto se debió al peso del scooter que fue fabricado a mano con cinco capas laminares de esteras de fibra de vidrio y ciertos metales estructurales. Se estima que el peso neto del scooter se reducirá al menos un 10% utilizando materiales ligeros.

**Tabla 8-1:** Las especificaciones del scooter eléctrico "FORTUNE 200e"

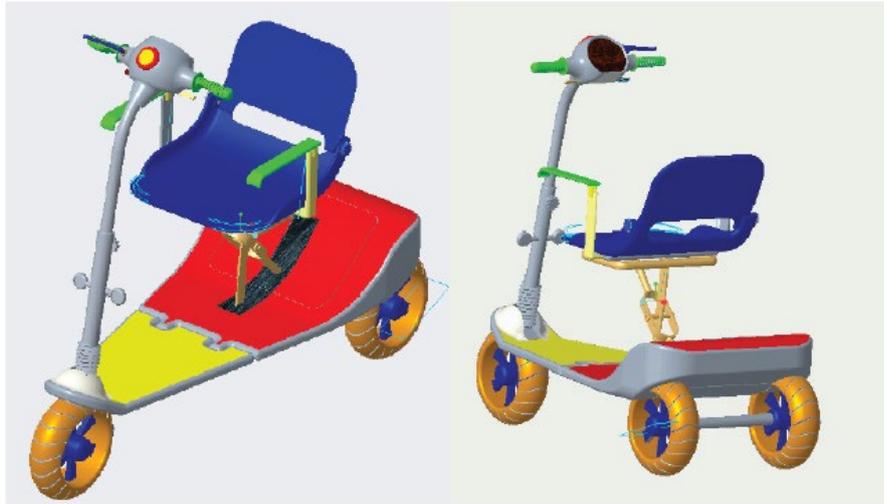
Specifications of "FORTUNE 200e" electric scooter				
Dimensions	Overall length: 1675 mm	Overall width: 660 mm	Overall height: 1070 mm	Wheel base: 1200 mm
Weight	Net weight: 105 kg	Carrying capacity: 110 kg (2 persons)	Gross weight: 215 kg	
Drive	Model: belt-drive		Retardatory ratio: 1:10	
Suspension	Front: tube		Rear: single swing arm	
Brakes	Front: disk		Rear: drum	
Tires	Front: 120/90-10 (tubeless) (pressure 1.30 kg/cm <sup>2</sup> )		Rear: 130/90-10 (tubeless) (pressure 1.50 kg/cm <sup>2</sup> )	
Lamplight	Headlight: 12 V/35 W	Taillight: 12 V/5 W	Turn signal: 12 V/10 W	Brake light: 12 V/21 W
Motor	Model: D.C. 48 V (brushless)	Controller: IGBT/PWM	Horsepower: 4.20 Hp/7200 rpm	
Battery	Model: Sealed Ni-Zn Battery	Dimensions (mm): 326 × 94 × 132	Weight: 6.4 kg × 4 ps	Nominal capacity: 12 V × 22 Ah × 4 ps
Charger	Model: built-in charger	Charging time: 2 h	Charging power: 720 W	
Performance	Terminal speed: 63 km/h	Sloping ability: (tanθ): 11°	Sustainable distances: 80 km (constant 30 km/h)	

Fuente: (Chou & Hsiao, 2005: pp. 448)

### 1.6.18 Scooter eléctrico para personas discapacitadas

En la investigación de Hsiao y Hsu (2018), las personas discapacitadas suelen utilizar el scooter eléctrico como medio de transporte. Sin embargo, el scooter eléctrico diseñado para discapacitados es demasiado voluminoso y no tiene una forma liviana. No solo es incómodo en la carretera, sino que también genera inconvenientes para los jóvenes con discapacidad. Es por lo que en la primera fase del estudio se recogió en primer lugar el patinete eléctrico con mayor cuota de mercado como referencia de diseño; luego se utilizó el análisis de escala de imagen para determinar la posición de mercado del scooter eléctrico. También se obtuvo un diseño detallado

del producto a través del método de gráfico morfológico y el método de estructura finita (FSM). Como resultados de FSM se obtuvo una resistencia de 200Mpa y un factor de seguridad de 1,69.



**Figura 29-1:** Modelado en 3D con vista igual y vista trasera.

Fuente: (Hsiao & Hsu, 2018: pp. 1676)

#### **1.6.19 Motor Hub**

Según los autores (Gruber et al., 2011: pp. 1–6), en su investigación se describe la optimización, el diseño, la construcción y las mediciones de un motor de cubo de rueda para un scooter eléctrico que fue diseñado para reemplazar el motor de cubo de una moto comercial E-max. Para poder sustituir el antiguo accionamiento por el nuevo sin ningún tipo de alteración estructural en el chasis del scooter, el tamaño del motor y el eje están dados por la rueda de 13 pulgadas. Para comparar los resultados de la optimización de elementos finitos el motor prototipo se montó en un banco de pruebas para medir algunos datos característicos. Se utilizó un banco de máquina de carga, un sensor de par y un analizador de potencia. En comparación con el sistema existente, el nuevo concepto cuenta con una potencia, un par, un rango de velocidad y una eficiencia muy superiores. Como resultados se obtuvo una potencia nominal de 13 kW que permite acelerar el vehículo hasta 120 km/h, presentando un rendimiento similar al de una motocicleta de 125 cc. La Tabla 9-1 resume los datos característicos del nuevo sistema de propulsión y del convencional. Se puede observar que, sobre todo, la potencia y la densidad de par han mejorado considerablemente.

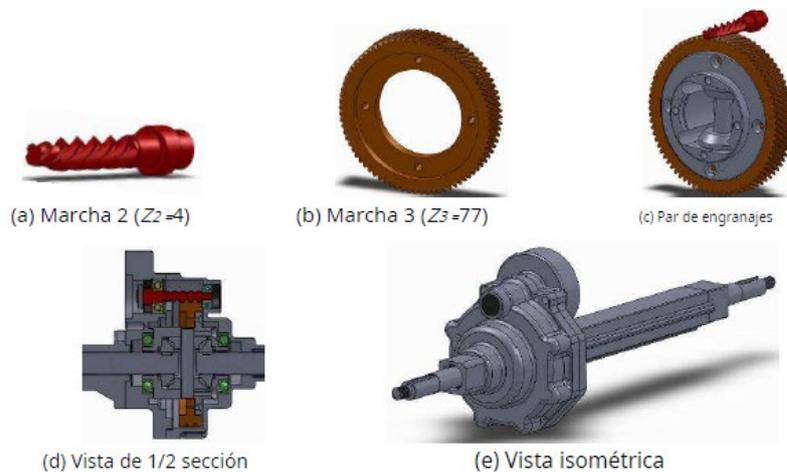
**Tabla 9-1:** Comparación entre el prototipo y el accionamiento estándar E-max

Description	E-max 90	Prototype	Unit
Overall hub drive mass	18	30	kg
Magnetic volume	1,37	2,42	dm <sup>3</sup>
Used constructional volume	3,9	7,07	dm <sup>3</sup>
Magnet mass	0,8	1,25	kg
Continuous max. torque	75	~210	Nm
Current density	12,2	25,3	A/mm <sup>2</sup>
Continuous max. power	~2,8	~18	kW
Air gap diameter	281,5	267	cm
Air gap surface area	309,5	671	mm <sup>2</sup>
Shear stress in the air gap	~17,3	~23,4	kN/m <sup>2</sup>
Power density	0,72	2,55	MW/m <sup>3</sup>
Torque density	19,2	29,7	kNm/m <sup>3</sup>

Fuente: (Gruber et al., 2011: pp. 5)

### 1.6.20 Engranajes rectos

Según los autores (Hsieh et al., 2015: pp. 374–378), plantean que la relación de reducción de un par de engranajes rectos se limita a 4 ~ 7. Para una transmisión de engranajes rectos con una relación de reducción superior a 7, es necesario tener más de dos pares de engranajes. Por lo que se propone un reductor de engranajes rectos helicoidales con un par de engranajes que tiene una relación de reducción de 19.25 para sustituir el reductor de engranajes con dos pares de engranajes. Con base en el teorema de la involuta, se obtienen los datos del engranaje del par de engranajes rectos helicoidales. Como resultados se obtiene un módulo normal de 1,25 mm y un ángulo helicoidal de 32,5°, también el par de engranajes rectos puede tener una alta relación de reducción 20~30, según los datos del engranaje, se realiza su correspondiente dibujo de ingeniería como se puede visualizar en la Figura 30-1.



**Figura 30-1:** Dibujo técnico del sistema de transmisión con pocos dientes para scooter

Fuente: (Hsieh et al., 2015: pp. 376)

## **CAPITULO II.- MARCO METODOLÓGICO**

### **2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.1 Método Inductivo-Deductivo**

De acuerdo con Bernal, el método inductivo-deductivo es un procedimiento de ilación con base en la lógica y vinculado con el análisis de hechos particulares, aun cuando es deductivo en un sentido pues parte de lo general a lo particular e inductivo en sentido opuesto, debido a que va de lo particular a lo general (Bernal, 2006: pp. 56). Para el diseño del patinete eléctrico se utilizará el método inductivo-deductivo para consolidar que fenómenos físicos van a actuar en la simulación del prototipo, teniendo en cuenta los diversos parámetros obtenidos del estudio de la literatura, que ayudará a diseñar un chasis que permita albergar el motor, la batería y el tren de transmisión. Para ello se realizará varias iteraciones que permitirá seleccionar el mejor prototipo, luego de un análisis de todos los datos de las simulaciones.

Por otra parte, se simulará las fuerzas en tiempo real del chasis con 3 materiales diferentes: Acero aleado fundido, Acero galvanizado y Aleación de aluminio 1060, además se compara el desempeño del prototipo por medio de pruebas de ruta, tomando en cuenta el terreno demográfico de la ciudad de Ambato, para ello se debe realizar la delimitación del área, la selección de los vehículos y por último el análisis de resultados.

Para la realizar la configuración del chasis, se deberá realizar una estructura liviana tomando en cuenta, el tipo de material, la resistencia que posee el mismo y la ductilidad, todo eso se realizará con la ayuda de software CAM. También, la presente investigación se basa en la seguridad de los transeúntes como de las personas que optan por la adquisición de un patinete eléctrico.

## **2.2 Métodos Científicos**

### **2.2.1 Métodos Empíricos**

Conforme con Rodríguez y otros autores, los métodos empíricos se apoyan en la vivencia del contacto con la realidad; es decir, se sustentan en la experimentación y el razonamiento que contiguo a la observación de fenómenos y su análisis estadístico, son los más usados en el campo de las ciencias sociales y en las ciencias naturales (Rodríguez et al., 2021: pp. 33). En esta investigación es necesario la utilización del método empírico ya que este se enfoca en la experimentación y la observación de los resultados que entregan los diferentes softwares CAM para su interpretación y análisis desde el punto de vista ingenieril para determinar si el diseño estructural es factible para su ensamblaje.

Según lo que plantea César Bernal (Bernal, 2006: pp. 227), la observación, como técnica de indagación científica, es un procedimiento severo que se apoya en la captación directa del objeto de investigación y posibilita conocer, de manera eficaz, el objeto de análisis para después explicar y examinar circunstancias sobre la realidad estudiada. El método de observación se utiliza para determinar los resultados que brinda la simulación estructural del chasis, en donde se debe analizar el factor de seguridad, el esfuerzo de Von Mises y la deformación que se pueda producir en el chasis, con estos resultados se determina si el prototipo es seguro y fiable para su construcción.

La experimentación, procedimiento usual de las ciencias experimentales y las tecnologías, se basa en el análisis de un fenómeno, fabricado principalmente en un laboratorio para su estudio en condiciones particulares, eliminando o introduciendo aquellas variables que logren predominar en él. Se entiende por variable o constantemente alterable a todo aquello que logre producir cambios en los productos de un experimento (Cabezas et al., 2018). El método de experimentación ayuda a determinar si existen correcciones en el modelado del chasis, por eso las simulaciones que realicemos en el programa de SolidWorks perfeccionan los diseños realizados. Permitiendo así que el patinete se ensamble bajo todos los parámetros requeridos, para que al final podamos obtener resultados que validen la hipótesis, además de generar conocimiento que puedan ser replicados y ser profundizados.

## **2.3 Metodología**

### **2.3.1 Metodología Cuantitativa**

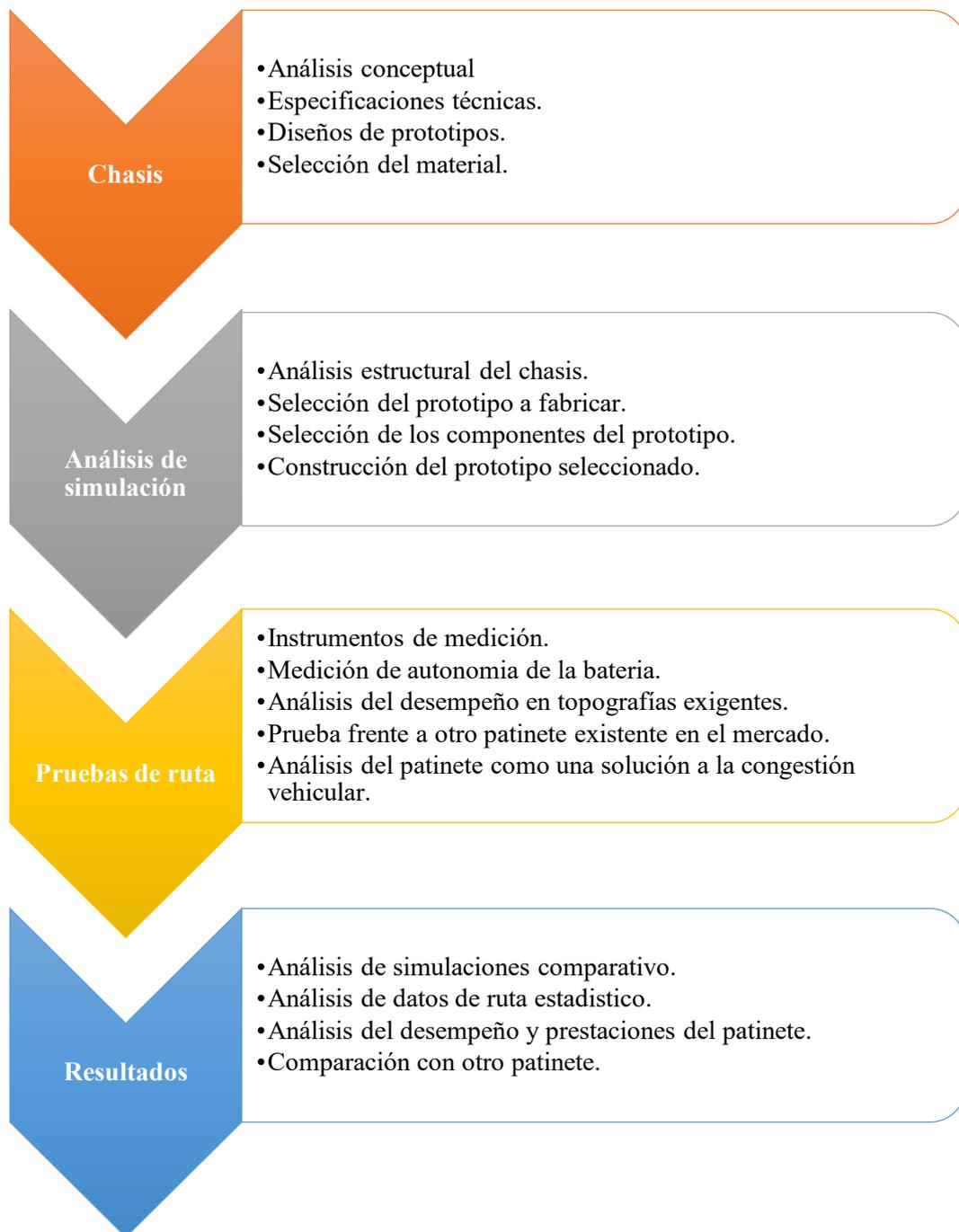
El método cuantitativo o método tradicional, de acuerdo con Bernal, se apoya en la medición de las peculiaridades de los fenómenos sociales, lo que implica proceder de un marco conceptual referente al conflicto examinado, una colección de postulados que manifiesten relaciones entre las variables analizadas de forma deductiva. Este método propende a generalizar y regularizar resultados (Bernal, 2006: pp. 57). Esta investigación es de tipo cuantitativa, tomando en cuenta las variables estáticas y dinámicas de los diferentes prototipos que se van a simular.

Para este estudio se tomará en cuenta diferentes variables dependientes e independientes, por ejemplo, los elementos del chasis como un objeto estático y dinámico. Es por ello, que se examina la referencia de diferentes bastidores de patinetes como el espesor y el diámetro del tubo, además se considera los soportes de posición de montaje junto con el espesor. También se tendrá presente las propiedades del material del bastidor y sus partes aliadas para realizar los cálculos de diseño, en donde se asumirá los parámetros requeridos.

A continuación, se modelará la estructura del marco en SolidWorks para diferentes dimensiones. El mallado de elementos finitos de estos modelos se realizará en SolidWorks, así mismo, los elementos, los parámetros de carga y las propiedades de los elementos se definen en el mismo software. Por otra parte, los modelos mallados se importan a la ventana de simulation de SolidWorks para su resolución. Luego se registran los resultados con el fin de analizarlos.

## 2.4 Diagrama de flujo del marco metodológico

Este tipo de diagramas se utiliza para desglosar los temas a tratar en un proyecto, por lo cual su orden debe ser secuencial para entender el proceso a seguir y cuáles fueron los principales parámetros a estudiarse. En el Gráfico 1-2, se describe los temas a tratar en el marco metodológico para el diseño y construcción del patinete eléctrico, desde su modelado hasta su ensamblaje.

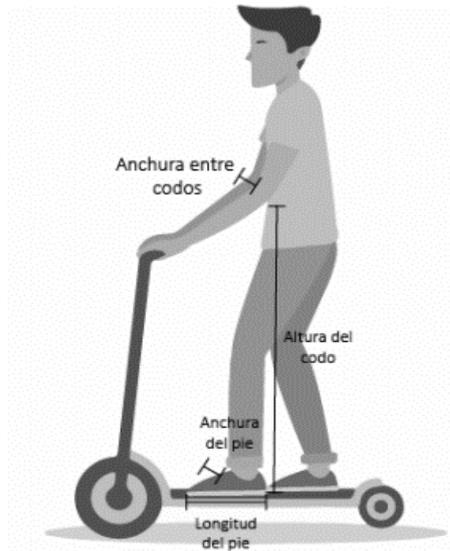


**Gráfico 1-2:** Diagrama de flujo del marco metodológico

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

## 2.5 Análisis conceptual

Para el diseño del patinete es necesario definir las dimensiones de esta, no solo se debe plantear las formas que se van a realizar. Para ello es necesario conocer las medidas antropométricas para que el usuario se sienta más cómodo. Estas medidas se las encuentra en las normas UNE EN ISO 7250, normas en las cuales se encuentran las medidas básicas del ser humano (UNE, 2017). Al seleccionar las medidas antropométricas para la elaboración del patinete se debe tener en cuenta la postura del cuerpo al momento de montarse en el patinete y al conducirlo (Benjumea, 2001).



**Figura 1-2:** Postura ergonómica

Fuente: (Morante, 2019: pp. 62)

Al mantener la postura de la Figura 1-2, las dimensiones más utilizadas son las siguientes:

- **Anchura entre codos:** Es la distancia que se forma entre el eje horizonte de las superficies laterales externas de ambos codos. Es dimensión primordial porque determinará la distancia en la que debe situarse el mango del patinete y por ello se determinará la distancia que existe entre ellos
- **Altura del codo:** Es la distancia que debe existir entre el apoyo de la planta del pie hasta el codo flexionado. Esta medida es importante porque al momento de conducir se realiza con las manos en el mango y con los brazos flexionados a 90°. Por lo que se debe considerar la altura del codo para situar el volante del patinete.
- **Longitud y anchura del pie:** Se debe considerar la distancia máxima que existe entre la punta del pie y el talón. Las dimensiones permiten determinar las zonas que ocupa el pie en la base del patinete. En donde se debe considerar la distancia de la base para apoyar los dos pies, para que no ocurran molestias (INSHT, 2017).

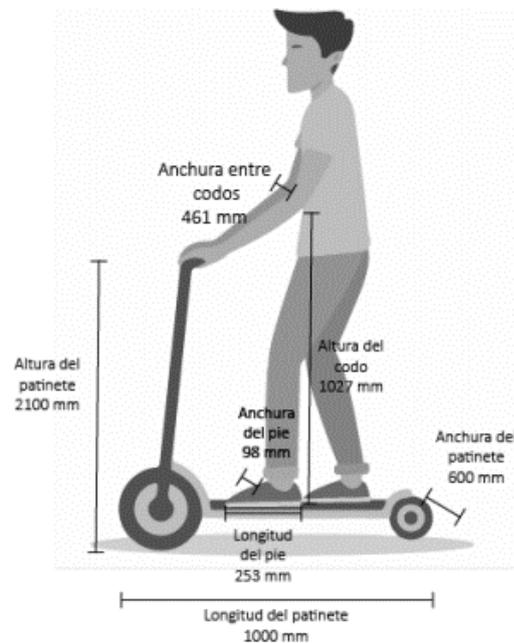
Como se ha dicho previamente, las dimensiones seleccionadas son las del percentil 50, por tanto, las siguientes:

**Tabla 1-2:** Medidas antropométricas

DESIGNACIÓN	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA	P50
Altura del codo	1721	1027.24 mm	1027 mm
Anchura entre codos	1717	457.85 mm	461 mm
Longitud del pie	1721	251.55 mm	253 mm
Anchura del pie	1715	97.10 mm	98 mm

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

En consecuencia, las medidas ideales que debe regirse el patinete de acuerdo con la tabla 1-2, teniendo en cuenta las específicas de la normativa para la tipología L1e y las medidas antropométricas elegidas como fundamentales son las mostradas en la figura 2-2 (Morante, 2019: pp. 63). A todas las medidas ergonómicas mostradas en la figura 2-2, se les aplicará una tolerancia de  $\pm 10\%$  para la etapa de concepción del producto. De este modo, se da margen a modificaciones por requerimientos mecánicos y de fabricación.



**Figura 2-2:** Postura ergonómica y medida antropométrica

**Fuente:** (Morante, 2019: pp. 63)

## 2.6 Especificaciones técnicas

En la actualidad el Ecuador no cuenta con una normativa para los patinetes eléctricos que establezcan los parámetros de fabricación, es por ello, que se consideró trabajar con el Reglamento UE N°168/2013 que es relativo a la homologación de los vehículos de dos o tres ruedas y los cuatriciclos, y a la vigilancia del mercado de dichos vehículos (EUR-Lex, 2013). De acuerdo con las especificaciones técnicas de los vehículos de movilidad personal se tomó en cuenta la categoría L1e porque permite alcanzar una mayor velocidad y potencia máxima de acuerdo con las demás categorías, por lo tanto, para su homologación hay que seguir con las especificaciones de la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Especificaciones técnicas L1e

Especificaciones técnicas para la Categoría L1e	
Longitud	≤ 2500mm
Anchura	≤ 1000mm
Altura	≤ 2000mm
Ruedas	2
Potencia nominal	≤ 4000w
Velocidad máxima del vehículo	≤ 50km/h
Masa máxima	Sin restricción depende de cada fabricante.
Frenos	Si
Luces y elementos reflectantes	Si

Fuente: (EUR-Lex, 2013)

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

Para la movilidad de estos vehículos se debe tener en cuenta el Real Decreto 970/2020 el cual establece que:

- No se permite circular por aceras.
- Los VMP tiene categoría propia como vehículos.
- Es obligatorio el uso de cascos y chaleco reflectivo.
- Los vehículos necesitan matricula.
- Los vehículos tienen que ser homologados.
- Es de uso personal.

- Requiere permiso de circulación tanto del vehículo como de la persona.
- Se limita 30 km/h en zonas urbanas.
- No pueden circular por las ciclovías, solo por la calzada (BOE, 2020).

## **2.7 Diseños de prototipos**

Este trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar y construir un patinete eléctrico que se pueda movilizar por todo tipo de terreno, es por ello, que se realizó el modelo de 3 prototipos con diferente geometría, dimensiones y características. También es importante que el diseño del chasis cumpla con las dimensiones correctas para albergar a los componentes eléctricos como la batería y el controlador. Una de las principales innovaciones que se quiere tener en el diseño de los prototipos, es que se pueda movilizarse por cualquier tipo de terreno, por lo que se implementó una suspensión en el chasis que permite absorber las irregularidades del terreno y mejorar la comodidad y agarre respecto a otros modelos del mercado. Para los requerimientos que posee la resistencia el chasis se debe diseñar de forma que las cargas actúen sobre este. Las fallas en función de la resistencia pueden ser causadas por fatiga del material, por esta razón se debe hacer un correcto análisis estático y dinámico del cual se obtendrá características del material (Arias, 2020).

Una vez que se han analizado las medidas ergonómicas y especificaciones técnicas, se procede a idear formas que tendrá el patinete eléctrico a desarrollar. Las ideas se consolidaron con la ayuda de SolidWorks, Para la realización del patinete, primero se diseñará geométricamente los prototipos, partiendo desde la creación un croquis en 2D, donde se realizaron las acotaciones, luego se convirtió los modelos en 3D, en donde con las diferentes vistas observamos el diseño terminado de los prototipos (García & Barba, 2021).

## **2.8 Selección del material**

El uso de material estándar y comercial se tiene muy en cuenta al momento de realizar las simulaciones. Por esto, se evalúan diversos tipos de tuberías y perfiles del mercado para la construcción del patinete. De acuerdo con el mercado ecuatoriano y a la disponibilidad del acero se seleccionaron tres tipos de materiales, acero aleado fundido, acero galvanizado y aleación de aluminio 1060.

### **2.8.1 Acero aleado fundido**

Este acero aleado fundido se lo utiliza para la fabricación de piezas mecánicas o estructurales, además este acero posee mayor resistencia ya se al impacto, corrosión o a altas temperaturas. Para

una correcta selección de material a trabajar es necesario tener en cuenta tablas de propiedades mecánicas, con factores determinantes al momento de trabajar el material o de especificar límites de operación. En la tabla 3-2 se muestra un ejemplo de la tabla de propiedades mecánicas de acero aleado fundido (Molina et al., 2019).

**Tabla 3-2:** Propiedades del acero aleado fundido

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Módulo elástico	1.9e+11	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	7.8e+10	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	7300	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	448082500	N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	241275200	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	1.5e-05	/K
Conductividad térmica	38	W/(m·K)
Calor específico	440	J/(kg·K)

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

### 2.8.2 Acero galvanizado

El acero galvanizado posee varios beneficios como es económico, resistente a la corrosión y al oxido, también este acero puede resistir aproximadamente 50 años sin mantenimiento previo. Este material se lo puede utilizar en varias aplicaciones como la construcción de tuberías, accesorios para el hogar, vallas metálicas entre otras. En la tabla 4-2 se muestra un ejemplo de la tabla de propiedades mecánicas del acero galvanizado (Molina et al., 2019).

**Tabla 4-2:** Propiedades Mecánicas Acero Galvanizado

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Módulo elástico	2e+11	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D
Densidad de masa	7870	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	356900674.5	N/m <sup>2</sup>

Límite elástico	203943242.6	N/m <sup>2</sup>
-----------------	-------------	------------------

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 2.8.3 Aleación de aluminio 1060

La aleación de aluminio 1060 posee tratamiento químico que permite resistir a la oxidación y como tratamiento mecánico posee cepillado y pulido, es resistente a la corrosión y su peso es ligero, Este aluminio se utiliza en la construcción, maquinaria, para publicidades, entre otros. En la tabla 5-2 se muestra la tabla de propiedades mecánicas de la aleación de aluminio 1060 (Blanco & Vereá, 2016).

**Tabla 5-2:** Propiedades Mecánicas Aleación de aluminio 1060

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	6.9e+10	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.33	N/D
Módulo cortante	2.7e+10	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	2700	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	68935600	N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	27574200	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	2.4e-05	/K
Conductividad térmica	200	W/(m·K)
Calor específico	900	J/(kg·K)

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

Al analizar las características de los materiales, se determinó que el acero galvanizado posee mayores características en comparación a los otros materiales porque la ductilidad, la tracción y la resistencia, permiten deformarse plásticamente sin romperse, además absorben mejor las vibraciones transmitidas por el terreno. Este acero permite mejor soldabilidad respecto a los demás, porque se puede trabajar con cualquier tipo de suelda, también las aleaciones que posee ayudan a disminuir el peso, por lo que construir con este acero sería la opción más factible.

## 2.9 Análisis de elementos finitos

El análisis de elementos finitos permite identificar el número de elementos estructurales a ello se denomina “elementos finitos”. Este análisis se lo realiza a elementos que ejecutan una carga con el fin de determinar cómo actúa un producto para poder realizar las mejoras. En el análisis se debe tener en cuenta los elementos finitos denominados nodos y las uniones denominadas mallas. La calidad final depende del tamaño de la malla, la cantidad de nodos y los tipos de elementos. A través de este análisis se determina las tensiones, deformaciones y cómo se comporta el material en ciertas condiciones (Mirlisenna, 2016).

Posterior al modelado del chasis del patinete, se debe realizar diferentes estudios, que respalden el funcionamiento correcto de este. Además, se determinarán los parámetros correctos para examinar las características del chasis. Para modificar un prototipo se lo realiza por medio de un modelo matemático de cálculo denominada método de elementos finitos (MEF). El modelado de varios prototipos no es tan necesario, ya que el inicial nos acerca al diseño ideal (Soler, 2014).

La rigidez de un elemento es la capacidad para soportar la fuerza sin desplazamiento ni deformación. Se considera que un coeficiente de rigidez es una cantidad física que incrementa la rigidez de un elemento bajo diversas combinaciones de carga. La rigidez se calcula entre la fuerza y el desplazamiento obtenido por el uso de dicha fuerza (Soler, 2014). La ecuación 1 permite calcular el valor de rigidez de los prototipos en cada simulación para verificar cuál es el que tiene mayor resistencia.

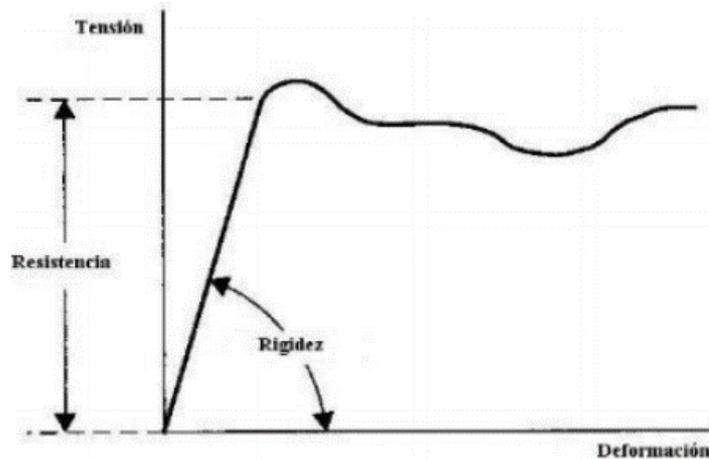
$$K_t = \frac{F_t}{\delta t} \quad (1)$$

Donde:

$F_t$  → es la fuerza estática aplicada sobre el cuerpo en Newton.

$\delta t$  → es el desplazamiento producido debido a la fuerza en metros.

$K_t$  → es el valor de rigidez en N/m.



**Figura 3-2:** Curva de Tensión – Deformación

Fuente: (Soler, 2014: pp. 43)

## 2.10 Análisis Estructural del Chasis

En el análisis estructural de un chasis para predecir su comportamiento y efectos de las acciones sobre la totalidad o en parte de la estructura se debe realizar un análisis del comportamiento, esto se define como la cantidad en la que se modifica el elemento respecto a su posición inicial que se ocupa en el diseño que se analiza. Existe una gran variedad de áreas en la que se puede realizar análisis estructurales, estos análisis influyen en su funcionalidad y en el diseño que se maneje, en donde se puede calcular campos eléctricos, temperatura, esfuerzos mecánicos, desplazamientos, voltajes, entre otros (Jeyapandiarajan et al., 2018).

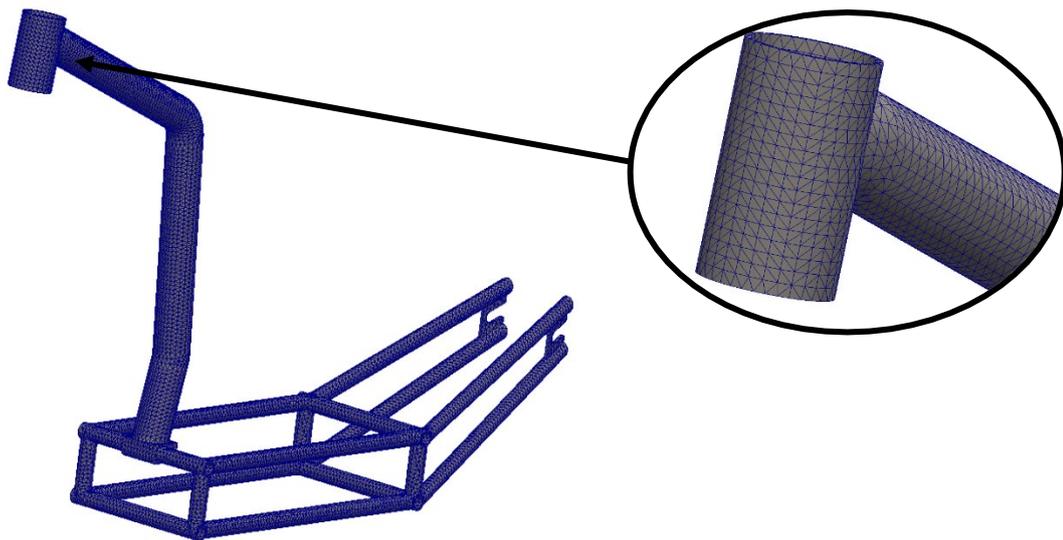
La función  $f_i$  interpolada se la denomina un elemento finito de una región en el espacio, esta debe mantenerse con una continuación entre elementos para realizar el ensamble. Para el análisis estructural  $f_i$  se debe seguir estos pasos (Celigüeta, 2011).

- **División de la estructura.** Se inicia realizando el diseño, después de ello se realiza una segmentación de los elementos por medio de un software computarizado, creando un enmallado o una red sobre el diseño
- **Formulación de propiedades.** En este paso se determina las cargas nodales que están relacionadas a los estados de deformación.
- **Ensamble de los elementos.** Los elementos divididos se deben acoplar junto con las cargas nodales determinadas.
- **Aplicación de cargas conocidas.** Se debe aplicar las cargas nodales, momentos y fuerzas, sobre el diseño.
- **Soporte de la estructura.** Se establecen algunos desplazamientos nodales para los valores conocidos, generalmente son cero.

- **Resolución de ecuaciones.** Por medio del software computacional se resuelven las ecuaciones algebraicas simultaneas en donde se determinan los grados de libertad nodales.
- **Cálculo de deformaciones.** Se debe calcular las deformaciones resultantes de las cargas aplicadas y los grados de libertad obtenidos.
- **Cálculo de esfuerzos.** El cálculo de esfuerzos se realiza a partir de los valores de deformación obtenidos (Celigüeta, 2011).

### 2.10.1 Mallado

La precisión de la simulación depende de la calidad de mallado empleado y el tamaño de los elementos, si estos se degradan al sufrir un esfuerzo o deformación, requerirá que se aplique una mejor calidad de mallado, por lo que se aplicó una mallado fino de alta calidad con el propósito de obtener mejores resultados, porque la precisión de los métodos de elementos finitos depende de la cantidad de nodos y elementos, del tamaño y de los tipos de elementos de la malla. Por lo tanto, cuanto menor sea el tamaño y mayor el número de elementos en una malla, más precisos serán los resultados del análisis. En la figura 4-2, se observa el tipo de mallado realizado en el bastidor del prototipo (Orellana et al., 2019).



**Figura 4-2:** Mallado de chasis

Realizado por: Garcés M., 2021

## 2.10.2 Análisis de tensiones y deformaciones

Por el método de análisis finitos se realiza los modos de flexión del eje, la torsión y el modo de giro. Con el fin de acoplar la dirección, el eje de transmisión y el eje de los elementos sólidos, cada elemento de la deformación de la pendiente transversal de la vibración de torsión, para el elemento asociado tiene que dividir el enlace del elemento con los pasadores. La construcción de la dirección y de los componentes del eje de transmisión flexible se basan en cálculos de análisis del método de elementos finitos. El análisis FEM es realizado por SolidWorks (Zienkiewicz, 2010). Los puntos críticos para destacar son los siguientes:

### 2.10.2.1 Límite de fluencia.

Es el punto en el cual la deformación aumenta velozmente sin un incremento proporcional en el esfuerzo. La resistencia de fluencia  $S_y$  es la tensión a la cual el material presenta una deformación permanente (Arias, 2020). La ecuación 2 nos permitirá conocer en la simulación la ductilidad y resistencia a la rotura de los diferentes materiales en los prototipos diseñados.

$$N = \frac{S_y}{\sigma_1} \quad (2)$$

### 2.10.2.2 Resistencia última

Determina la tensión máxima o el esfuerzo que resiste un material antes de fracturarse, se lo denomina  $S_{ut}$ . (Arias, 2020). La ecuación 3 nos ayudará a calcular la resistencia máxima que soportará cada prototipo antes de su rotura.

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad (3)$$

### 2.10.2.3 Factor de seguridad

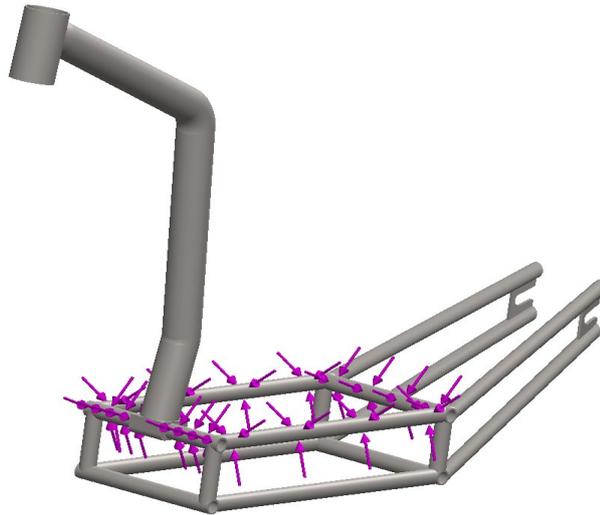
Para que no exista una falla estructural, las cargas de las estructuras deben ser mayores a las cargas a las que son sometidas, en otras palabras, la resistencia real de una estructura debe ser mayor que la resistencia requerida (Arias, 2020). La ecuación 4 del esfuerzo efectivo de Von misses en la simulación permitirá obtener la tensión máxima y mínima de cada prototipo.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}{2}} \quad (4)$$

### 2.10.2.4 Cargas estáticas

Para determinar las cargas estáticas se utilizará diferentes tipos de cargas puntuales sobre el bastidor, de tal forma que, el piloto y pasajero se los ubicará en la parte posterior del chasis (García

& Barba, 2021). Como se observará en la figura 5-2, las flechas moradas representarán la sumatoria del peso de la persona, del controlador y la batería que van a estar presente en la base del chasis.



**Figura 5-2:** Simulación de cargas de chasis

Realizado por: Garcés M., 2021

### 2.11 Selección del prototipo a fabricar

El diseño del patinete eléctrico se lo realiza a través de SolidWorks, en donde se toma en cuenta la información que se adquirió en la investigación, para realizar un análisis de resultados de la tensión, desplazamiento, deformación, y factor seguridad para así convertir las necesidades técnicas a tangibles y reales de manera que se pueda adaptar en el prototipo (Aparicio, 2012). Al finalizar con el análisis también se evaluará en tomará cuenta los siguientes objetivos:

- Resistente
- Seguro
- Estético
- Fácil e intuitivo
- Fabricable
- Poco mantenimiento
- Productivo

### 2.12 Selección de los componentes del prototipo.

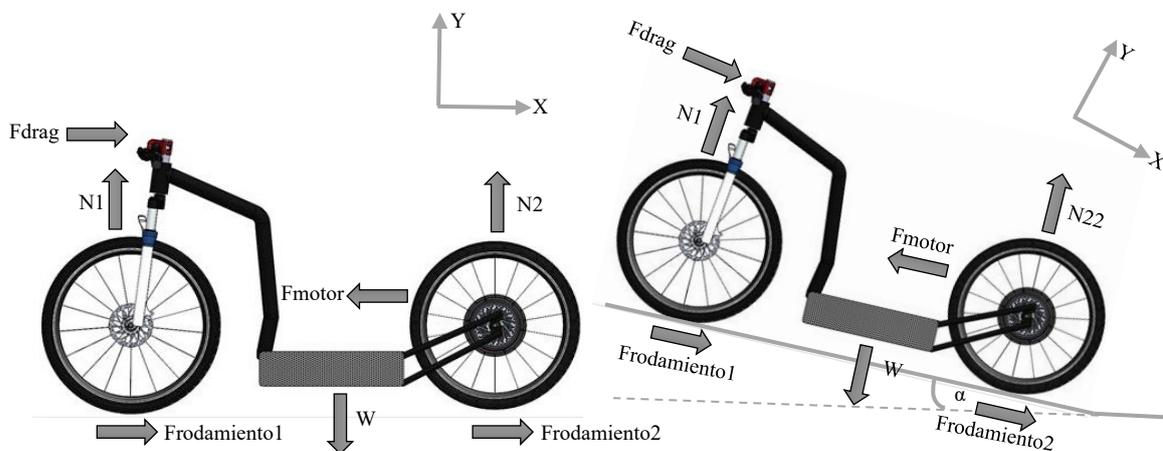
Para seleccionar los componentes que se incorporarán al patinete eléctrico, se deben realizar cálculos a fin de escoger la batería y el motor demandado con respecto a los propósitos planteados en el trabajo de investigación, por lo que se estudió diferentes casos dinámicos en los que se

apreció varios resultados dependiendo de los parámetros analizados, con el propósito de realizar una correcta selección. Con respecto al controlador se analiza los resultados del motor para su correcta selección, en cambio los demás componentes se debe considerar los siguientes pasos:

- Identificar las características de los equipos, para su implementación.
- Determinar qué tipo de componentes se va a utilizar.
- Seleccionar el dispositivo.

### 2.12.1 Motor Eléctrico

Para la búsqueda del motor eléctrico del patinete se debe tener en cuenta las características de este, en donde en algunos casos son las transmisiones directas que forman parte de la rueda. Después de ello se debe realizar una elección del modelo hasta encontrar el motor ideal. También se debe realizar un cálculo de potencia necesaria que permita mover el prototipo con el peso del chasis y la persona. En la Figura 6-2 se puede visualizar el diagrama de cuerpo libre del patinete que nos ayudara a determinar las diferentes ecuaciones para la selección de la potencia del motor.



**Figura 6-2:** Diagrama de cuerpo libre del patinete

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

La ecuación 5 es la sumatoria de fuerzas en  $Y$  del patinete, la ecuación 6 es la sumatoria de fuerzas en  $X$ , la ecuación 7 nos ayudará a determinar la fuerza de dragado, la ecuación 8 permitirá calcular la fuerza a la rodadura, con la ecuación 9 calcularemos la fuerza del motor y la ecuación 10 determinará la potencia que va a requerir el patinete en un terreno sin inclinación. Para determinar la fuerza que requiere el motor con un movimiento de aceleración en un terreno plano utilizaremos la ecuación 11 que permitirá calcular la aceleración y la ecuación 12 que determina la fuerza que requiere el motor. Para calcular la fuerza que requiere el motor en un terreno con inclinación utilizaremos la ecuación 13 y 14 que son la sumatoria de fuerzas en  $Y$  y  $X$ , estas nos ayudarán a

despejar las demás ecuaciones, como son la ecuación 15, 16 y 17 con la que determinaremos la fuerza que requiere el patinete para romper la inercia en una pendiente. Por último, la ecuación 18 determinará la fuerza que requiere el motor en un pendiente con un movimiento de aceleración.

$$\sum F_Y = W - N = 0 \quad (5)$$

$$\sum F_x = -F_{DRAG} + F_{MOTOR} - F_{RODADURA} = 0 \quad (6)$$

$$F_{DRAG} = C_D * \frac{1}{2} * \rho_{FLUIDO} * A * V^2 \quad (7)$$

$$F_{RODADURA} = C_R * W \quad (8)$$

$$F_{MOTOR} = F_{DRAG} + F_{RODADURA} \quad (9)$$

$$Potencia = F_{MOTOR} * Velocidad \quad (10)$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (11)$$

$$F_{MOTOR} = F_{DRAG} + F_{RODADURA} + ma \quad (12)$$

$$\sum F_Y = W \alpha - N = 0 \quad (13)$$

$$\sum F_x = -F_{DRAG} + F_{MOTOR} - F_{RODADURA} - W \sin \alpha = 0 \quad (14)$$

$$F_{DRAG} = C_D * \frac{1}{2} * \rho_{FLUIDO} * A * V^2 \quad (15)$$

$$F_{RODADURA} = C_R * W \sin \alpha \quad (16)$$

$$F_{MOTOR} = F_{DRAG} + F_{RODADURA} + W \sin \alpha \quad (17)$$

$$F_{MOTOR} = F_{DRAG} + F_{RODADURA} + ma + W \sin \alpha \quad (18)$$

Después de los cálculos de la potencia del motor se analizarán dos distintas opciones, como se observa en la tabla 6-2 que es un matriz comparativa de un motor eléctrico con escobillas y sin escobillas. En ambos casos, dado lo mencionado anteriormente, el motor debe otorgar una potencia de 1500W, adicionalmente, dada la configuración de las ruedas del patinete, el vehículo será de tracción trasera (Rueda, 2017).

**Tabla 6-2:** Matriz comparativa de motores eléctricos.

Imagen	Ventajas	Desventajas
<p>Bldc wheel hub motor 1500W</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El sistema se encuentra integrado en la rueda y permite que el ensamble sea más sencillo con el resto de la estructura.</li> <li>-Este sistema no requiere soportes adicionales y no incrementa el peso del vehículo.</li> <li>- El sistema de control se lo instala sin problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un sistema de transmisión con costos elevados</li> </ul>
<p>Mid Drive Motor 1500W</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es más económico que el motor tipo hub.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para integrarlo a la estructura se debe buscar la forma para realizarlo.</li> <li>- El modelo de control debe ser diseñado porque no viene integrado.</li> </ul>

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

El motor brushless cuenta con un freno regenerativo que permite incrementar la autonomía del patinete eléctrico. Este motor aprovecha la energía que se pierde al momento de frenar. Esto se logra al momento de invertir el sentido de giro del motor, modificando el funcionamiento del motor al de un generador momentáneamente y redirigiendo la energía como carga hacia la batería. Este proceso es manejado por el motor. Cuando el patinete eléctrico, se encuentra en bajadas se recarga entre 10 y 15% de batería, por lo que se seleccionó este tipo de motor, en la Tabla 7-2 se detalla las especificaciones del motor brushless.

**Tabla 7-2:** Especificaciones del motor brushless

Tipo:	Motor brushless
Potencia nominal:	1500 W

Voltaje:	48 V
Velocidad de carga:	45-50 km (aproximadamente)
Máximo torque:	74,6 N.M
Posición del motor:	Parte delantera o trasera
Abandonar:	100 mm
Tipo de freno:	Freno V o de Disco
Diámetro de la rueda:	24 pulgadas

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 2.12.2 Controlador del motor

El controlador del motor sirve para verificar el sentido de giro, la velocidad y optimiza la conversión de la energía. Este se conecta con la fuente de energía del motor. Mientras que las baterías producen tensiones constantes que disminuyen a medida que se agotan, algunos controladores requieren un convertidor de CC a CC para reducir esta tensión variable y pueden aceptar una tensión variable. La eficiencia de los convertidores suele ser superior al 90%. El controlador del motor se interconecta con la regulación de la velocidad del motor, teniendo en cuenta especificaciones voltaje y potencia del motor se realiza la búsqueda de un controlador de velocidad electrónico que cumpla con los requisitos (Cáceres, 2018). El pico de corriente de acuerdo con las tablas de potencia crítica y el voltaje de trabajo del motor nos permitirá encontrar la intensidad máxima con la que trabajará el controlador para ello utilizamos la ecuación 11.

$$I_{max} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Voltaje}} \quad (11)$$



**Figura 7-2:** Controlador del motor

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 2.12.3 Batería (unidad de alimentación)

Las baterías de iones de litio son las más adecuadas en la tecnología existente para los vehículos eléctricos porque pueden ofrecer un alto rendimiento gracias a de almacenar una gran potencia por unidad de masa de la batería, lo que les permite ser más ligeras y pequeñas que otras baterías recargables. Es importante mencionar que, dado que este será un vehículo potenciado por un motor eléctrico, requiere una batería para almacenamiento de energía, teniendo los datos de motor y controlador, se busca una batería que supla voltaje y amperaje. Considerando que el motor y el controlador trabajan a 48V, esto mismo determina el valor del voltaje de trabajo de la batería, por lo que la mejor opción es una batería de litio de 48V. En la tabla 8-2 se puede observar las especificaciones de la batería seleccionada (Rueda, 2017).



**Figura 8-2:** Hailong down tube type battery 48v 15ah

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

**Tabla 8-2:** Especificaciones de la batería de Litio

Tipo	Batería de Litio
Voltaje nominal	48 V
Capacidad nominal	15 Ah
Poder	500-1500 W
Tipo compuesto:	13 en serie y 4 en paralelo 13S4P
Celdas:	Celdas de energía Samsung F1L 1-8-6-5-0 3.7 V 3500 mah
Voltaje de protección sobrecargado	4,25 ± 0,025 V / celda (ajustable)
Voltaje de protección sobredescargado	2,50 ± 0,10 V / celda
BMS:	30 amperios continuos 70 ± 10 amperios máximo

Voltaje de descarga de corte	39 V
Voltaje de límite superior de carga	54,6 V
Tiempo de carga	6 horas
Corriente de descarga máxima	50 A
Corriente de descarga continua	35 A (máximo)
Corriente de descarga de ráfaga	54 A (ajustable)
Ciclo de vida	1000 veces
Cargador estándar	cc / cv (máx., tasa de carga 2 A – 4 A)
Temperatura de funcionamiento	Carga (0 ~ 45 ° C)
	Descarga (-20 ~ 60 ° C)
Temperatura de almacenamiento	Dentro de 1 mes (-20 ~ 50 ° C)
	Dentro de 3 meses (-20 ~ 40 ° C)
	Dentro de 3 meses (-20 ~ 20 ° C)
Peso neto	3,5 kg
Dimensiones:	91 * 110 * 360 mm

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

#### 2.12.4 Acelerador

El acelerador escogido es de tipo pulgar y su funcionamiento es igual que el de las motocicletas. Se elige este modelo ya que, por valoración propia, se cree que puede resultar más cómodo la forma de accionarlo, que requeriría solo de un movimiento con el pulgar. Este modelo es compatible con el controlador y su funcionamiento no es complicado, ya que para acelerar debemos accionar con el gatillo hacia adelante para desplazarnos y para desacelerar debemos dejar de accionar con el pulgar. En la Figura 9-2 se puede visualizar el acelerador de pulgar seleccionado (Morante, 2019).



**Figura 9-2:** Acelerador de pulgar

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 2.12.5 Horquilla de suspensión

Para la construcción del prototipo se seleccionó una horquilla por aire por ser ligera y ofrecer mejores prestaciones, además que son perfectas para trayectos por cualquier tipo de terreno. Es importante determinar el recorrido de la horquilla que es la medida en mm de las barras de esta, cuando más grande sea la medida, la suspensión permite amortiguar con mayor facilidad las irregularidades presentes en la calzada. Para elegir que recorrido se necesita para nuestro patinete, hay que determinar el tipo de recorridos a realizarse, es por ello, que se seleccionó la medida de 180-220 mm que permite movilizarse sin problemas por cualquier tipo de calzada.



**Figura 10-2:** Horquilla de suspensión

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 2.12.6 Rueda delantera

La elección de la rueda delantera se hace en función del tamaño de la trasera, la cual es de 24 pulgadas. La rueda delantera escogida para desarrollar este patinete es de la marca Maxxis y se trata de una rueda dura de poliuretano, estas llantas son cubiertas de poliuretano macizo, esto permite ser duraderas y económicas, estas ruedas son antipinchazos porque no contienen aire, además son ligeras y versátiles. Su ancho máximo en todo el cuerpo de la rueda es de 48 mm, esta rueda incluye el rodamiento interior y los casquillos separadores del eje.

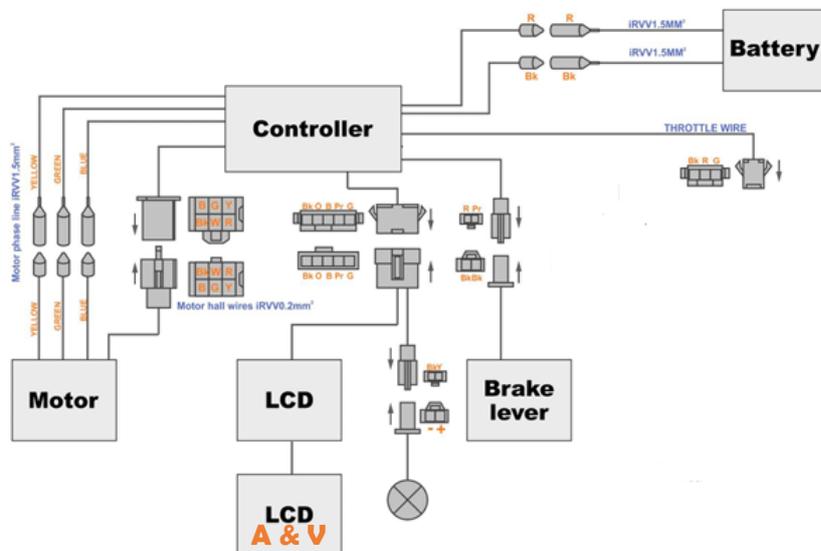


**Figura 11-2:** Rueda delantera

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 2.13 Construcción del prototipo seleccionado.

Para el ensamblaje del prototipo seleccionado primero se cortó y doblo el tubo de acero galvanizado de acuerdo con los planos realizados en SolidWorks, después se unieron todos los cortes con un tipo de soldadura mig/mag para obtener el chasis del prototipo, en el cual será colocado la horquilla de suspensión y el manillar. Teniendo montado todo eso se procede a realizar las conexiones del motor brushless con el controlador y la batería. Antes del sellado de los componentes, se comprueba si el funcionamiento es el correcto del, el sentido de giro, potencia que entrega al motor, también si no existe algún corte en el cableado, después de esta verificación se ajusta todos los componentes, para al final colocar la llanta delantera y realizar las pruebas respectivas. En la Figura 12-2, se observa el esquema eléctrico del patinete para un correcto montaje.



**Figura 12-2:** Esquema eléctrico del patinete

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

## 2.14 Instrumentos de medición

### 2.14.1 Pantalla LCD SW900

La pantalla LCD SW900 posee múltiples funciones como indica los códigos de errores, controla todo el motor y la batería y permite ordenar el viaje. Esta pantalla indica y permite al usuario elegir el modo de conducción que desee. A través de la pantalla se observa el nivel de batería, la velocidad actual, media y máxima, el reloj, las distancias de los viajes. Además, se observa la potencia que requiere el motor. Esta pantalla se utilizó por la compatibilidad que existe con el controlador de 48V, posee un conector común SM de 5 pines, no posee un puerto USB y no es resistente al agua. En la Tabla 9-2, se observa las funciones de la pantalla LCD SW900.



**Figura 13-2:** Pantalla LCD SW900

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

**Tabla 9-2:** Funciones de la pantalla LCD SW9000

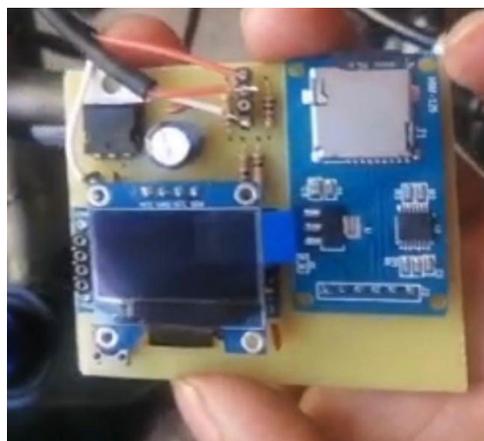
1		Subir nivel de ayuda	7	<b>ECO</b>	Modo económico
2		Encendido/Apagado		<b>STD</b>	Modo estándar
3		Bajar nivel de ayuda		<b>POWER</b>	Modo poderoso
4		Nivel de batería		<b>SPEEDHANDLE</b>	Modo de control manual

5	TRIP	Distancia del recorrido	8	WALK	Modo asistido a pie
	ODO	Distancia total		LED	Luz de faro
	Mile	Distancia en millas		PAS	Nivel de asistencia
	Km	Distancia en km		Error	Código de error
6	MPH	Velocidad en (millas/h)	9	WATT	Potencia que consume
	Km/h	Velocidad en (km/h)		Maintain	Mantenimiento
	AVG SPEED	Velocidad media		DST	Mantenimiento parcial
	MAX SPEED	Velocidad máxima		TO GO	Mantenimiento inmediato

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 2.14.2 Indicador de voltaje y amperaje

Se desarrollo un indicador para verificar el voltaje y amperaje que se utiliza en cada recorrido, mediante este se puede almacenar la información segundo a segundo del trayecto. Este aparato consta con un lector de memoria que nos permitirá almacenar los datos en un documento de texto para luego obtener las curvas de amperaje y voltaje de cada prueba, su conexión inicia desde el positivo y negativo de la batería hasta la pantalla lcd sw900 que es el controlador de todo el sistema donde nos muestra el estado de carga y si existe alguna falla, por último, desde la pantalla lcd sw900 se conecta el aparato y este se encenderá automáticamente cada vez que el patinete esté en funcionamiento. En la Figura 14-2, se observa como esta internamente compuesto el aparato.



**Figura 14-2:** Medidor de voltaje y amperaje

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 2.14.3 Aplicación Strava

Strava es una aplicación deportiva que permite a los usuarios registrar y analizar cada recorrido, los datos que nos ofrece esta aplicación es duración del recorrido, distancia recorrida, velocidad promedio, velocidad máxima, gráficas del comportamiento de velocidad de todo el recorrido y del desnivel presente del terreno. Además, con las gráficas de velocidad se puede determinar la cantidad de detenciones del recorrido. En la Figura 15-2, se puede visualizar la interfaz de la aplicación que se utilizó para registrar cada prueba.

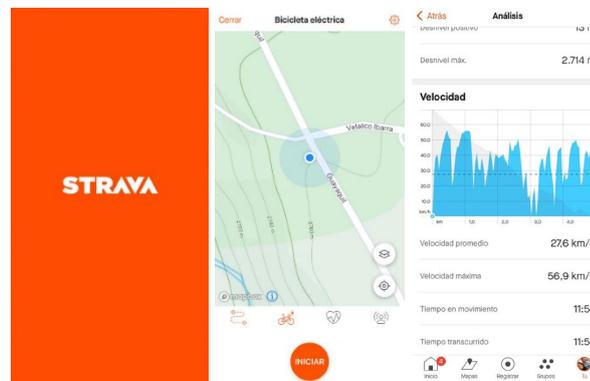


Figura 15-2: Aplicación Strava

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 2.14.4 Aplicación Relieve

Relieve es una app que permitirá obtener los mismos datos que Strava. Su funcionamiento es fácil y radica en recopilar la información a través del GPS del teléfono para que después la aplicación, genere un vídeo del trayecto realizado superpuesto sobre un plano de Google Maps. Se utilizó también es aplicación para corroborar los datos obtenidos en cada prueba y así analizar de mejor forma los resultados. En la Figura 16-2, se visualiza la interfaz de la aplicación que se empleó para registrar cada prueba.

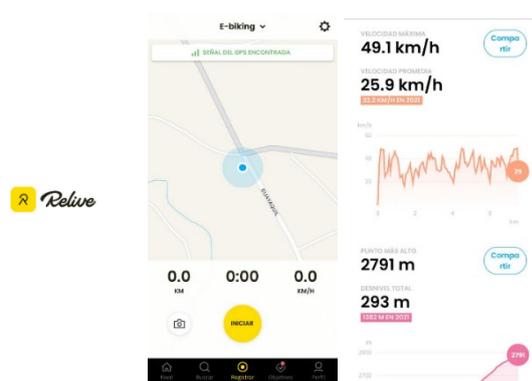
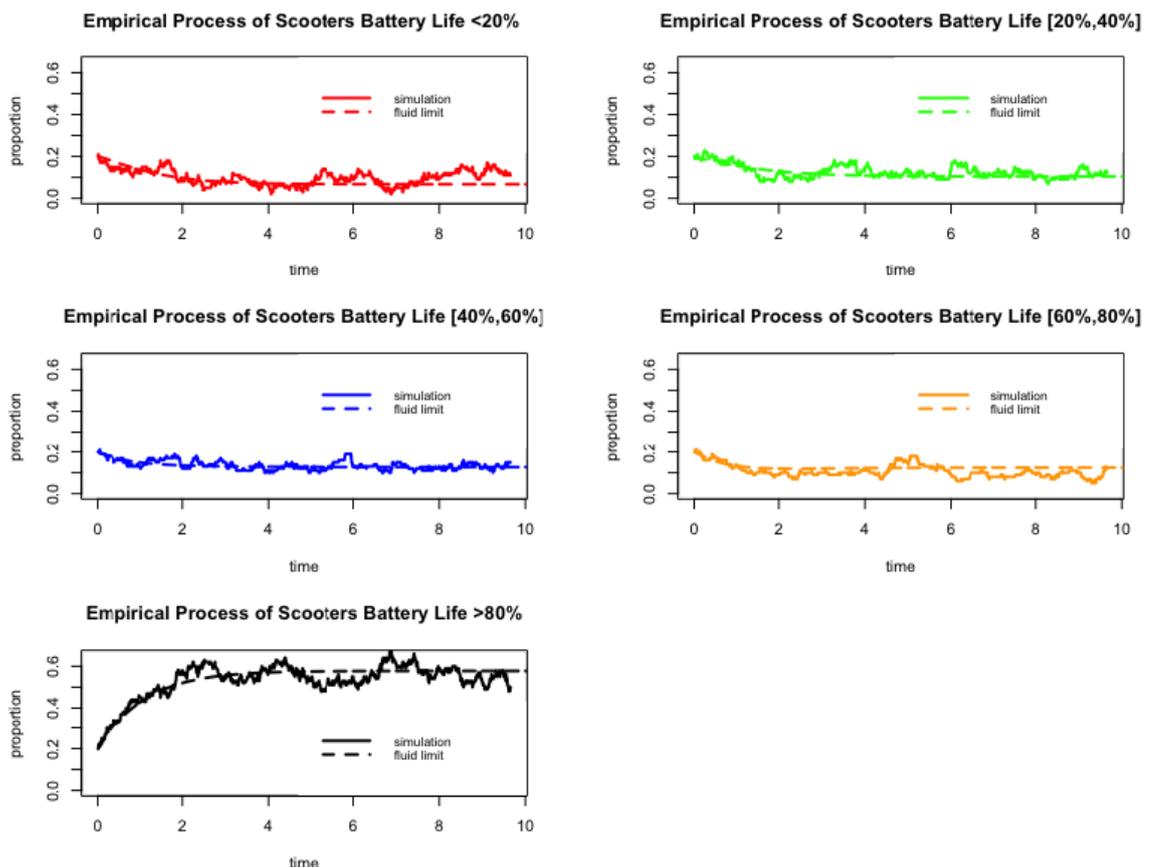


Figura 16-2: Aplicación relieve

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

## 2.15 Medición de autonomía de batería.

El tipo de batería a emplear es el de ión-litio tal y como se explicó en apartados anteriores, para la medición, se inicia cargando la batería hasta su máximo permitido, también se trabajó con diferentes porcentajes de carga, para realizar las pruebas de ruta con recorridos en pendientes y en todo tipo de lugar, con el fin de obtener los resultados de tiempo de descarga y cuanto kilómetros puede recorrer dependiendo del tipo de terreno, ya que en pendientes muy pronunciadas la autonomía de la batería baja considerablemente (Hoyos et al, 2014). En la gráfica 17-2 se observa una gráfica de porcentaje vs el tiempo analizado para diferentes porcentajes de carga.



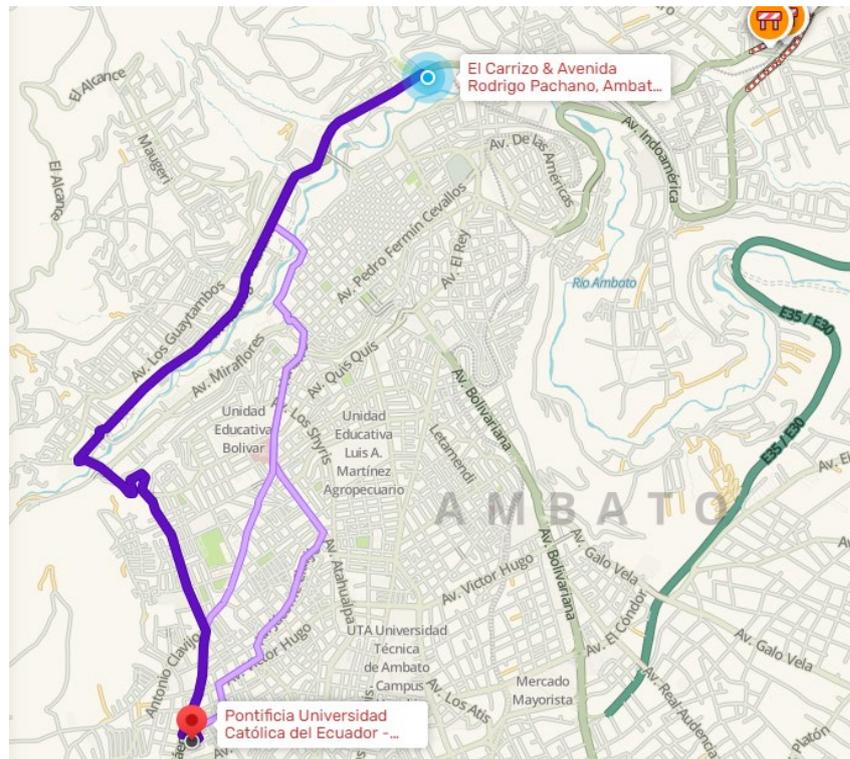
**Figura 17-2:** Gráfica de tiempo vs porcentaje de la batería

Fuente: (Pender et al., 2020: pp. 26)

### 2.15.1 Ruta Atocha-Universidad Católica

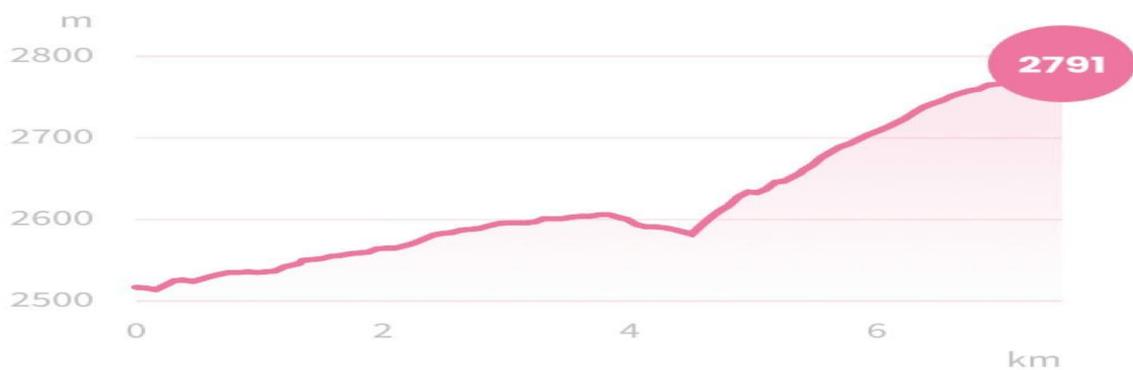
Este recorrido está diseñado para obtener resultados de autonomía y su desempeño en pendientes, ya que esta trayectoria presenta en su mayor parte inclinaciones muy difíciles, se realiza un análisis del tiempo de descarga de la batería al estar sometido a distintas áreas topográficas. El punto de partida es el parque de atocha hasta la pontificia universidad católica del ecuador, las

calles por donde se va a realizar el recorrido son la Av. Rodrigo Pachano, Av. Los Guaytambos y Av. Manuela Sáenz, en la Figura 18-2, se puede visualizar dicha trayectoria, mientras que en la figura 19-2, se puede visualizar el desnivel presente en el recorrido.



**Figura 18-2:** Ruta Atocha - Universidad Católica

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021



**Figura 19-2:** Orografía de la Ruta Atocha-Universidad Católica

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

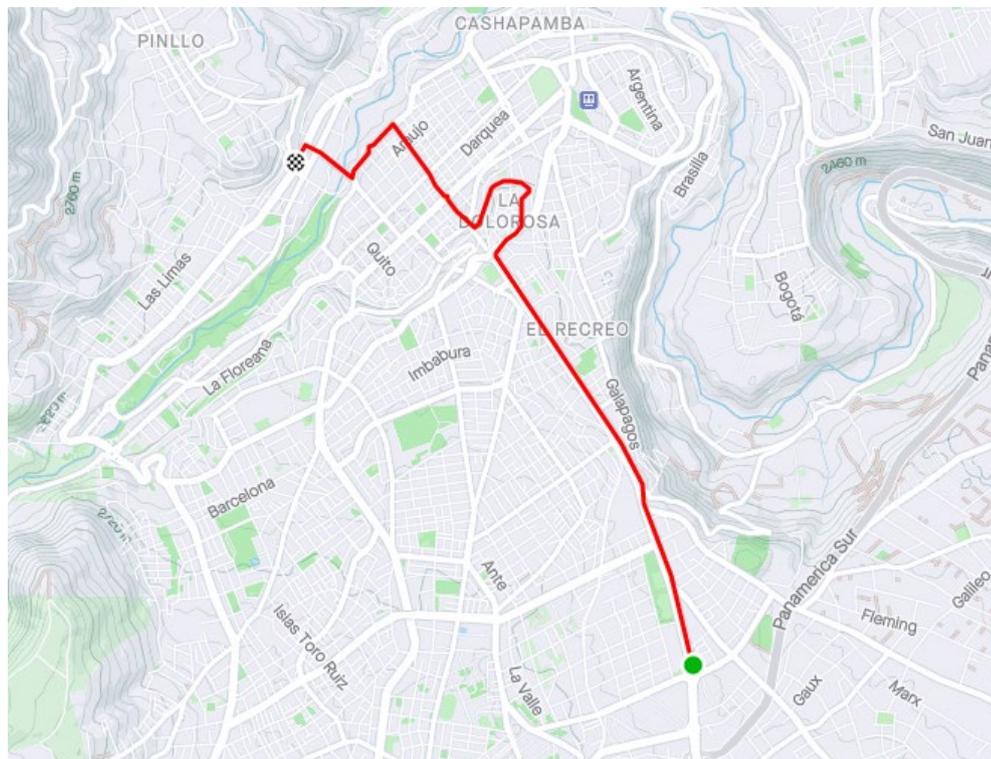
## 2.16 Análisis del desempeño en topografías exigentes

Para analizar el desempeño del patinete eléctrico en cualquier tipo de terreno y en zonas donde existe saturación vehicular. Primero se debe delimitar las zonas a examinar, después se genera el

trayecto a recorrer y por último se obtiene los datos de cada recorrido. Cabe recalcar que Ambato al ser una ciudad muy grande se va a trabajar en las zonas montañosas y de mayor afluencia vehicular para obtener datos en condiciones rigurosas.

### 2.16.1 Ruta Mayorista-Ficoa

La trayectoria de esta ruta tiene como inicio el mercado mayorista de la ciudad de Ambato hasta el edificio plaza Ficoa, en este recorrido vamos a comparar nuestro patinete con un scooter existente del mercado donde vamos a obtener resultados de velocidad, autonomía, tiempo de recorrido y consumo. En la figura 20-2 se observa la ruta del mercado Mayorista hasta Ficoa, las calles por donde se va a realizar el recorrido son la Av. Bolivariana, Eugenio Espejo, Av. El Rey, Carihuairazo, Cayambe, Av. Los Andes, Vega y Cadena, Martínez, Lizardo Ruiz, Montalvo y Av. Los Guaytambos. Mientras que en la figura 21-2, se pudo visualizar el desnivel presente en el recorrido.



**Figura 20-2:** Ruta Mayorista - Ficoa

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021



**Figura 21-2:** Orografía de la Ruta Mayorista - Ficoa

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

## 2.17 Prueba frente a otro patinete existente en el mercado

El principal problema de los patinetes eléctricos en la actualidad es las características que posee y su elevado costo, en la mayoría de los patinetes eléctricos que se comercializan solo alcanzan velocidades de hasta 40 km/h con una autonomía de 30 km y solo se pueden movilizar por zonas urbanas o zonas con pendientes no tan pronunciadas, por lo que con el prototipo fabricado se espera cubrir todas estas carencias y conseguir un vehículo de movilidad personal para todo tipo de terreno con una mayor autonomía.

### 2.17.1 Scooter eléctrico

El scooter eléctrico de City Coco de 1500w es el más completo que existe en el mercado, por tal motivo se realizó la comparación con este, en la ruta periférica desde el Mayorista hasta Pelileo en donde podemos apreciar cual alcanza mayor velocidad, que cantidad de batería consume cada uno y como se desempeñan en una orografía irregular. En la tabla 10-2 se observa las especificaciones técnicas del scooter eléctrico City Coco.

**Tabla 10-2:** Formato de tabla para registrar los datos de cada ruta

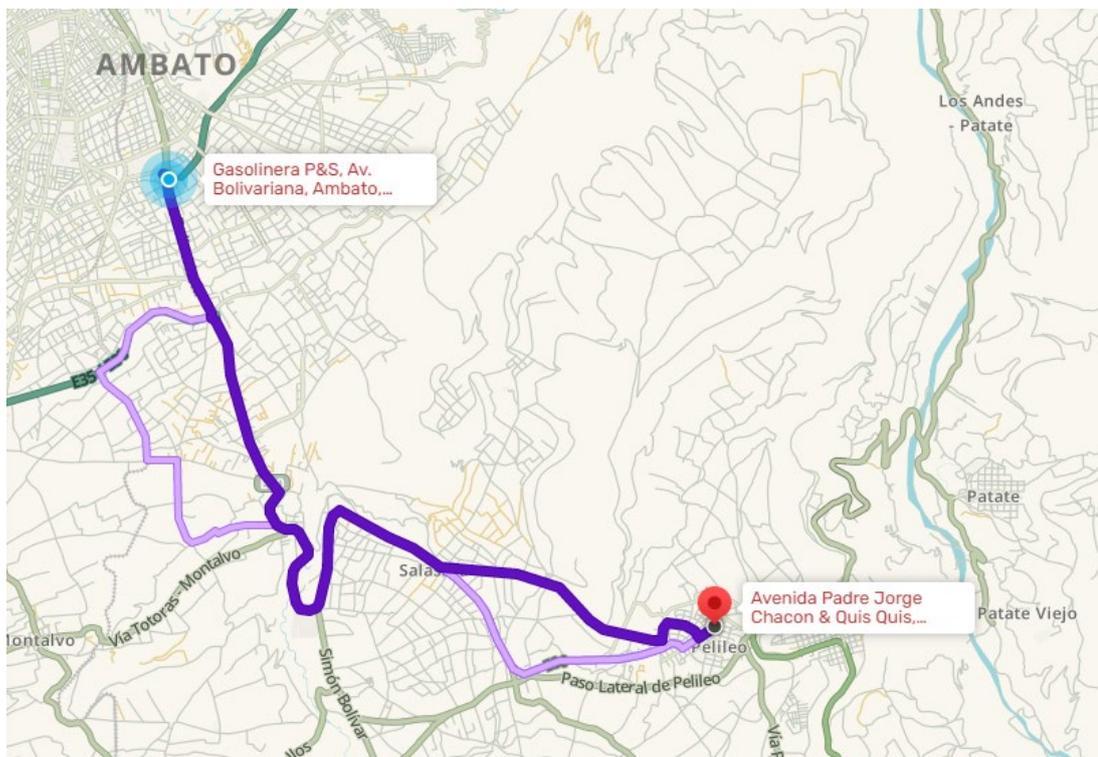
<b>Modelo</b>	CityCoco 1500 w
<b>Potencia del motor</b>	1500 W
<b>Batería</b>	Ion Litio 60V/12Ah
<b>Velocidad máxima</b>	60 Km/h
<b>Autonomía</b>	60 Km
<b>Corriente del cargador</b>	110V 5 <sup>a</sup>
<b>Tiempo de carga</b>	6-7 horas

<b>Peso bruto</b>	98 Kg
<b>Carga máxima</b>	180 Kg
<b>Dimensión</b>	1900*1140*825mm
<b>Neumático</b>	Rin 18

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 2.17.2 Ruta Mayorista-Pelileo

Este tipo de recorrido inicia desde el Mercado Mayorista de la Ciudad de Ambato hasta la ciudad de Pelileo, esta ruta nos va a permitir analizar todas las prestaciones del patinete y su desenvolvimiento en vías de alta afluencia vehicular, además que nos permitirá conocer si su autonomía es suficiente para un recorrido de una ciudad a otra, las calles por donde se va a realizar el recorrido son la Av. Bolivariana, E30, Av. Confraternidad y 22 de Julio, Pedro Vicente Maldonado, Av. Padre Jorge Chacon y Quis Quis. En la figura 22-2 observamos la ruta del mercado mayorista hasta Pelileo, mientras que en la figura 23-2, se pudo visualizar el desnivel presente en el recorrido.



**Figura 22-2:** Ruta Mayorista-Pelileo

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021



**Figura 23-2:** Orografía de la Ruta Mayorista-Pelileo

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

## 2.18 Análisis al patinete como una solución a la congestión vehicular

Para analizar si el patinete es una solución para la congestión vehicular en la ciudad de Ambato, se procede a realizar pruebas por las zonas más críticas de la ciudad para así comprobar que tan efectivo es circular con este tipo de vehículo, cabe mencionar que actualmente en Ambato no existe una ley de circulación para los patinetes eléctricos por lo que se puede circular por cualquier parte.

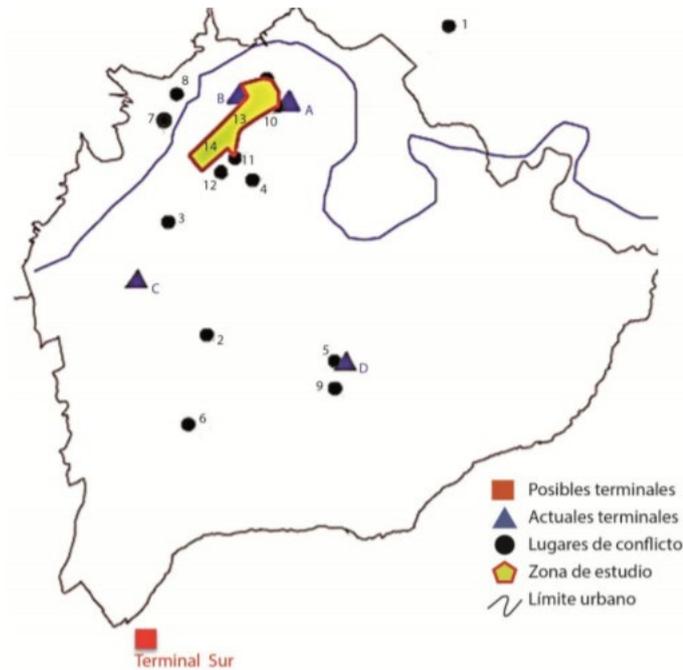
### 2.18.1 División Política

Ambato cuenta con parroquias urbanas que son:

- Atocha - Ficoa
- Celiano Monge
- Huachi Chico
- Huachi Loreto
- La Matriz
- La Merced
- La Península
- Pishilata
- San Francisco

### 2.18.2 Nivel de Saturación Vehicular

El nivel de saturación vehicular se presenta por el crecimiento poblacional y la expansión de la ciudad (Pilamunga & Insua, 2014). En la Figura 24-2 se observa un mapa de la zona urbana de Ambato en donde existe mayor saturación vehicular, que nos ayudará a delimitar las trayectorias a seguir para realizar las pruebas de rutas con el patinete eléctrico que nos permitirá analizar si el prototipo es una solución viable para la congestión vehicular.



**Figura 24-2:** Mapa de nivel de saturación vehicular

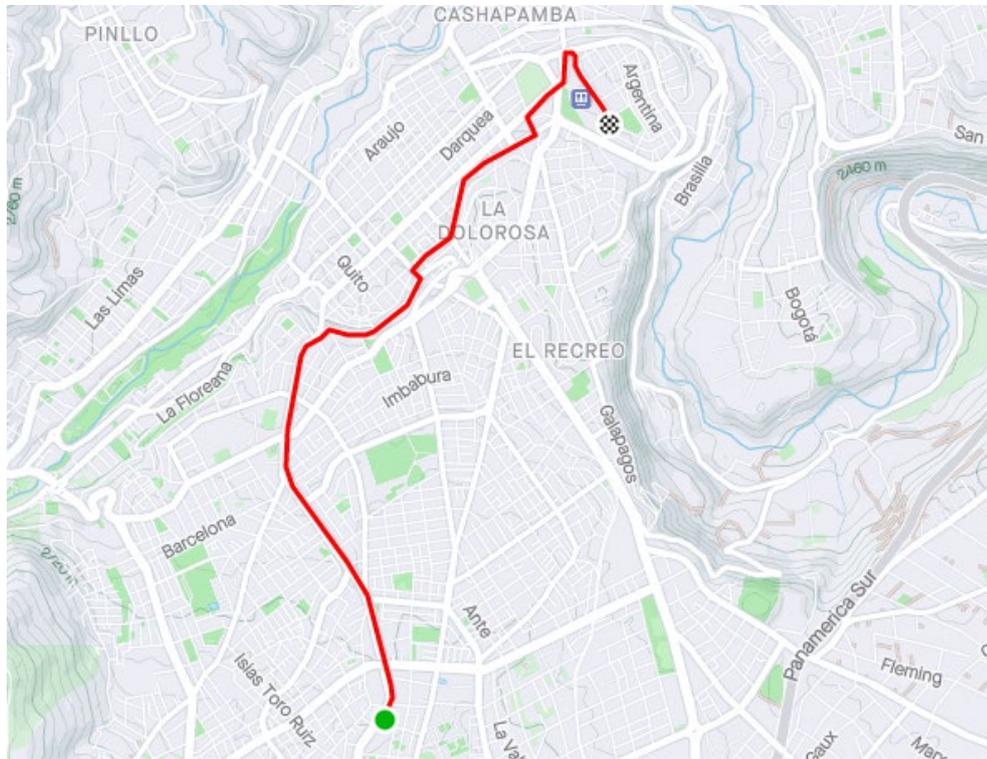
Fuente: (Pilamunga & Insua, 2014: pp. 58)

- 1- Redondel de Izamba
- 2- Redondel de Mall de los Andes
- 3- Intersección de la Av. Atahualpa y los Shyris
- 4- Redondel del Estadio Bellavista
- 5- Redondel de SECAP
- 6- Redondel de Huachi Chico
- 7- Intersección de la Av. Rodrigo Pachano y Montalvo
- 8- Intersección del IESS
- 9- Redondel del Mercado Mayorista
- 10- Redondel de Cumandá
- 11- Intersección de la Av. 12 de Noviembre y Eugenio Espejo
- 12- Intersección de la Y en la calle 13 de Abril y Mera
- 13- Casco Central Urbano
- 14- Estacionamiento Tarifados
- 15- Terminales existentes

### 2.18.3 Ruta GADMA-Terminal

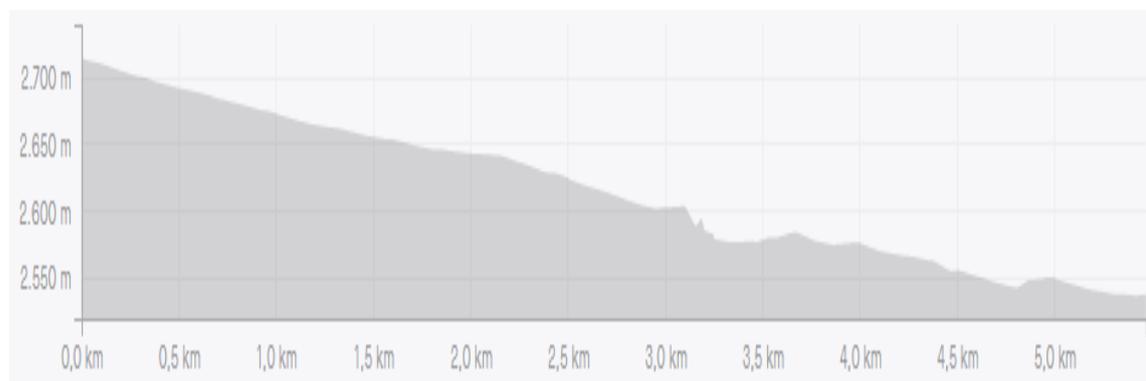
Esta ruta se estableció para analizar el desempeño del patinete, que como punto de inicio tiene el Gad Municipal de Ambato hasta el Terminal Terrestre de Ambato, las calles por donde se transitara serán la Av. Atahualpa, 13 de Abril, Mera, Av. 12 de Noviembre, Abdón Calderón, Av.

Cevallos, Av. Las Américas, Colombia y Bolivia; esta trayectoria posee bajadas y rectas planas, en la figura 25-2 se puede visualizar la trayectoria en donde se realizará las pruebas de ruta para obtener los resultados de desempeño y prestaciones que ofrece el patinete, además se analizará si este tipo de vehículos ayuda al descongestionamiento vehicular. En la figura 26-2, se puede visualizar el desnivel presente en el recorrido.



**Figura 25-2:** Ruta Gadma-Terminal

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

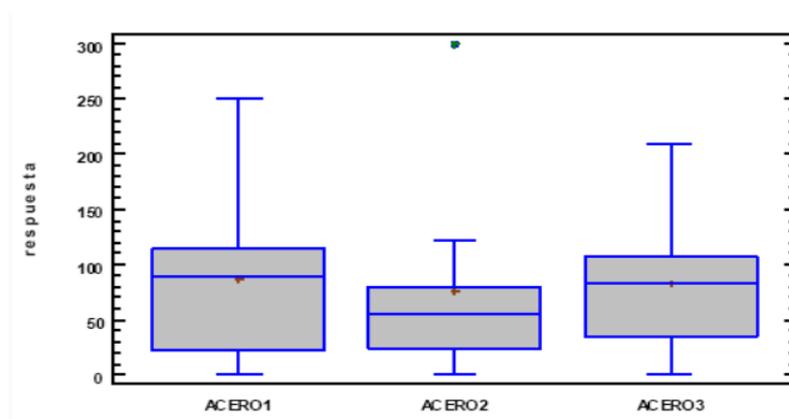


**Figura 26-2:** Orografía de la ruta Gadma-Terminal

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

### 2.19 Análisis de simulaciones comparativo.

Los 3 prototipos que se diseñaron en SolidWorks, se analizó los resultados de simulación de cada uno, todos los datos obtenidos se registraran en una tabla para determinar que material utilizar y que prototipo ofrece mejores prestaciones. Según Molina et. al. (2019), en su artículo realizan la comparación de los resultados de simulación mediante un gráfico de bigote, de cada uno de los esfuerzos producidos en el chasis con tres diferentes tipos de materiales, en la Figura 27-2 se visualiza la comparación de muestras de los diferentes aceros empleados para ver cual tiene una mejor media. (Molina et al., 2019)



**Figura 27-2:** Gráfico de caja y bigote de los materiales.

Fuente: (Molina et al., 2019: pp. 37)

### 2.20 Análisis de datos de ruta estadístico.

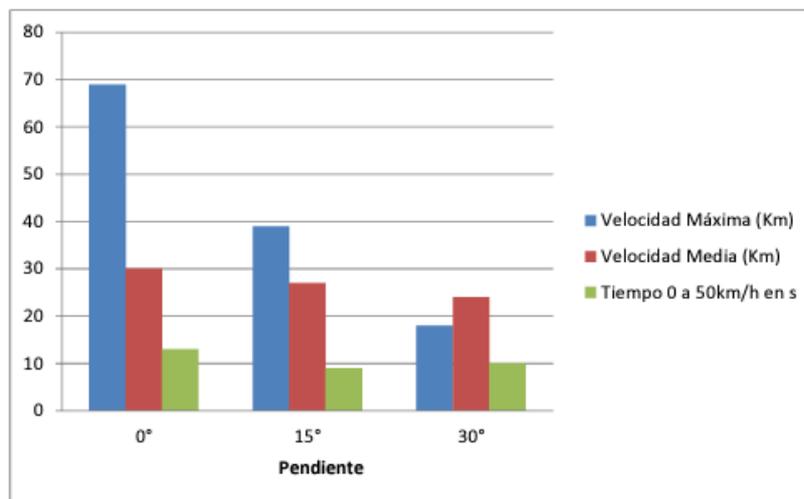
En las diferentes rutas se analizó las variables de velocidad media, velocidad máxima, duración del manejo, cantidad de detenciones, distancia recorrida y porcentaje de batería utilizado, todos los datos se obtuvieron a través de los instrumentos de medición antes mencionados. En la tabla 11-2, se registrarán todos los valores obtenidos en las diferentes pruebas para su posterior comparación.

**Tabla 11-2:** Formato de tabla para registrar los datos de cada ruta

Recorrido	Velocidad Media (Km/h)	Velocidad Máxima (Km/h)	Duración del manejo (min)	Cantidad de detenciones	Distancia recorrida (Km)	% Batería utilizada
Prueba 1						
Prueba 2						
Prueba 3						

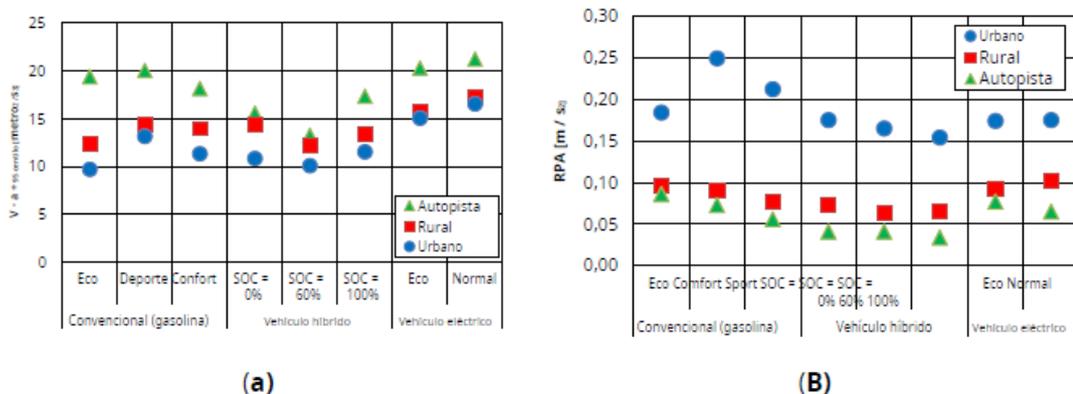
Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

Para analizar los diferentes parámetros se graficará diagramas de barra y de bigote, que permitirá comparar todos los datos obtenidos en las diferentes pruebas para visualizar los valores máximos y mínimos, que nos ayudará a conocer en que ruta el patinete opera mejor. Según Alarcón (2016), en las pruebas de una motocicleta eléctrica, los datos obtenidos los analiza mediante un diagrama de barras, donde en la Figura 28-2, se puede observar que mientras menor es la pendiente, mayor es la velocidad, igualmente la velocidad media. A su vez, mientras menor es la pendiente, mayor es la velocidad máxima a la que puede llegar la motocicleta. En la Figura 29-2, se visualiza como comparar los datos de las zonas rurales, urbanas y autopista, mediante un gráfico estadístico para entender en que zona y con que vehículo se alcanza una mayor velocidad y así evaluar su desempeño.



**Figura 28-2:** Análisis de velocidad

Fuente: (Alarcón, 2016: pp. 51)

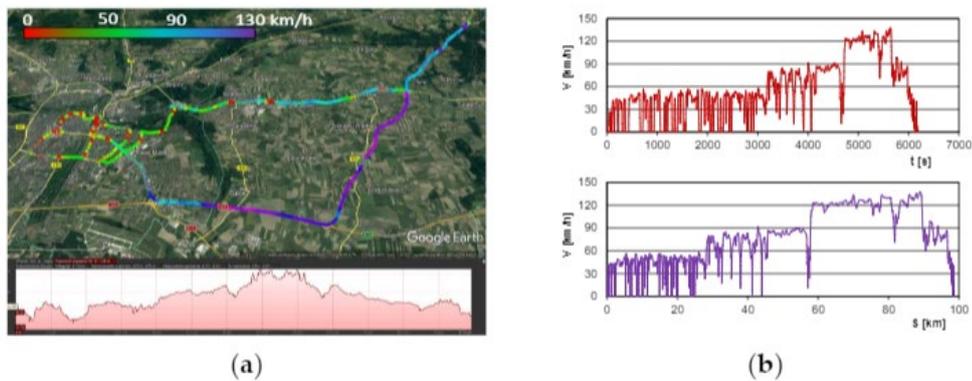


**Figura 29-2:** Gráfica de tiempo vs porcentaje de la batería

Fuente: (Pielecha et al., 2020: pp. 10)

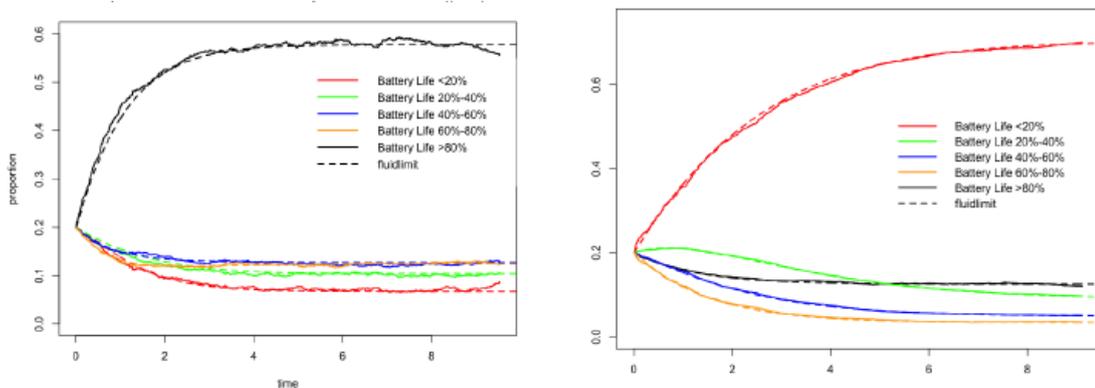
## 2.21 Análisis del desempeño y prestaciones del patinete.

En las pruebas de campo existen trayectos con pendientes y diferente tipo de calzada, por lo que es importante analizar el comportamiento del patinete. En la investigación de Pielecha et al., (2020) para analizar el desempeño de un vehículo eléctrico en las diferentes pruebas en zonas urbana, rural y autopista, se realiza una gráfica de los perfiles de velocidad según el tiempo y la distancia recorrida, en la Figura 30-2 se muestra la visualización de la ruta de prueba con las velocidades (urbano - verde, rural - azul y autopista - púrpura) y el perfil de elevación relativo indicado (a); y la relación de velocidad, tiempo y distancia recorrida (b). Dichos datos permiten un análisis temporal de los tramos individuales de la carretera y una proporción estimada en términos de la distancia de las etapas individuales de las pruebas. Por otra parte, en la investigación de Pender et al., (2020) analiza el patinete con diferentes porcentajes de batería en la misma prueba, obtenidos curvas de voltaje e intensidad de todo el recorrido, como se muestra en la Figura 31-2.



**Figura 30-2:** Gráfica velocidad, tiempo y distancia recorrida

Fuente: (Pielecha et al., 2020: pp. 6)

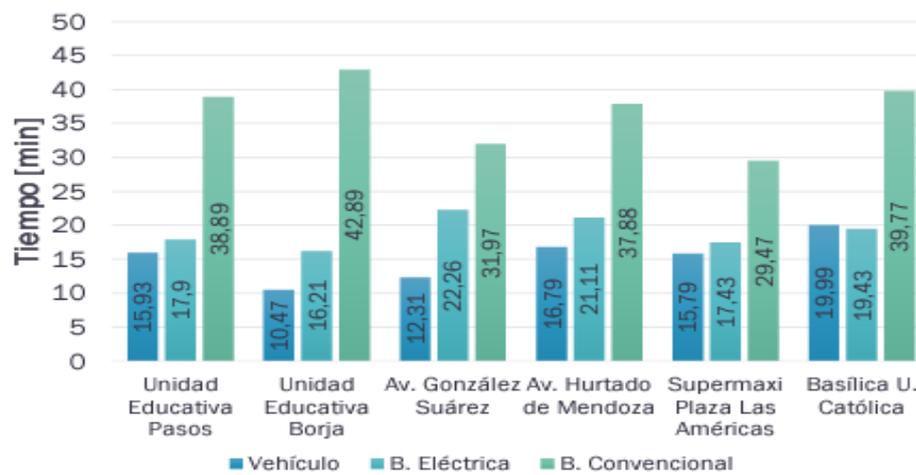


**Figura 31-2:** Gráfica velocidad, tiempo y distancia recorrida

Fuente: (Pender et al., 2020)

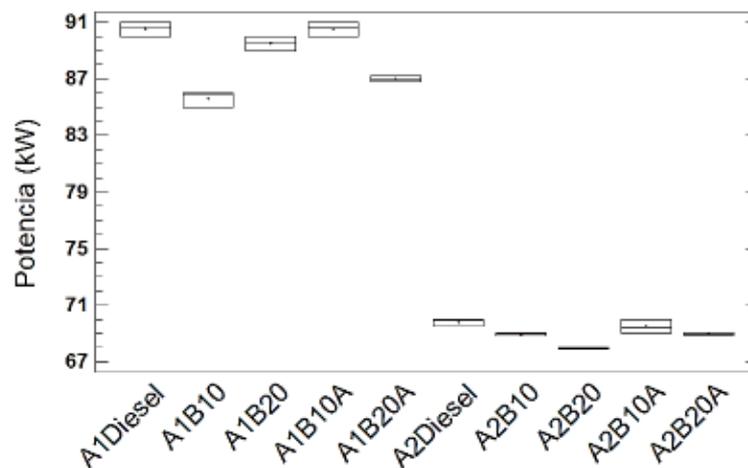
## 2.22 Comparación con otro vehículo de movilidad personal

Para determinar si el prototipo ofrece mejores prestaciones que los vehículos de movilidad personal existentes en el mercado se realiza pruebas en una ruta periférica de alta exigencia, donde se registra en la Tabla 11-2, los datos de cada vehículo para después realizar su comparación mediante un diagrama de barras y bigotes. En el trabajo de Alvarez et al., (2017) compara los datos de los diferentes vehículos mediante un diagrama de barras como se muestra en la Figura 32-2, donde interpreta los datos del tiempo recorrido en cada trayecto, permitiendo determinar qué tipo de vehículo recorre en mayor tiempo la ruta. En cambio, Rocha et al., (2019) en su investigación, utiliza un gráfico de bigotes para analizar la potencia entre los vehículos con diferentes combustibles, como se puede visualizar en la Figura 33-2.



**Figura 32-2:** Gráfico comparativo de tiempo entre los vehículos en diferentes rutas.

Fuente: (Alvarez et al, 2017: pp. 38)



**Figura 33-2:** Gráfico comparativo entre los vehículos con distintos combustibles.

Fuente: (Rocha et al, 2019: pp. 142)

## CAPÍTULO III. - RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1 Selección del prototipo

##### 3.1.1 Prototipo 1

Para la realización del prototipo 1 se basó en el reglamento UE N°168/2013, en donde se tomó en cuenta las especificaciones técnicas de la categoría L1e. El diseño de este prototipo se basa en las necesidades de un transporte todo terreno, por lo que se implementó una suspensión que permite al usuario absorber las irregulares del terreno y mejorar la comodidad y agarre al momento de conducir, también se pensó en el confort y seguridad del usuario para que no tenga ningún inconveniente al momento de alcanzar altas velocidades. Respecto a las especificaciones ya mencionadas se elaboró el diseño de la Figura 1-3. En el Anexo A se puede observar los planos a detalle del prototipo 1 y en el anexo B se visualiza los planos generales del prototipo 1.



**Figura 1-3:** Prototipo 1

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

##### 3.1.2 Prototipo 2

Para la realización del prototipo 2 se basó en el reglamento UE N°168/2013, en donde se tomó en cuenta las especificaciones técnicas de la categoría L1e. El diseño de este prototipo se basó en los patinetes tradicionales que existen en el mercado, en este modelo se busca la seguridad del ocupante y que tenga buena maniobrabilidad para que el conductor puede utilizar el patinete por toda la ciudad. De acuerdo con lo mencionado el prototipo se puede observar en la Figura 2-3. En el Anexo C se observa los planos generales del prototipo 2.



**Figura 2-3:** Prototipo 2

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 3.1.3 Prototipo 3

Para la realización del prototipo 2 se basó en el reglamento UE N°168/2013, en donde se tomó en cuenta las especificaciones técnicas de la categoría L1e. El diseño del prototipo 3 se realizó de una forma más robusta en lo estético porque se necesita más espacio para albergar todos los componentes eléctricos de una forma no visible, pero que a la vez se pensó en un diseño que ofrezca confort y seguridad al ocupante. En la Figura 3-3 se puede visualizar el diseño del prototipo 3. En el Anexo D se visualiza los planos generales del prototipo 3.



**Figura 3-3:** Prototipo 3

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 3.2 Resultados simulación

#### 3.2.1 Simulación del Prototipo 1

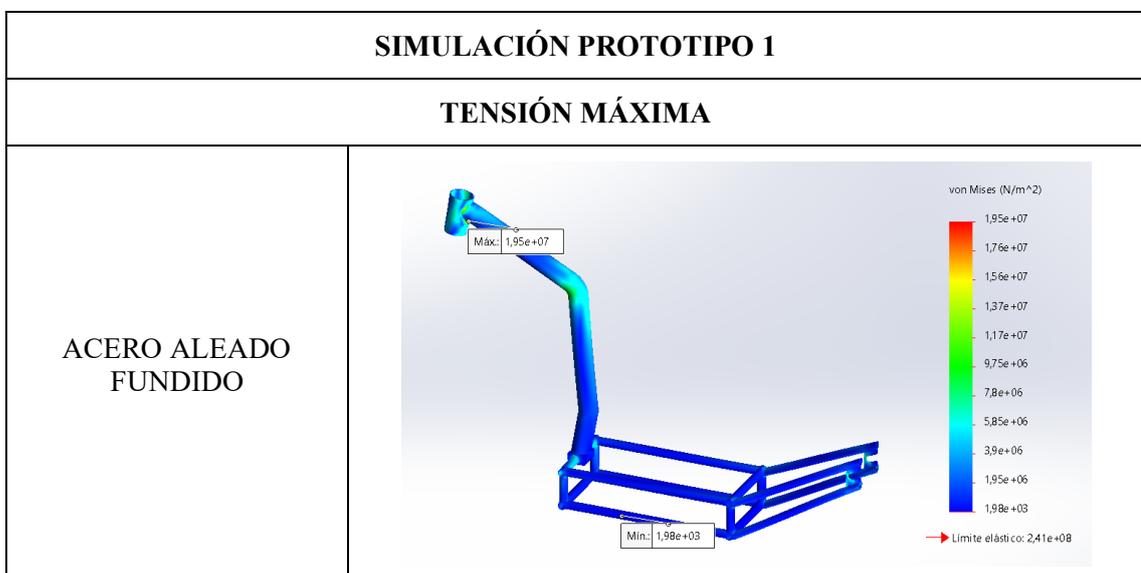
Los resultados de la simulación del prototipo 1 se realizó con la ayuda del software de SolidWorks, en donde se estudió el primer prototipo con tres diferentes materiales y se obtuvo los resultados de peso, factor de seguridad, equivalente máximo de tensión y deformación. Respecto a los resultados de la Tabla 1-3 se puede visualizar que el mejor material para la construcción es el acero galvanizado que ofrece un factor de seguridad de 10 y una deformación máxima de 5.857e-05 mm. En la tabla 2-3 se puede visualizar las diferentes graficas de las simulaciones realizadas al prototipo 1.

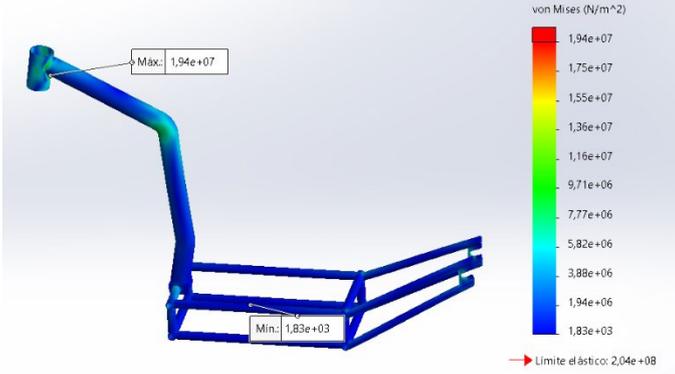
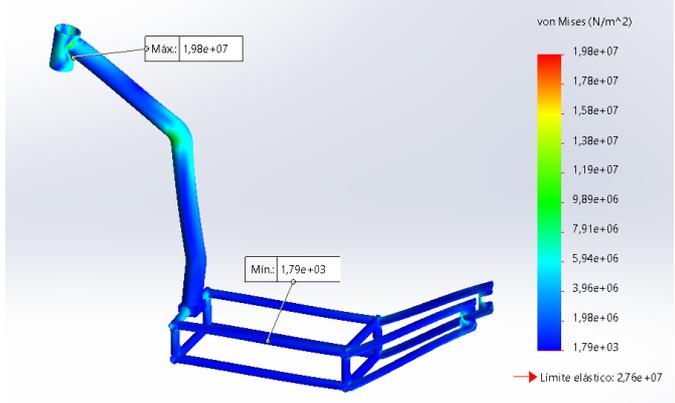
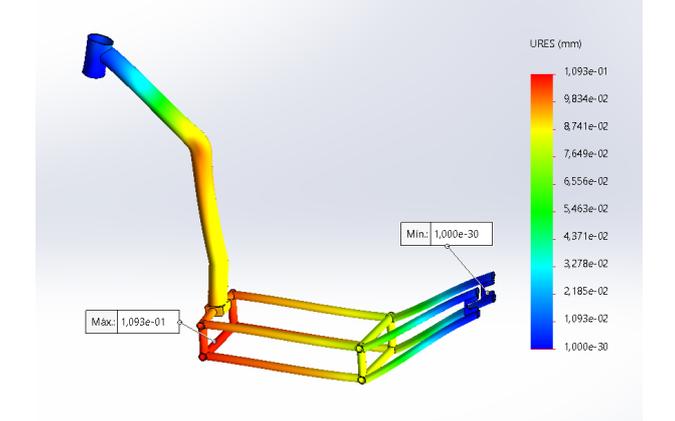
**Tabla 1-3:** Resultados de la simulación del Prototipo 1

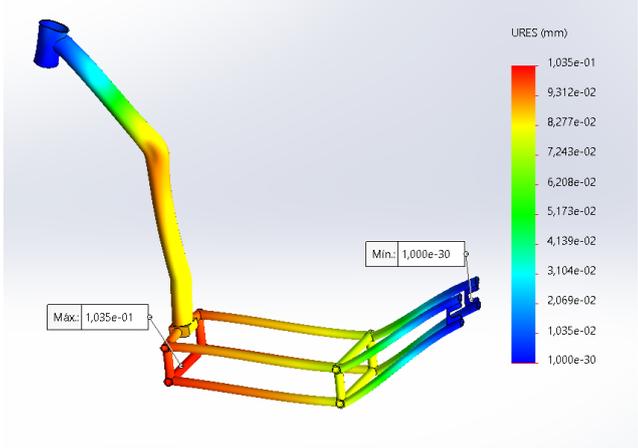
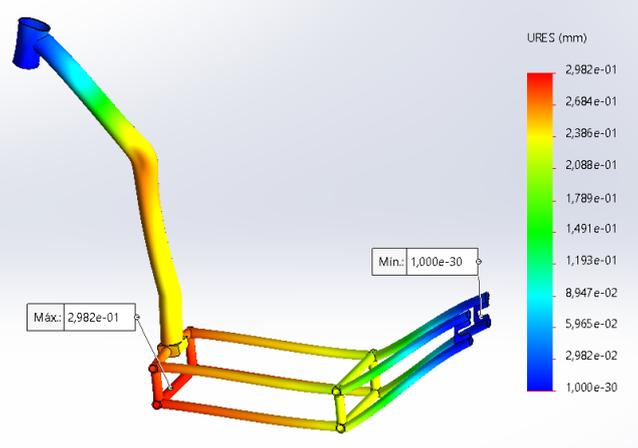
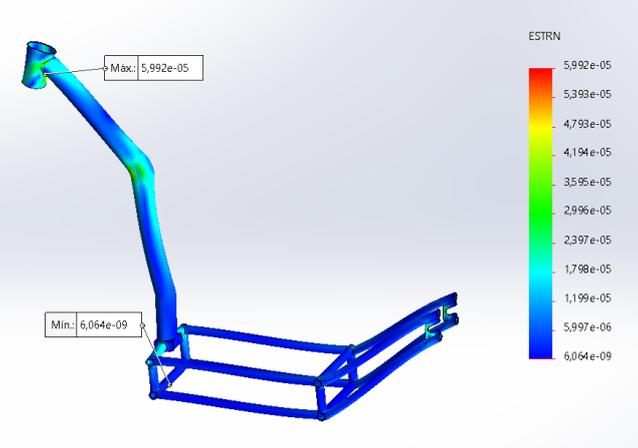
Material	Tensión máxima ( $N/m^2$ )	Desplazamiento máximo (mm)	Deformación máxima (mm)	Factor de seguridad
ACERO ALEADO FUNDIDO	1,95e+07	1,093e-01	5,992e-05	12,3685
ACERO GALVANIZADO	1,94e+07	1,035e-01	5,857e-05	10,3994
ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060	1,98e+07	2,982e-01	1,764e-04	1,3938

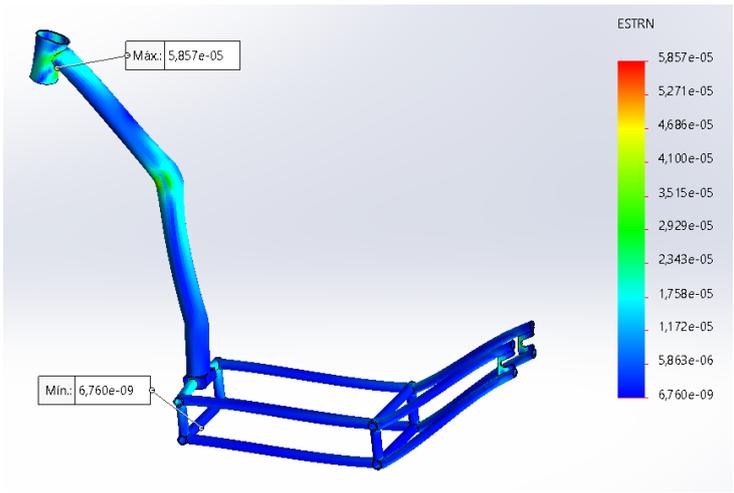
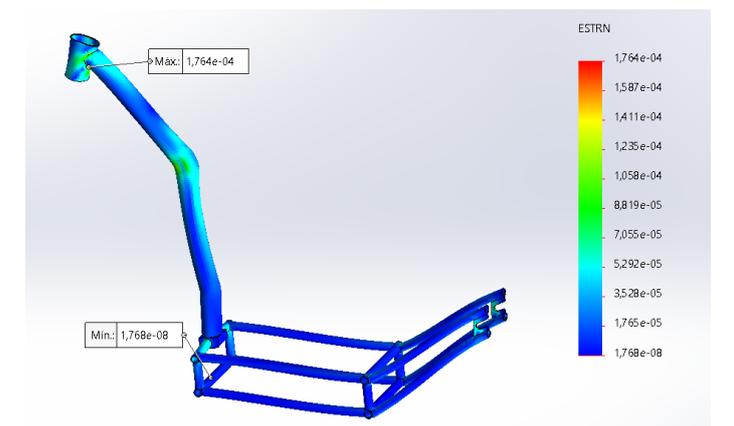
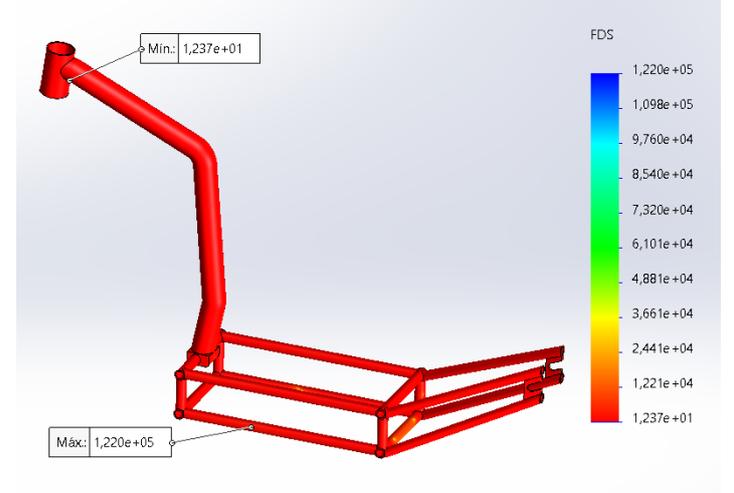
Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

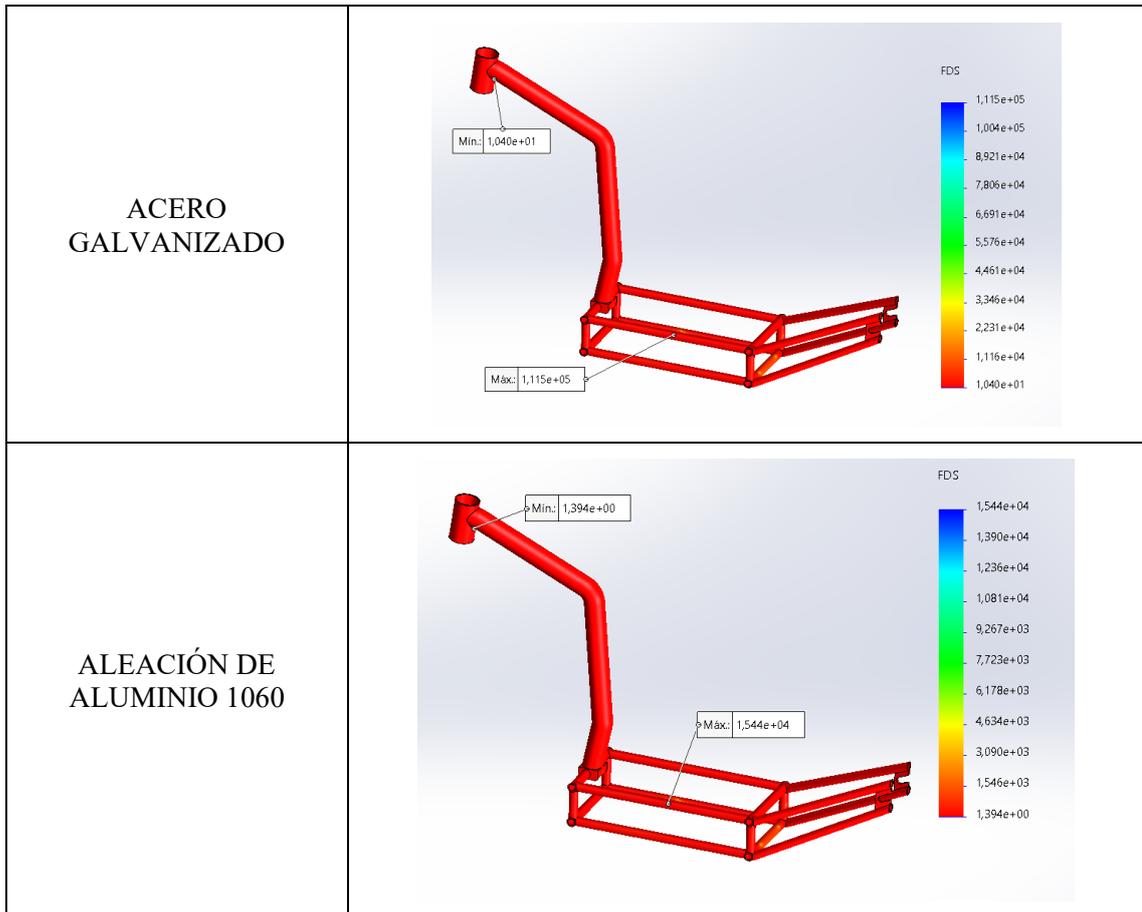
**Tabla 2-3:** Resultados gráficos de la simulación del Prototipo 1



<p style="text-align: center;"><b>ACERO GALVANIZADO</b></p>	 <p>von Mises (N/m<sup>2</sup>)</p> <p>Máx.: 1,94e+07</p> <p>Min.: 1,83e+03</p> <p>→ Limite elástico: 2,04e+08</p>
<p style="text-align: center;"><b>ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060</b></p>	 <p>von Mises (N/m<sup>2</sup>)</p> <p>Máx.: 1,98e+07</p> <p>Min.: 1,79e+03</p> <p>→ Limite elástico: 2,76e+07</p>
<p><b>DESPLAZAMIENTO MÁXIMO</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>ACERO ALEADO FUNDIDO</b></p>	 <p>URES (mm)</p> <p>Máx.: 1,093e-01</p> <p>Min.: 1,000e-30</p>

<p style="text-align: center;"><b>ACERO GALVANIZADO</b></p>	 <p style="text-align: right;">URES (mm)</p> <p style="text-align: right;">1,035e-01 9,312e-02 8,277e-02 7,243e-02 6,208e-02 5,173e-02 4,139e-02 3,104e-02 2,069e-02 1,035e-02 1,000e-30</p> <p>Máx.: 1,035e-01</p> <p>Min.: 1,000e-30</p>
<p style="text-align: center;"><b>ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060</b></p>	 <p style="text-align: right;">URES (mm)</p> <p style="text-align: right;">2,982e-01 2,684e-01 2,386e-01 2,088e-01 1,789e-01 1,491e-01 1,193e-01 8,947e-02 5,965e-02 2,982e-02 1,000e-30</p> <p>Máx.: 2,982e-01</p> <p>Min.: 1,000e-30</p>
<p><b>DEFORMACIÓN MÁXIMA</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>ACERO ALEADO FUNDIDO</b></p>	 <p style="text-align: right;">ESTRN</p> <p style="text-align: right;">5,992e-05 5,393e-05 4,793e-05 4,194e-05 3,595e-05 2,996e-05 2,397e-05 1,798e-05 1,199e-05 5,997e-06 6,064e-09</p> <p>Máx.: 5,992e-05</p> <p>Min.: 6,064e-09</p>

<p style="text-align: center;"><b>ACERO GALVANIZADO</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060</b></p>	
<p><b>FACTOR DE SEGURIDAD</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>ACERO ALEADO FUNDIDO</b></p>	



Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 3.2.2 Simulación del Prototipo 2

Los resultados de la simulación del prototipo 2 se realizó con la ayuda del software de SolidWorks, en donde se estudió el segundo prototipo con tres diferentes materiales y se obtuvo los resultados de peso, factor de seguridad, equivalente máximo de tensión y deformación. Respecto a los resultados de la Tabla 3-3 se puede visualizar que el mejor material para la construcción es el acero galvanizado por que ofrece un factor de seguridad de 7 y una deformación máxima de  $6.397e-05$  mm. En el Anexo E se puede visualizar las diferentes graficas de cada simulación del prototipo 2.

**Tabla 3-3:** Resultados de la simulación del Prototipo 2

Material	Tensión máxima ( $N/m^2$ )	Desplazamiento máximo (mm)	Deformación máxima (mm)	Factor de seguridad
ACERO ALEADO FUNDIDO	1,42e+08	1,338e+00	3,571e-04	1,704

ACERO GALVANIZADO	1,40e+08	1,238e+00	3,408e-04	1,468
ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060	1,35e+08	3,425e+00	9,897e-04	0,204

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 3.2.3 Simulación del prototipo 3

Los resultados de la simulación del prototipo 3 se realizó con la ayuda del software de SolidWorks, en donde se estudió el tercer prototipo con tres diferentes materiales y se obtuvo los resultados de peso, factor de seguridad, equivalente máximo de tensión y deformación. Respecto a los resultados de la Tabla 4-3 se puede visualizar que el mejor material para la construcción es el Aluminio 6063 que posee un peso de 8.7 kg, permitiendo que el patinete sea lo más liviano posible. En el Anexo F se puede observar las diferentes graficas de la simulación del prototipo 3.

**Tabla 4-3:** Resultados de la simulación del prototipo 3

Material	Tensión máxima ( $N/m^2$ )	Desplazamiento máximo (mm)	Deformación máxima (mm)	Factor de seguridad
ACERO ALEADO FUNDIDO	2,65e+07	2,640e-01	7.083e-05	11,015
ACERO GALVANIZADO	2,37e+07	2,122e-01	6.816e-05	9,4971
ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060	3,02e+07	3,294e-01	2,349e-04	2,364

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

## 3.3 Comparación de resultados de simulación

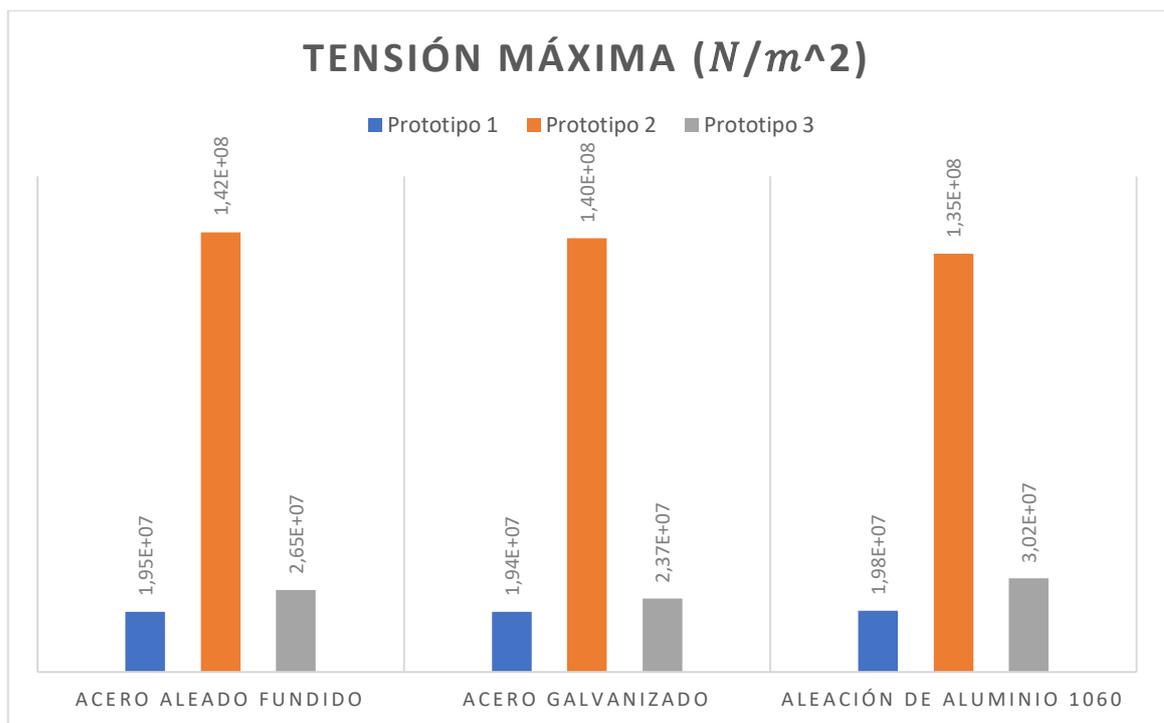
### 3.3.1 Comparación de tensión máxima

En la tabla 5-3 se tiene los distintos materiales y los prototipos diseñados en donde se obtienen los distintos datos de tensión máxima de cada simulación, en la gráfica 1-3 se visualiza que el acero galvanizado es el material que sufre menor tensión en los 3 prototipos, pero el prototipo 1 es él que tiene la menor tensión, ya que la tensión máxima que alcanza es de  $1,94e+07 N/m^2$ , los que nos indica que si en las demás simulaciones supera a los otros prototipos se construirá el prototipo 1.

**Tabla 5-3:** Comparación de tensión máxima

	Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3
Material	Tensión Máxima ( $N/m^2$ )		
ACERO ALEADO FUNDIDO	1,95e+07	1,42e+08	2,65e+07
ACERO GALVANIZADO	1,94e+07	1,40e+08	2,37e+07
ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060	1,98e+07	1,35e+08	3,017e+07

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021



**Gráfico 1-3:** Comparación de tensión máxima

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

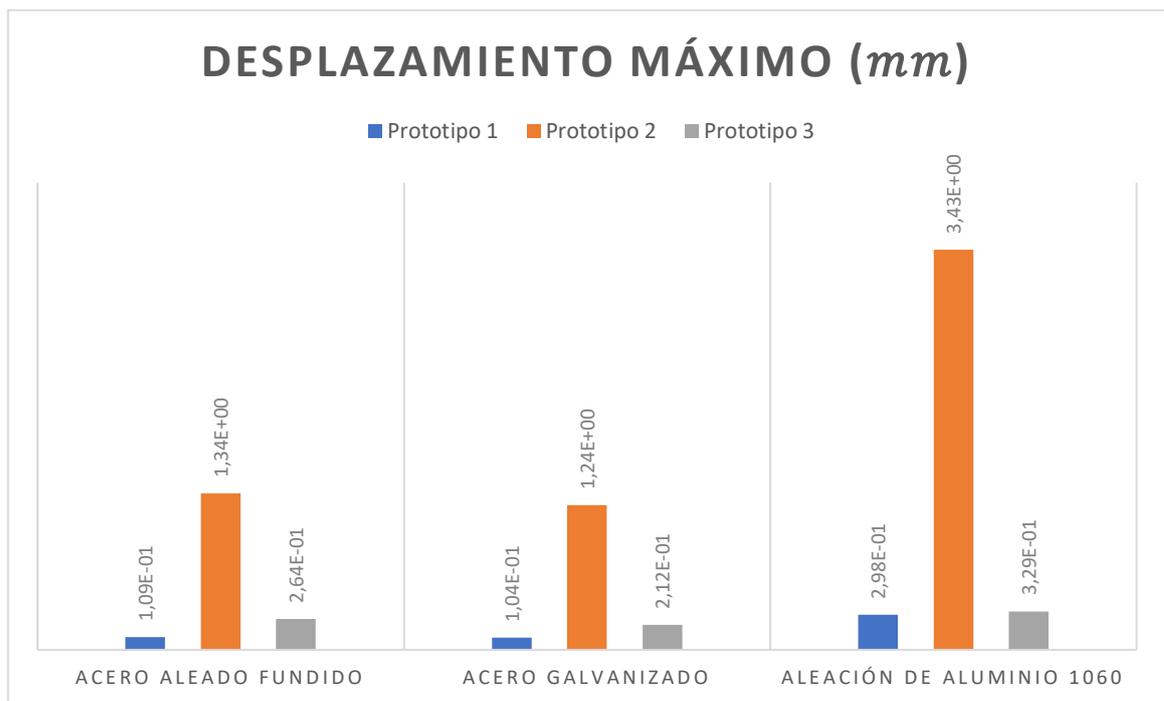
### 3.3.2 Comparación desplazamiento máximo

En la tabla 6-3 se tiene los distintos materiales y los prototipos diseñados en donde se obtienen los datos de desplazamiento máximo de cada simulación, en la gráfica 2-3 se visualiza que el material con que tiende a desplazarse más es el aluminio, en cambio el acero galvanizado sufre un menor desplazamiento, el prototipo 1 es el que presenta un menor resultado con el acero galvanizado obteniendo un desplazamiento máximo de  $1,035 \times 10^{-1}$  mm.

**Tabla 6-3:** Comparación desplazamiento máximo

	Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3
Material	Desplazamiento Máximo (mm)		
ACERO ALEADO FUNDIDO	1,093e-01	1,338e+00	2,640e-01
ACERO GALVANIZADO	1,035e-01	1,238e+00	2,122e-01
ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060	2,982e-01	3,425e+00	3,294e-01

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021



**Gráfico 2-3:** Comparación desplazamiento máximo

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

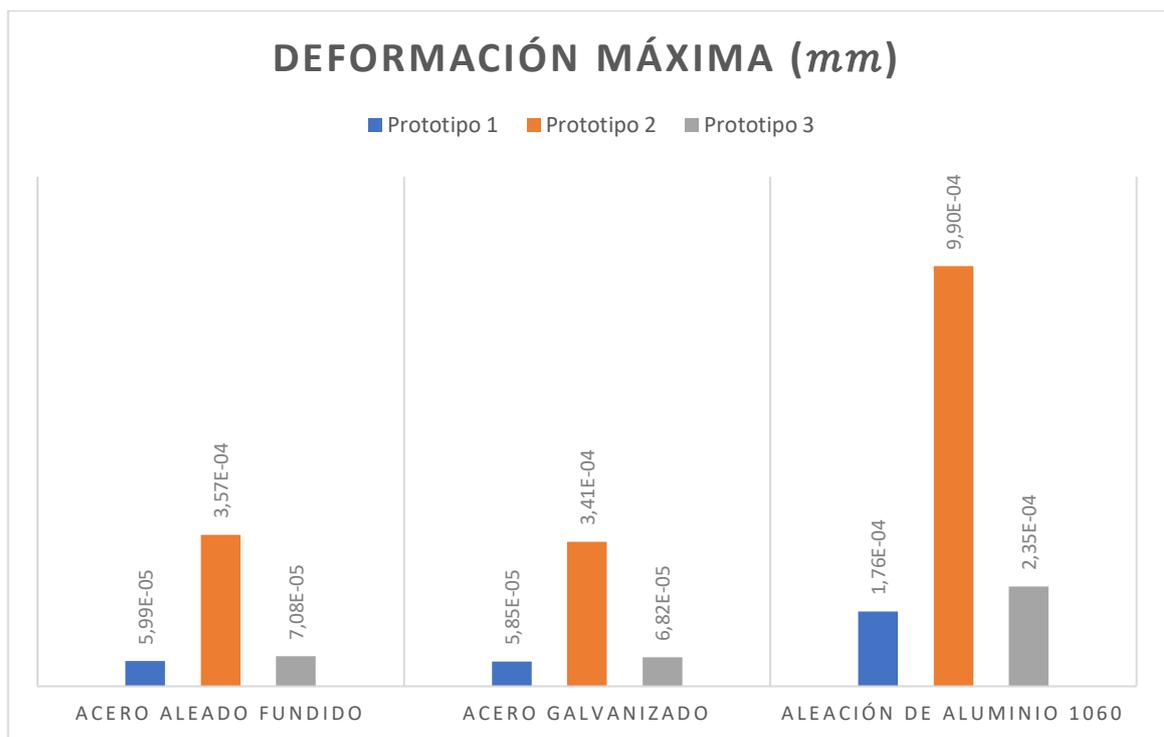
### 3.3.3 Comparación deformación máxima

En la tabla 7-3 se tiene los distintos materiales y los prototipos diseñados en donde se obtienen los distintos resultados de deformación máxima de cada simulación, en la gráfica 3-3 se visualiza que el material con máxima deformación es el aluminio, el prototipo 1 es el que tiene el resultado más bajo con el acero galvanizado obteniendo una deformación máxima de  $5,857e-05$  mm, por lo que es ideal construir con este material.

**Tabla 7-3:** Comparación deformación máxima

	Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3
Material	Deformación Máxima (mm)		
ACERO ALEADO FUNDIDO	5.992e-05	3,571e-04	7.083e-05
ACERO GALVANIZADO	5.857e-05	3,408e-04	6.816e-05
ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060	1,764e-04	9,897e-04	2,349e-04

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021



**Gráfico 3-3:** Comparación deformación máxima

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

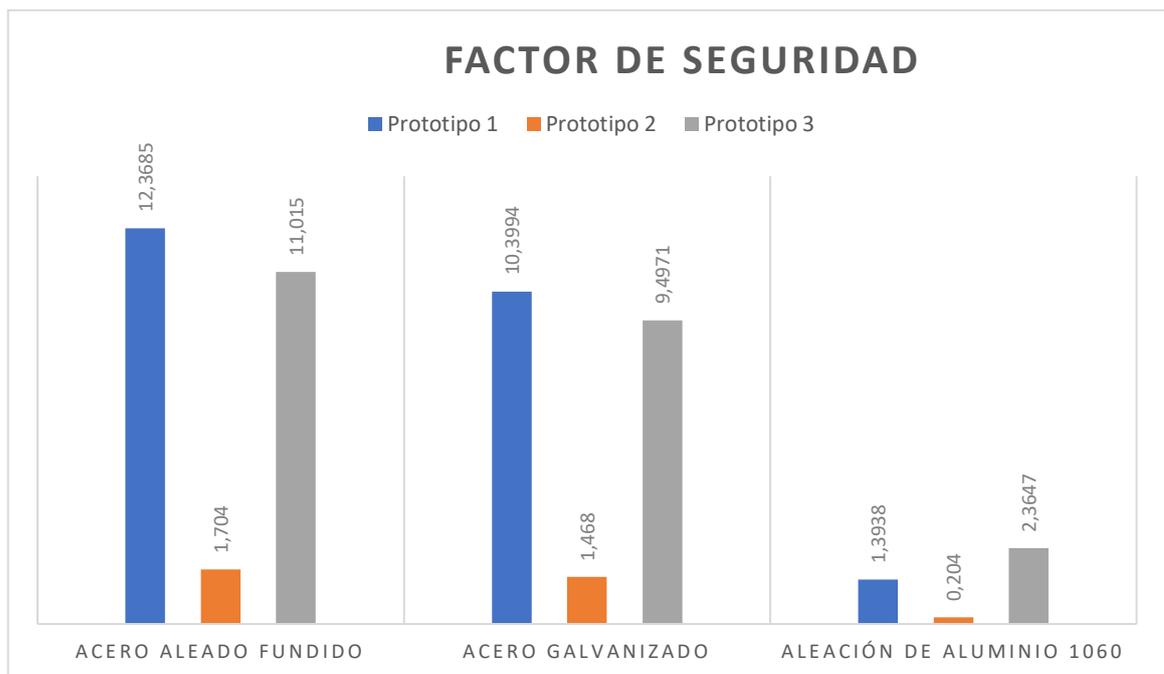
### 3.3.4 Comparación del factor de seguridad

En la tabla 8-3 se tiene los distintos materiales y los prototipos diseñados en donde se obtienen las distintas deformaciones obtenidas por las simulaciones, en la gráfica 4-3 se visualiza que el prototipo 1 brinda un mejor factor de seguridad, por lo tanto, después de analizar todos los datos obtenidos en las diferentes simulaciones se seleccionó que el prototipo 1 con el material de acero galvanizado es la mejor opción para construir el vehículo.

**Tabla 8-3:** Comparación del factor de seguridad

	Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3
Material	Factor de seguridad		
ACERO ALEADO FUNDIDO	12,3685	1,704	11,015
ACERO GALVANIZADO	10,3994	1,468	9,4971
ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060	1,3938	0,204	2,3647

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021



**Gráfico 4-3:** Comparación de factor de seguridad

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 3.3.5 Discusión de resultados de simulación

Los resultados obtenidos por Jeyapandiarajan et al., (2017) en la simulación del chasis de un scooter determinan que bajos los parámetros estudiados de factor de seguridad, deformaciones y tensiones, se debe realizar el estudio bajo tres diferentes materiales, de acuerdo con estos resultados, se procedió a utilizar el AISI 1020, AISI 4340 y Aluminio 6063, en donde el AISI 4340 es el seleccionado para la construcción de acuerdo con los datos que nos arroja SolidWorks, en comparación a nuestros resultados el acero galvanizado fue el material con el que obtuvimos mejores resultados. En la investigación de Balaguru et al., (2019) en la simulación del chasis de un

scooter con AISI 4130 obtiene una tensión máxima de 450 MPa, en cambio en la simulación de nuestro prototipo con acero galvanizado obtuvimos 1940 MPa, evidenciando que el chasis diseñado va a soportar mayor carga.

### 3.4 Selección del motor

Para seleccionar el motor del patinete se analizó respecto a diferentes criterios. El primer caso analizado estableció los siguientes parámetros; un peso del patinete de 30 kg y para un usuario de 100 kg, una velocidad alcanzada de 20 km/h, un terreno plano sin pendientes que permita derrotar el movimiento de inercia. Coeficiente de fricción utilizado es de rodadura de caucho contra pavimento.

$$\sum F_Y = W - N = 0$$

$$(30kg + 100kg) * \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right) = N$$

$$N = 1274 N = W$$

$$\sum F_x = -F_{DRAG} + F_{MOTOR} - F_{RODADURA} = 0$$

$$F_{MOTOR} = F_{DRAG} + F_{RODADURA}$$

$$F_{DRAG} = C_D * \frac{1}{2} * \rho_{FLUIDO} * A * V^2$$

$$F_{DRAG} = 1.3 * \frac{1}{2} * 1.225 \frac{kg}{m^3} * 0,36m^2 * \left(1.38 \frac{m}{s}\right)^2$$

$$F_{DRAG} = 1.098 \frac{kgm}{s^2}$$

$$F_{RODADURA} = C_R * W$$

$$F_{RODADURA} = 0.035 * 1274 N$$

$$F_{RODADURA} = 44.59 N$$

$$F_{MOTOR} = 1.098 N + 44.59 N$$

$$F_{MOTOR} = 45.688 N$$

$$Potencia = F_{MOTOR} * Velocidad$$

$$Potencia = 45.688 N * 20 \frac{km}{h} \left( \frac{1000m}{1km} \right) \left( \frac{1h}{3600s} \right)$$

$$Potencia = 247.72 W \cong 0.3321 HP$$

En el segundo caso estudiado se determinaron los siguientes parámetros para un movimiento de aceleración con un peso del patinete de 30 kg y de un usuario de 100 kg, una velocidad de 20 km/h, un terreno plano sin inclinación.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\left( 20 \frac{km}{h} - 0 \right)}{5s} * \left( \frac{1000m}{1km} \right) * \left( \frac{1h}{3600s} \right)$$

$$a = 1.11 \frac{m}{s^2}$$

$$\sum F_x = -F_{DRAG} + F_{MOTOR} - F_{RODADURA} - ma = 0$$

$$F_{MOTOR} = F_{DRAG} + F_{RODADURA} + ma$$

$$F_{MOTOR} = 44.59 N + 19.89 N + (130kg * 1.11 \frac{m}{s^2})$$

$$F_{MOTOR} = 1.098N + 44.59N + 144.3N$$

$$F_{MOTOR} = 189.988 N$$

$$Potencia = F_{MOTOR} * Velocidad$$

$$Potencia = 189.988 N * 20 \frac{km}{h} \left( \frac{1000m}{1km} \right) \left( \frac{1h}{3600s} \right)$$

$$Potencia = 1055.48 W \cong 1.4154 HP$$

En el tercer caso estudiado se establecieron los siguientes parámetros para vencer la inercia con un peso del patinete de 30 kg y de un usuario de 100 kg, una velocidad de 20 km/h, un terreno con pendientes de 8.53°.

$$\sum F_Y = W \cos 8.53^\circ - N = 0$$

$$(130kg) * \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right) \cos 8.53^\circ = N$$

$$1274 N * 0.98 = N$$

$$N = 1248.52 N = W$$

$$\sum F_x = -F_{DRAG} + F_{MOTOR} - F_{RODADURA} - W \sin 8.53^\circ = 0$$

$$F_{MOTOR} = F_{DRAG} + F_{RODADURA} + W \sin 8.53^\circ$$

$$F_{DRAG} = C_D * \frac{1}{2} * \rho_{FLUIDO} * A * V^2$$

$$F_{DRAG} = 1.3 * \frac{1}{2} * 1.225 \frac{kg}{m^3} * 0,36m^2 * \left(1.38 \frac{m}{s}\right)^2$$

$$F_{DRAG} = 0.3955 \frac{kgm}{s^2}$$

$$F_{RODADURA} = C_R * W \sin 8.53^\circ$$

$$F_{RODADURA} = 0.035 * 1248.52 N \sin 8.53^\circ$$

$$F_{RODADURA} = 6.4816 N$$

$$F_{MOTOR} = 0.3955 N + 6.4816 N + 185.189 N$$

$$F_{MOTOR} = 192.06 N$$

$$Potencia = F_{MOTOR} * Velocidad$$

$$Potencia = 192.06 N * 20 \frac{km}{h} \left(\frac{1000m}{1km}\right) \left(\frac{1h}{3600s}\right)$$

$$Potencia = 1067.03 W \cong 1.43 HP$$

En el cuarto caso estudiado se establecieron los siguientes parámetros para un movimiento de aceleración con un peso del patinete de 30 kg y de un usuario de 100 kg, una velocidad de 20 km/h, un terreno con una pendiente de 8.53°.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\left(20 \frac{km}{h} - 5 \frac{km}{h}\right)}{5s} * \left(\frac{1000m}{1km}\right) * \left(\frac{1h}{3600s}\right)$$

$$a = 0.59 \frac{m}{s^2}$$

$$\sum F_x = -F_{DRAG} + F_{MOTOR} - F_{RODADURA} - ma - W \sin 8.53^\circ = 0$$

$$F_{MOTOR} = F_{DRAG} + F_{RODADURA} + ma + W \sin 8.53^\circ$$

$$F_{MOTOR} = 0.3955 N + 6.4816 N + \left(130kg * 1.11 \frac{m}{s^2}\right) + 185.189 N$$

$$F_{MOTOR} = 0.3955N + 6.4816N + 76.7N + 185.189N$$

$$F_{MOTOR} = 268.766 N$$

$$Potencia = F_{MOTOR} * Velocidad$$

$$Potencia = 268.766 N * 20 \frac{km}{h} \left(\frac{1000m}{1km}\right) \left(\frac{1h}{3600s}\right)$$

$$Potencia = 1493.145 W \cong 2.13 HP$$

Después de realizar todos los cálculos se puede visualizar en la tabla 9-3 los resultados de la potencia máxima requerida respecto a los diferentes casos analizados, Habiendo determinado según casos críticos de peso máximo 130 kg, pendiente máxima de subida 15% (8.53°), y una velocidad máxima alcanzada de 20 km/h, los valores de potencia obtenidos y acorde a valores de potencia en el mercado se selecciona un motor de 1500 W de potencia para cumplir con los resultados esperados. En la figura 4-3 se puede visualizar el tipo de motor seleccionado.

**Tabla 9-3:** Tabla valores de potencia requerida por motor.

CASO ANALIZADO	POTENCIA MÁXIMA REQUERIDA [W]
Vencer inercia sin pendiente	247.72
Aceleración sin pendiente	1055.48
Vencer inercia pendiente 15%	1067.03
Aceleración pendiente 15%	1493.145

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021



**Figura 4-3:** Motor brushless de 1500w

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 3.5 Selección del controlador

Para seleccionar un controlador óptimo para el motor seleccionado, debe cumplir los criterios de control de velocidad, sistema de frenado electrónico y funciones extras de encendido. Con esas perspectivas y teniendo en cuenta la descripción de potencia y voltaje del motor (1500W/48V), se indaga acerca de un controlador de velocidad electrónico que cumpla con los requisitos. El pico de corriente de acuerdo con las tablas de potencia crítica y el voltaje de trabajo de motor es:

$$I_{max} = \frac{Potencia}{Voltaje}$$

$$I_{max} = \frac{1500 W}{48 V}$$

$$I_{max} = 31,25 A$$

De acuerdo con los cálculos empleados el controlador no puede superar ese valor de corriente. Por lo que se empleó un controlador que cumpla con todos los requerimientos y especificaciones técnicas para un buen empleo del motor. En la figura 5-3 se puede observar el controlador seleccionado para el correcto funcionamiento del motor.

### 3.6 Selección de batería

Teniendo los resultados del motor y controlador, se indaga una batería que cumpla con el voltaje y amperaje. Teniendo en cuenta que el motor y el controlador trabajan a 48V, esto mismo determina el valor del voltaje de trabajo de la batería. En cuanto al amperaje en el mercado se encuentran para este tipo de sistemas de 12 y 15 Ah. Cualquiera de las dos puede funcionar para el proyecto, pero se opta por la de 15 Ah debido a que presta mejor autonomía y además teniendo en cuenta que la batería de 12 Ah podría reemplazar momentáneamente el requerimiento de amperaje, pero después terminara desgastándose debido a que la corriente que requiere el motor es más elevada. En la figura 5-3 se puede observar la batería seleccionada para suministrar energía a todo el sistema eléctrico del patinete a fabricarse.



**Figura 5-3:** Batería de Ion-Litio de 48V a 15 Ah.

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

### 3.7 Construcción del prototipo seleccionado.

Para el ensamblaje del prototipo seleccionado primero se cortó y doblo el tubo de acero galvanizado de acuerdo con los planos realizados en SolidWorks, después se unieron todos los cortes con un tipo de soldadura mig/mag para obtener el chasis del prototipo, en el cual será colocado la horquilla de suspensión y el manillar. Teniendo montado todo eso se procede a realizar las conexiones del motor brushless con el controlador y la batería. Antes del sellado de los componentes, se comprueba si el funcionamiento es el correcto del, el sentido de giro, potencia que entrega al motor, también si no existe algún corte en el cableado, después de esta verificación se ajusta todos los componentes, para al final colocar la llanta delantera y realizar las pruebas respectivas. En la Figura 6-3, se observa el patinete eléctrico completamente terminado. En el Anexo G se pueden visualizar imágenes de la construcción del prototipo.



**Figura 6-3:** Patinete eléctrico terminado

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

### 3.8 Autonomía

Para los cálculos del tiempo de autonomía de la batería se tuvo en cuenta datos de carga, intensidad y voltaje de la batería, que con la ayuda de la ecuación nos permitirá conocer cuánto tiempo de conducción tiene el patinete con el 100% de la batería en condiciones normales, con las pruebas de ruta se conocerá si el resultado obtenido es el correcto.

$$\text{Tiempo de Autonomía} = \frac{\text{Carga (Ah)}}{I \text{ carga (A)}} * \frac{(V \text{ flotación} - V \text{ mín})(v)}{V \text{ flotación (v)}}$$

$$\text{Tiempo de Autonomía} = \frac{15 \text{ (Ah)}}{2 \text{ (A)}} * \frac{(54,6 - 48)v}{54,6 v}$$

$$\text{Tiempo de Autonomía} = 1,30 \text{ h}$$

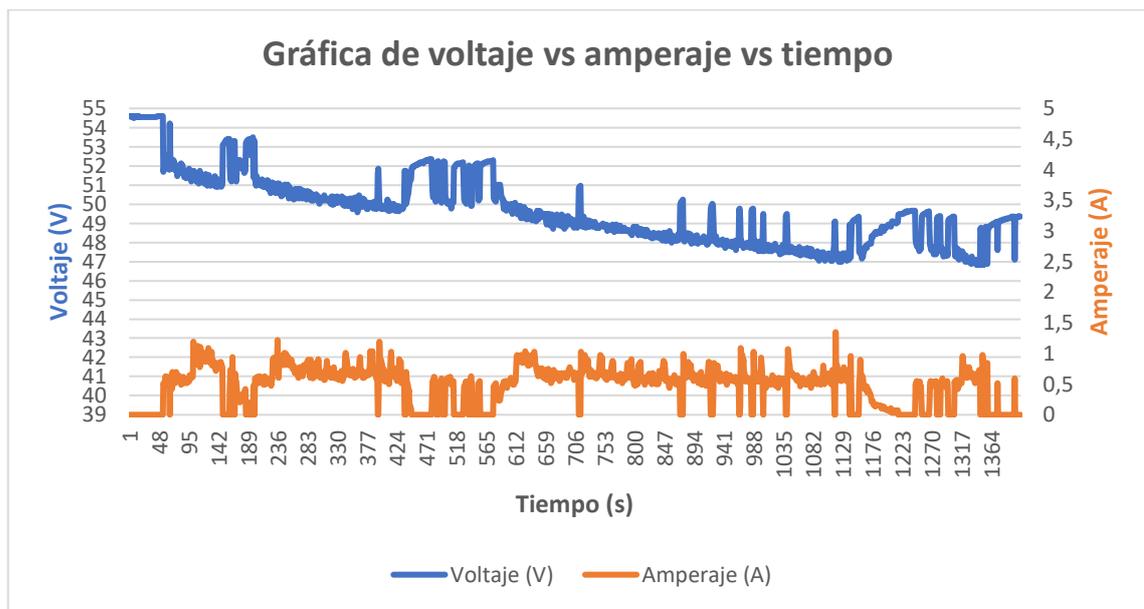
### 3.9 Datos obtenidos de la Ruta Atocha-Universidad Católica

En la Tabla 10-3 se observa los resultados obtenidos en la ruta Atocha-Universidad Católica, la cual permite encontrar los resultados de la autonomía del patinete, así como analizar la corriente y el voltaje de la batería segundo a segundo en cada prueba realizada, de las tres pruebas realizadas se obtiene que en la prueba 3 el porcentaje de batería utilizada es mayor respecto a las demás pruebas, debido a que se moviliza a una velocidad promedio de 20.1 km/h y se alcanza una velocidad máxima de 42.7 km/h lo que ocasiona que exista un mayor consumo de energía. En la gráfica 9-3, se puede visualizar las curvas de voltaje y amperaje vs tiempo de este recorrido. En el Anexo H se puede evidenciar los datos obtenidos en esta prueba, así como imágenes de la ruta realizada.

**Tabla 10-3:** Ruta Atocha- Universidad Católica

Recorrido	Velocidad Promedia (Km/h)	Velocidad Máxima (Km/h)	Duración del manejo (min)	Cantidad de detenciones	Distancia recorrida (Km)	% Bateria utilizada
Prueba 1	18.8	42.2	24.03	5	7.5	33
Prueba 2	19.3	42.1	23.48	3	7.53	36
Prueba 3	20.1	42.7	22.58	2	7.5	38

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021



**Gráfico 5-3:** Curvas de voltaje vs amperaje vs tiempo de la ruta 1

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

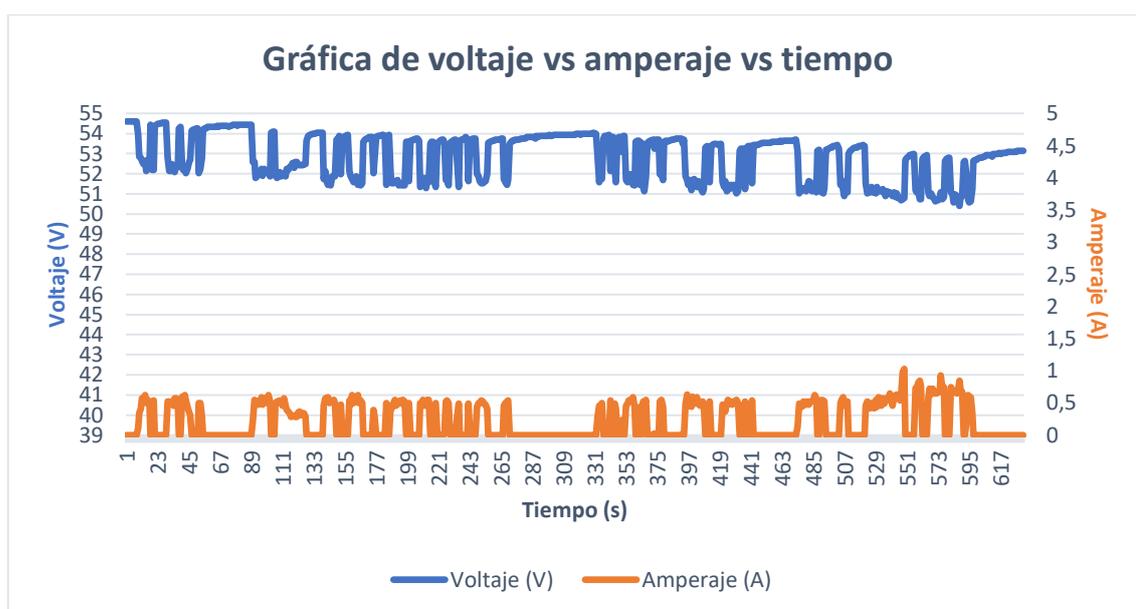
### 3.10 Datos obtenidos de la Ruta GADMA-Terminal

En la Tabla 11-3 se observa los resultados obtenidos en la ruta GADMA-Terminal, la cual permite determinar el desempeño del patinete eléctrico en zonas de congestión vehicular, de las tres pruebas realizadas se obtiene que en la prueba 1 la duración del manejo es menor respecto a las demás pruebas, debido a que se conduce a una velocidad promedio de 21.4 km/h y se alcanza una velocidad máxima de 40 km/h, además de ello la cantidad de detenciones es menor a las demás pruebas, lo que permite que pierda el menor tiempo posible. En la gráfica 6-3, se puede visualizar las curvas de voltaje y amperaje vs tiempo de este recorrido. En el Anexo I se puede evidenciar los datos obtenidos en esta prueba, así como imágenes de la ruta realizada.

**Tabla 11-3:** Ruta GADMA-Terminal

Recorrido	Velocidad Promedia (Km/h)	Velocidad Máxima (Km/h)	Duración del manejo (min)	Cantidad de detenciones	Distancia recorrida (Km)	% Batería utilizada
Prueba 1	21.4	62.7	15.23	4	5.5	21
Prueba 2	19.2	58	16.29	6	5.48	15
Prueba 3	19.6	53.8	17.49	7	5.5	18

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021



**Gráfico 6-3:** Curvas de voltaje vs amperaje vs tiempo de la ruta 2

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

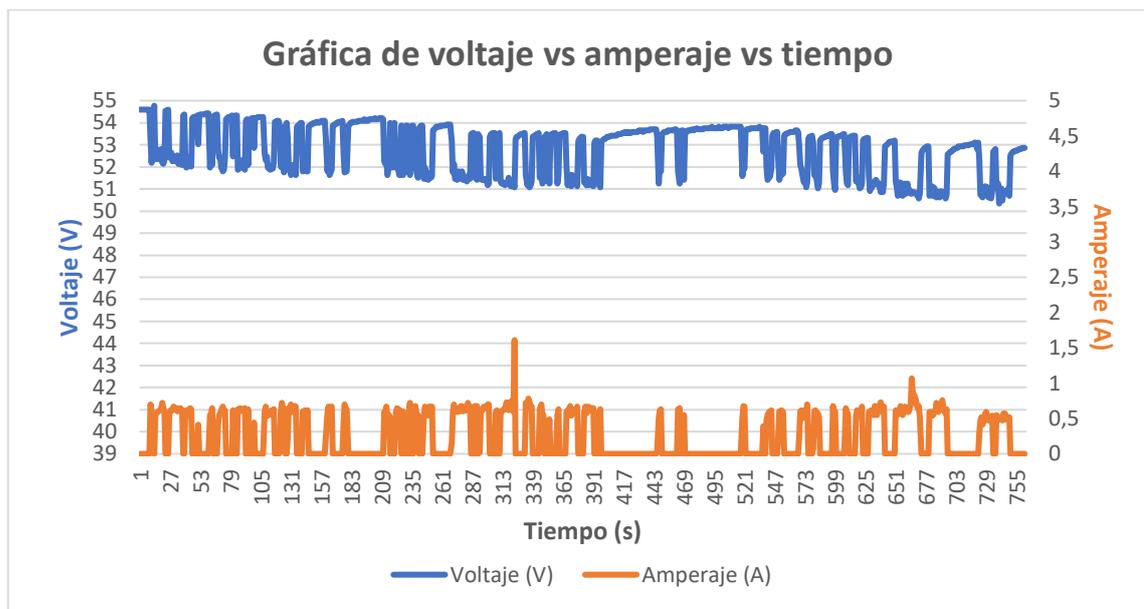
### 3.11 Datos obtenidos de la Ruta Mayorista-Ficoa

En la Tabla 12-3 se observa los resultados obtenidos en la ruta Mayorista-Ficoa, la cual permite determinar el desempeño del patinete eléctrico en cualquier tipo de calzada, de las tres pruebas realizadas se obtiene que en la prueba 3 existe un mayor desgaste en la batería, debido a que el motor requiere más potencia porque se circuló con una velocidad media de 18 km/h y se alcanzó una velocidad máxima de 51 km/h. En la gráfica 7-3, se puede visualizar las curvas de voltaje y amperaje vs tiempo de este recorrido. En el Anexo J se puede evidenciar los datos obtenidos en esta prueba, así como imágenes de la ruta realizada.

**Tabla 12-3:** Ruta Mayorista- Ficoa

Recorrido	Velocidad Promedia (Km/h)	Velocidad Máxima (Km/h)	Duración del manejo (min)	Cantidad de detenciones	Distancia recorrida (Km)	% Bateria utilizada
Prueba 1	17.2	44.6	20.21	6	5.8	19
Prueba 2	16.1	49	21.24	8	5.74	17
Prueba 3	18	51	19.14	4	5.8	21

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021



**Gráfico 7-3:** Curvas de voltaje vs amperaje vs tiempo de la ruta 3

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

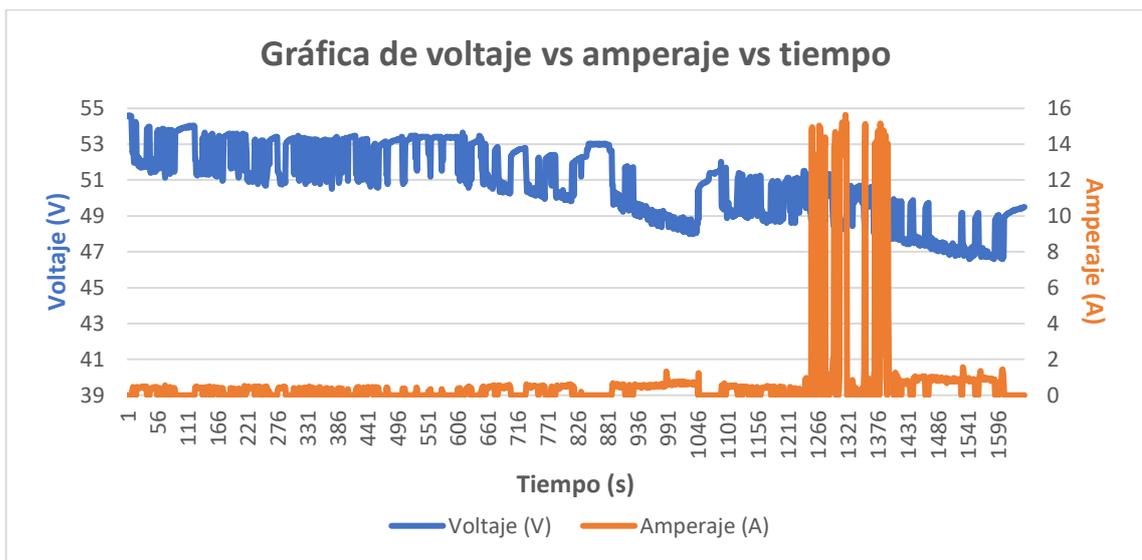
### 3.12 Datos Obtenidos Ruta Mayorista-Pelileo

En la Tabla 13-3 se observa los resultados obtenidos en la ruta Mayorista-Pelileo, la cual permite determinar el desempeño del patinete eléctrico en un recorrido periférico, de las tres pruebas realizadas se obtiene que en la prueba 2 el porcentaje de batería utilizada es menor respecto a las demás pruebas, debido a que la velocidad media es de 27.6 km/h y la velocidad máxima de 56.9 km/h ocasiona que el motor no requiera de tanta potencia lo que significa un ahorro de energía, sin embargo la duración de manejo va a hacer mayor respecto a las demás pruebas. En la gráfica 8-3, se puede visualizar las curvas de voltaje y amperaje vs tiempo de este recorrido. En el Anexo K se puede evidenciar los datos obtenidos en esta prueba, así como imágenes de la ruta realizada.

**Tabla 13-3:** Ruta Mayorista- Pelileo (Patinete 1)

Recorrido	Velocidad Promedia (Km/h)	Velocidad Máxima (Km/h)	Duración del manejo (mín)	Cantidad de detenciones	Distancia recorrida (Km)	% Bateria utilizada
Prueba 1	28	51	32.21	2	15.1	39
Prueba 2	27.6	56.9	32.49	4	15.08	38
Prueba 3	31	53.7	31.03	3	15.1	42

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021



**Gráfico 8-3:** Curvas de voltaje vs amperaje vs tiempo de la ruta 1

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

En la Tabla 14-3 se observa los resultados obtenidos en la ruta Mayorista-Pelileo, la cual permite determinar el desempeño de una bicicleta eléctrica en un recorrido periférico, de las tres pruebas realizadas se obtiene que en la prueba 3 el porcentaje de batería utilizada es mayor respecto a las demás pruebas, debido a que se movilizó a una velocidad promedio de 24 km/h y se alcanzó una velocidad máxima de 35 km/h, esto genera que el motor requiera de mayor consumo de energía. También los datos obtenidos nos ayudaran para realizar una comparación con el patinete eléctrico diseñado. En el Anexo L se puede evidenciar los datos obtenidos en esta prueba, así como imágenes de la ruta realizada.

**Tabla 14-3:** Ruta Mayorista- Pelileo (Patinete 2)

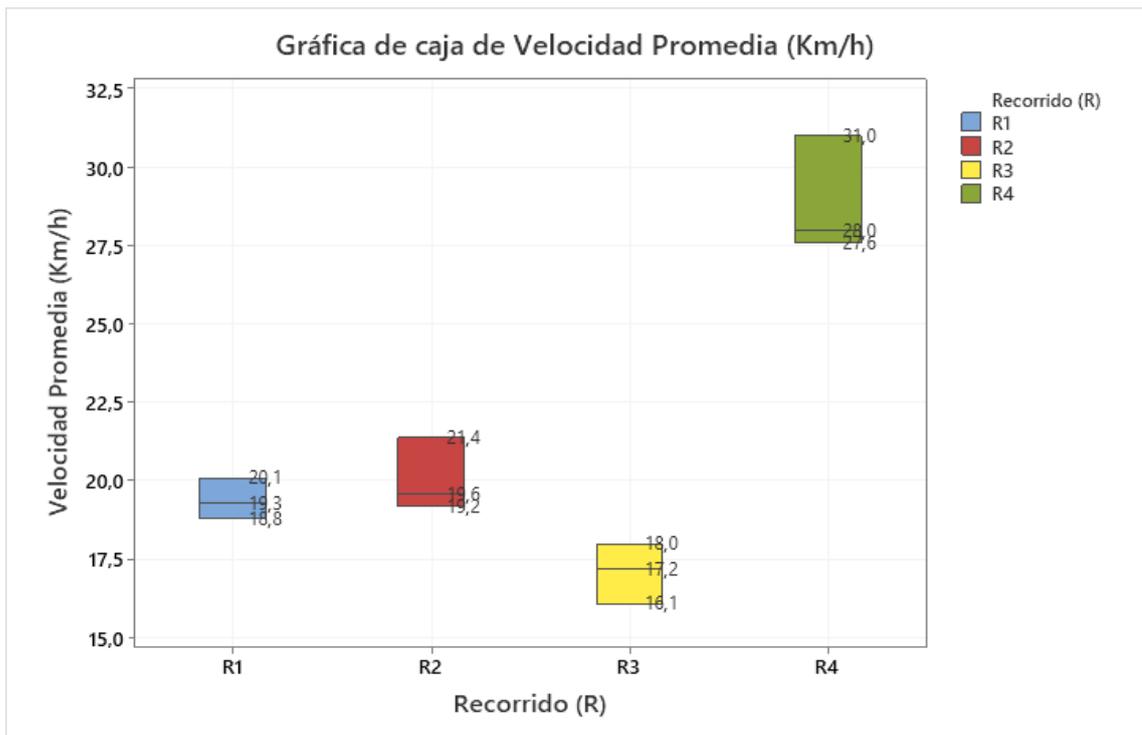
Recorrido	Velocidad Media (Km/h)	Velocidad Máxima (Km/h)	Duración del manejo (mín)	Cantidad de detenciones	Distancia recorrida (Km)	% Batería utilizada
Prueba 1	20	32	57	1	15,6	80
Prueba 2	23	34	58	2	15,7	82
Prueba 3	24	35	55	4	15,9	86

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 3.13 Análisis estadístico de las pruebas de ruta

#### 3.13.1 Análisis de Velocidad Promedia

En el gráfico 9-3, se representa un gráfico de bigotes para la variable de velocidad media en sus distintos recorridos, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 % de confianza. Se determina que en el recorrido 2 existe la mayor velocidad media debido a que se manejó en carreteras planas y bajadas, en cambio en el recorrido 3 existe la menor velocidad media porque las pruebas de conducción se realizaron en horas de alto congestionamiento vehicular.



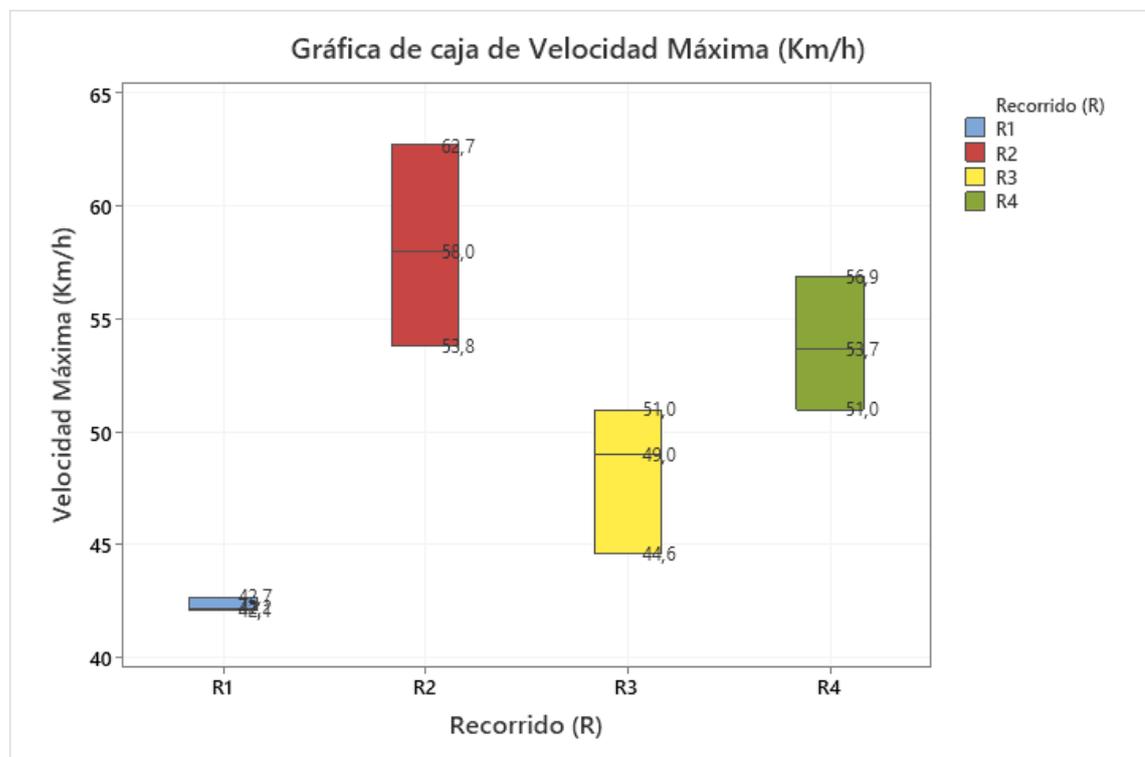
**Gráfico 9-3:** Análisis de velocidad promedia

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

Los resultados de velocidad promedio se determinaron en distintas rutas con diferente topografía, en el gráfico 9-3 se visualiza la velocidad promedio de las 4 rutas realizadas, el recorrido 1 tiene una distancia de 7.5 km con pendientes y planadas donde se logró una velocidad promedio de 19,3 Km/h, resultado que supera a Bernal & Torres (2019), donde obtuvo una velocidad promedio de 11.6 Km/h, en un recorrido de 6.6 km con pendientes y planadas, estos estudios se lo realizaron en una bicicleta eléctrica, con características similares al patinete eléctrico diseñado.

### 3.13.2 Análisis de Velocidad Máxima

En el gráfico 10-3, se representa un gráfico de bigotes para la variable de velocidad máxima en sus distintos recorridos, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 % de confianza. Se determina que en el recorrido 2 se alcanza la mayor velocidad máxima debido a que se manejó en carreteras planas y bajadas, en cambio en el recorrido 1 existe la menor velocidad máxima porque las pruebas de conducción se realizaron en pendientes.



**Gráfico 10-3:** Análisis de velocidad máxima

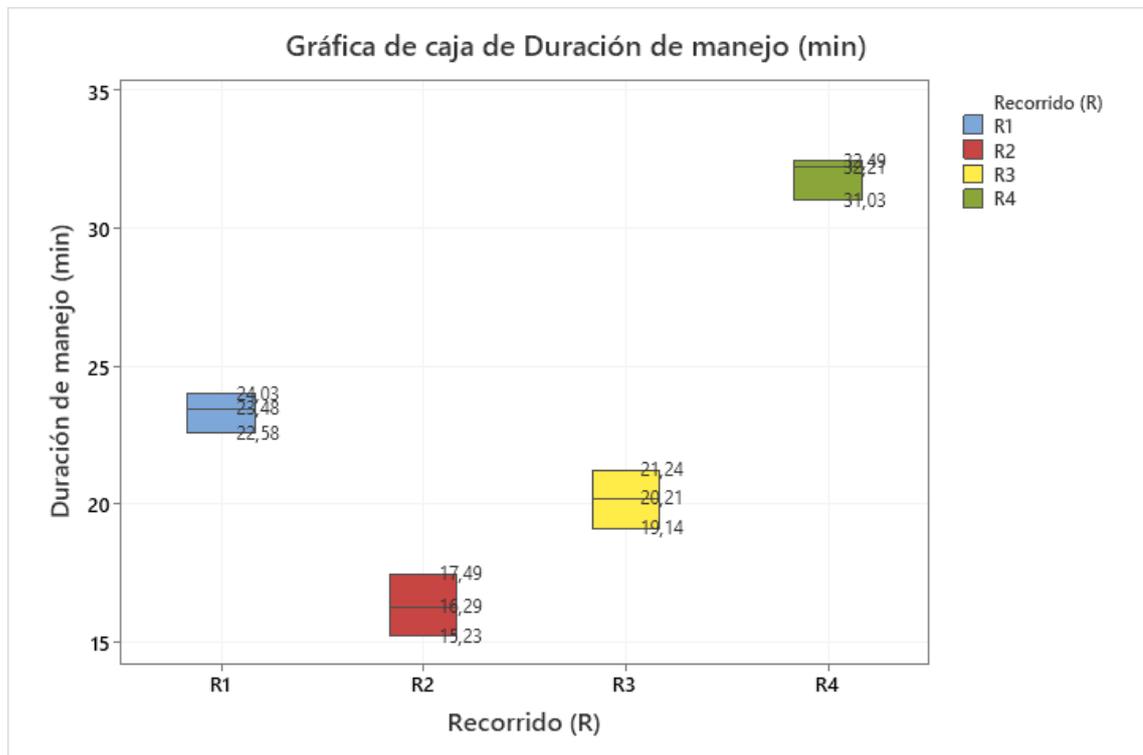
**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

En los estudios realizados se alcanzó una velocidad máxima de 62,7 km /h en un recorrido con bajadas y planadas, mientras que Arias (2020), en sus pruebas con un prototipo de patinete eléctrico

con un motor de 1600 Watts obtuvieron una velocidad máxima de 55 km/h, siendo este resultado inferior en un 12% en comparación al obtenido con nuestro patinete, esto también demuestra que ofrece mejores prestaciones que el resto. Según Morante (2019) el patinete moma de 1000 watts alcanza una velocidad máxima de 40 km/h, puesto que el patinete diseñado tiene una mejor velocidad respecto a uno de los modelos más potentes del mercado.

### 3.13.3 Análisis de Duración del manejo

En el gráfico 11-3, se representa un gráfico de bigotes para la variable de duración de manejo en sus distintos recorridos, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 % de confianza. Se determina que en el recorrido 4 existe un mayor tiempo de duración, esto se debe a la distancia de conducción, cantidad de detenciones, velocidad y topografía de la carretera.



**Gráfico 11-3:** Análisis de duración del manejo

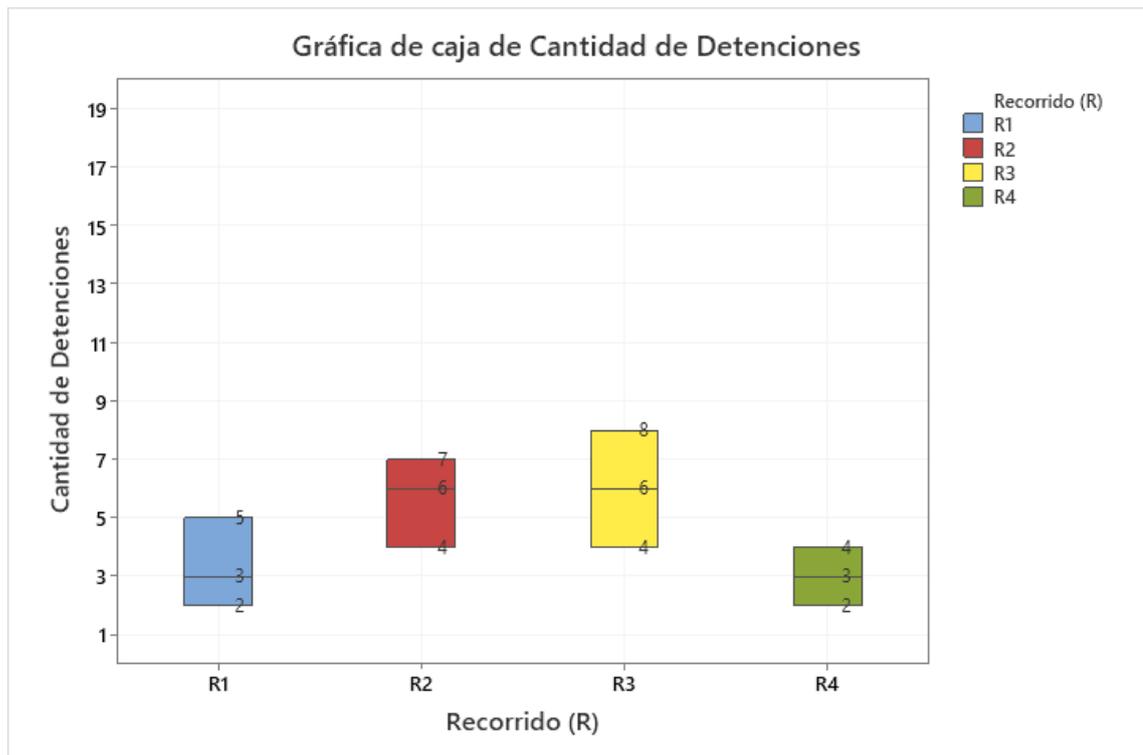
**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

En las pruebas realizadas por Aguirre & Ortega (2020), con un scooter eléctrico xiaomi M365 en un recorrido de 7.5 km se obtuvo una duración de 29 minutos, en comparación con el recorrido 1 que tiene la misma distancia su duración fue de 24.03 minutos, este resultado también supera a Coello et al. (2017) que al comparar con el recorrido 2 en 5.5 km, su duración de manejo fue de 22

minutos, mientras que nuestro patinete se demoró un tiempo promedio de 16.29 minutos, lo que determina que nuestro patinete recorre en un menor tiempo las rutas establecidas.

### 3.13.4 Análisis de cantidad detenciones

En el gráfico 12-3, se representa un gráfico de bigotes para la variable de cantidad de detenciones en sus distintos recorridos, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 % de confianza. Se determina que en el recorrido 3 existe mayor cantidad de detenciones debido a que se manejó en zonas de alto congestionamiento vehicular, en donde se encuentran varios semáforos y agentes de tránsito que influyen en una conducción constante.



**Gráfico 12-3:** Análisis de cantidad detenciones

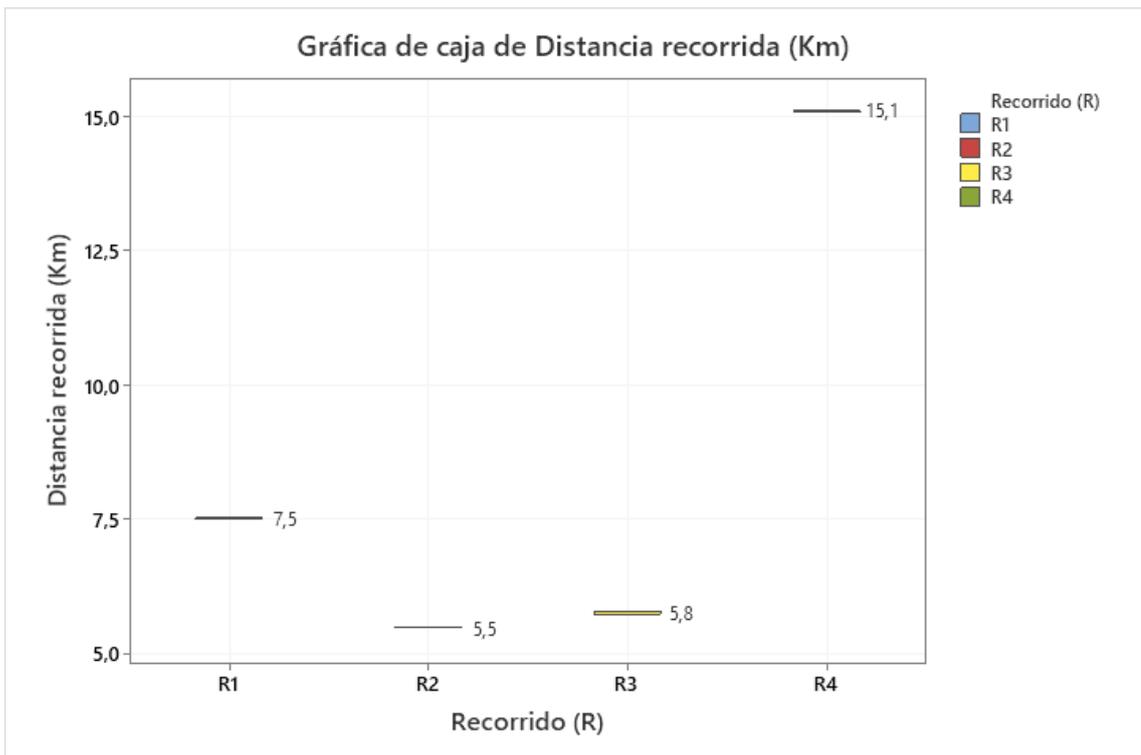
**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

Según Aguirre & Ortega (2020), la cantidad de detenciones influye de acuerdo con el nivel de tráfico presente en las rutas, por lo que realizaron pruebas con un scooter eléctrico xiaomi M365 en alto y bajo tráfico, obteniendo como resultado 9 y 7 detenciones respectivamente en un recorrido de 7.5 km, mientras que en el patinete diseñado en la misma distancia recorrida en la ruta 1 se obtuvo 5 y 2 detenciones, tanto en alto y bajo tráfico, lo que determina que nuestro patinete tiene mejores

características como velocidad y maniobrabilidad, que permite un mejor manejo para evitar la menor cantidad de detenciones.

### 3.13.5 Análisis de distancia recorrida

En el gráfico 13-3, se representa un gráfico de bigotes para la variable de distancia recorrida en sus distintos trayectos, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 % de confianza. Se determina que en el recorrido 4 existe una mayor distancia recorrida debido a que se manejó en una ruta periférica, en cambio en el recorrido 1 existe la menor distancia recorrida porque las pruebas de conducción se realizaron en pendientes.



**Gráfico 13-3:** Análisis de distancia recorrida

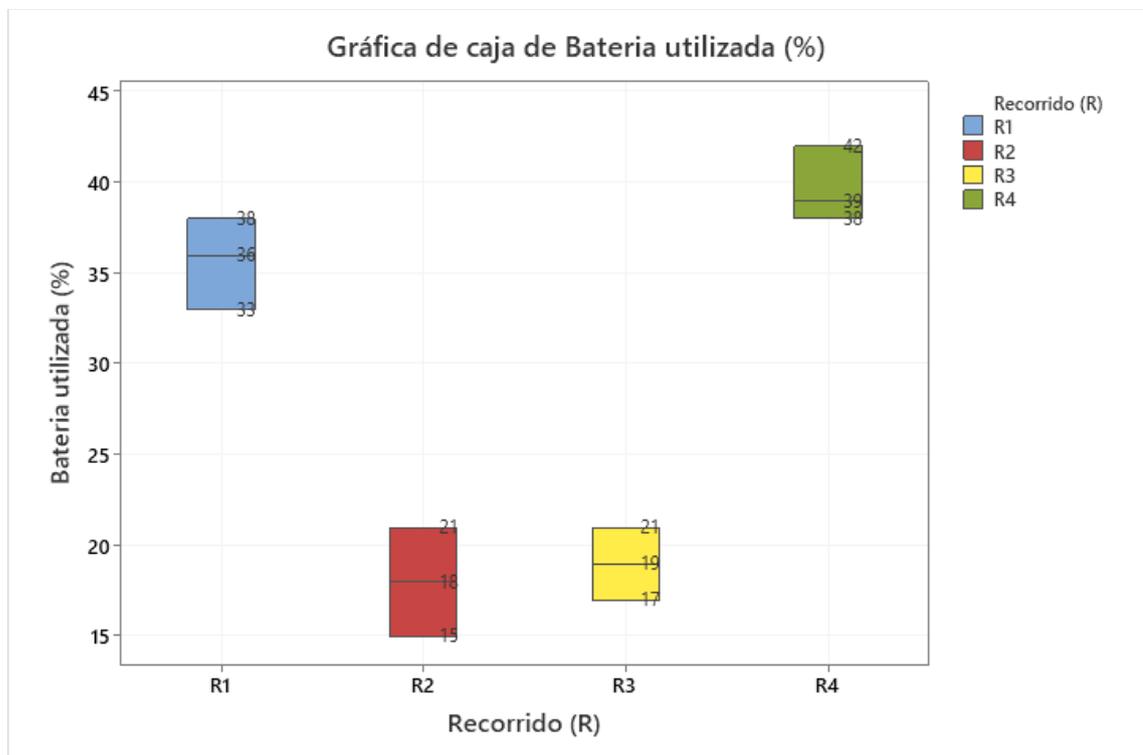
**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

Según Jumbo & Reyes (2012), en las pruebas realizadas en una motocicleta eléctrica con un motor de 2000 watts y una batería de 48 V, se realizó los recorridos en distancias de 5 km hasta de 20 km, en las pruebas realizadas con el patinete diseñado también utilizamos distancias similares que nos permiten estudiar de mejor forma las prestaciones del patinete. Mientras que Aguirre & Ortega (2020), en un scooter eléctrico xiaomi M365, realizan sus pruebas en recorridos de 3 km hasta 9 km,

siendo más conservadores con los recorridos, pero obteniendo menos datos del funcionamiento del scooter, que no ayudan a estudiar más a fondo todas las prestaciones que ofrece.

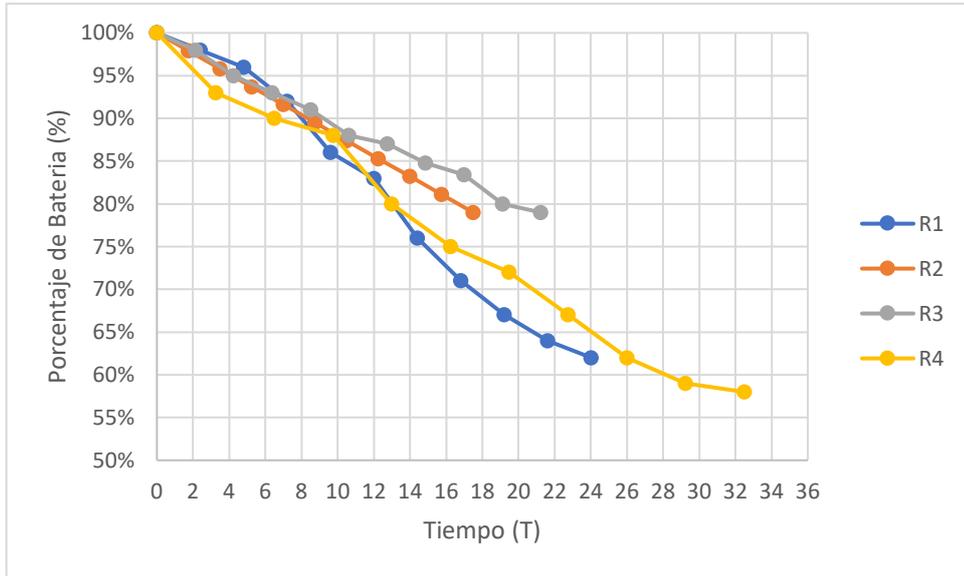
### 3.13.6 Análisis de porcentaje de batería

En el gráfico 14-3, se representa un gráfico de bigotes para la variable porcentaje de batería utilizado en sus distintos trayectos, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 % de confianza. Se determina que en el recorrido 4 existe un mayor porcentaje de batería utilizado debido a que se manejó en una ruta periférica y se recorrió mayor cantidad de kilómetros, en cambio el recorrido 1 es en donde existe un mayor porcentaje de batería utilizados en rutas urbanas, esto es debido a la topografía del recorrido ya que en su mayor parte existen pendientes y por ende un mayor consumo de energía. En el gráfico 20-3, se puede visualizar las curvas del porcentaje de batería de cada recorrido. En la Figura 70-3 se puede observar la curva de porcentaje de cada ruta.



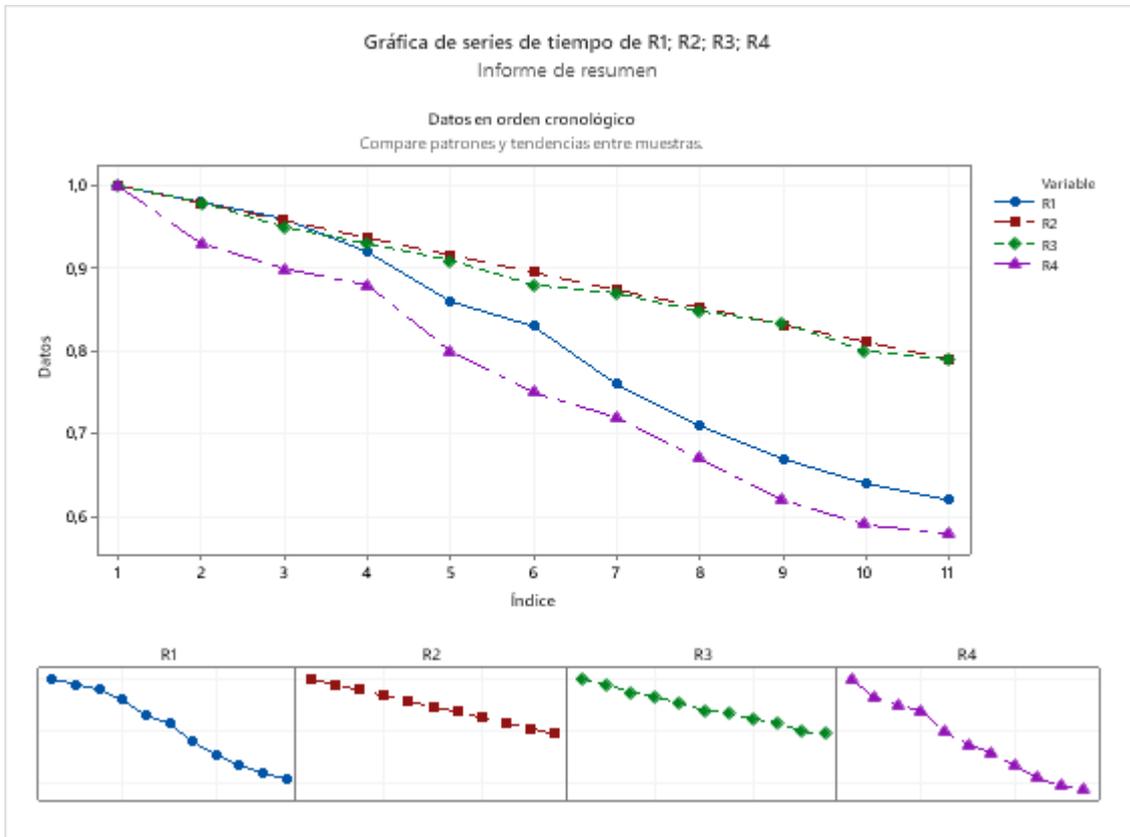
**Gráfico 14-3:** Análisis del porcentaje de Batería

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021



**Gráfico 15-3:** Curvas del porcentaje de batería de cada recorrido

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021



**Figura 7-3:** Comportamiento de la batería en cada ruta

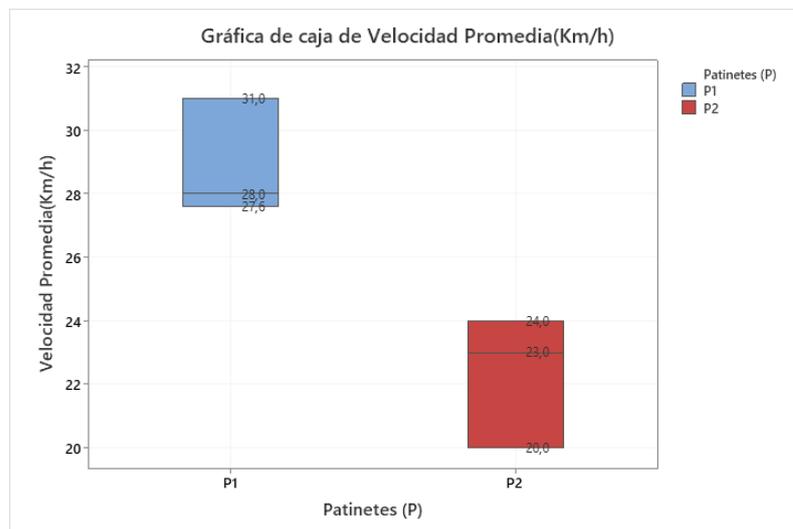
Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

En la ruta Mayorista-Pelileo se determinó la autonomía del patinete, con las siguientes características: distancia total 15.6 km, distancia descenso 9.6 km (pendiente 14%), distancia en ascenso 6 km, (pendiente de 9%). La autonomía del patinete es de 70 kilómetros, resultado que supera a Velasco et al., (2019) donde obtuvo una autonomía de 40 kilómetros con una ruta similar. Según Hoyos et al. (2014), en el estudio de autonomía de una bicicleta eléctrica luego de algunas pruebas con las baterías completamente cargadas, determinó que el vehículo posee una autonomía media de 83 kilómetros, resultado que supera a nuestro patinete esto se debe a que utiliza un motor de menor potencia que demanda menor consumo de energía y también debido a que utiliza una batería de mayor amperaje a la nuestra lo que le ofrece una mayor autonomía.

### 3.14 COMPARACIÓN DE PATINETES

#### 3.14.1 Comparación de velocidad media

En el gráfico 16-3, se representa un gráfico de bigotes para la variable de velocidad media en sus distintos recorridos, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 % de confianza. Se determina que el patinete 1 ofrece una mayor velocidad media debido a que su motor ofrece más potencia en comparación al otro.



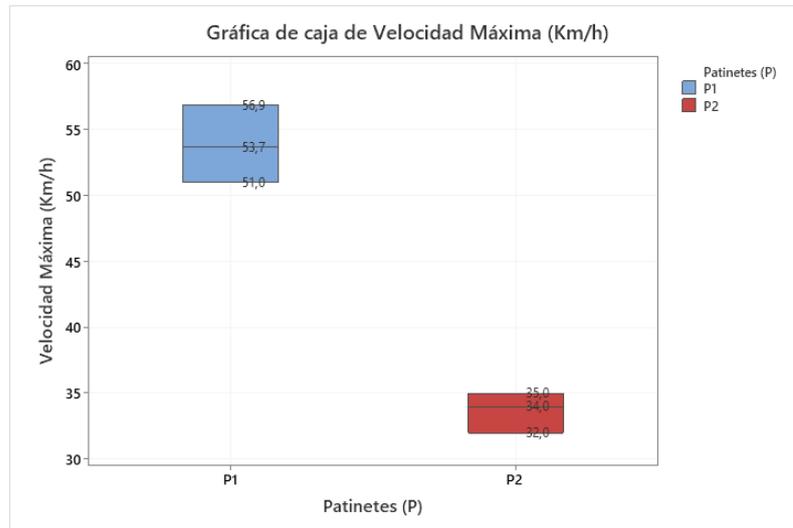
**Gráfico 16-3:** Comparación de velocidad media

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

#### 3.14.2 Comparación velocidad máxima

En el gráfico 17-3, se representa un gráfico de bigotes para la variable de velocidad máxima en sus distintos recorridos, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 % de confianza. Se determina que el patinete 2 ofrece una

mayor velocidad en comparación al otro patinete, debido a que los componentes que posee ofrecen mayores prestaciones que el otro.

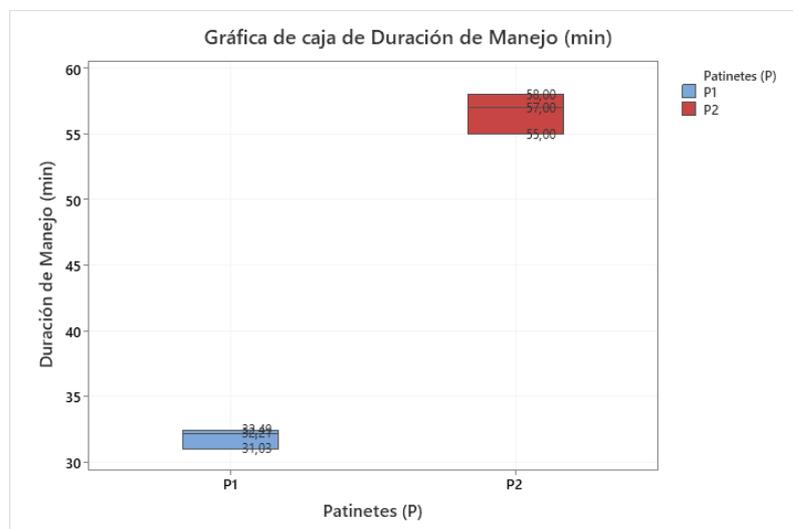


**Gráfico 17-3:** Comparación de velocidad máxima

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 3.14.3 Comparación de la duración de manejo

En el gráfico 18-3, se representa un gráfico de bigotes para la variable de duración de manejo en sus distintos recorridos, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 % de confianza. Se determina que el patinete 2 ofrece una mayor duración de manejo, debido a que no alcanza altas velocidades en comparación al otro.

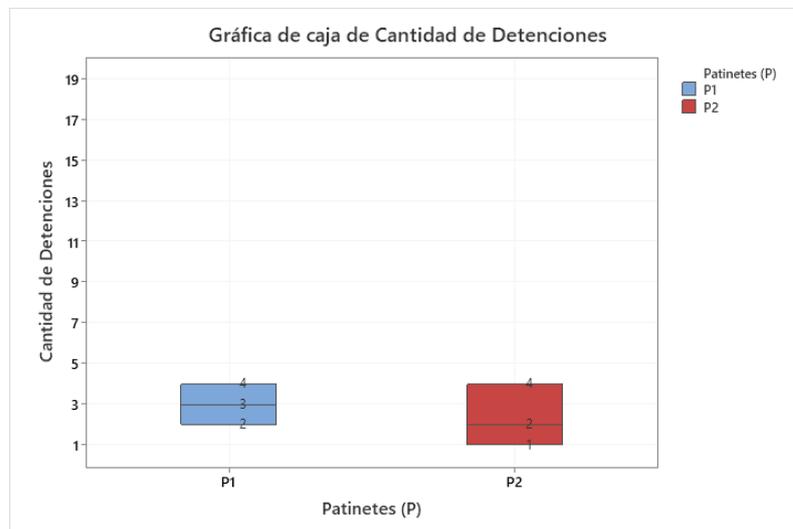


**Gráfico 18-3:** Comparación de análisis de duración de manejo

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

### 3.14.4 Comparación de cantidad de detenciones

En el gráfico 19-3, se representa un gráfico de bigotes para la variable de duración de manejo en sus distintos recorridos, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 % de confianza. Se determina que en el patinete 2 existe mayor cantidad de detenciones debido a que su velocidad es muy limitada y por ende en las zonas de alto congestionamiento vehicular, se detuvo en varios semáforos que influyen en una conducción constante.

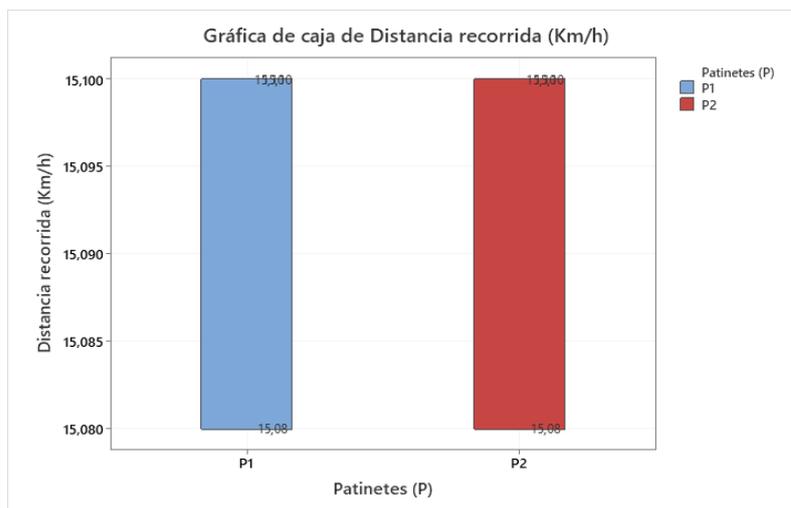


**Gráfico 19-3:** Comparación de análisis de cantidad de detenciones

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

### 3.14.5 Comparación de distancia recorrida

En el gráfico 20-3, se representa un gráfico de bigotes para la variable de duración de manejo en sus distintos recorridos, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 % de confianza. Se determina que los dos patinetes tienen la misma distancia, debido todas las pruebas se realizaron en la misma ruta para los dos patinetes.

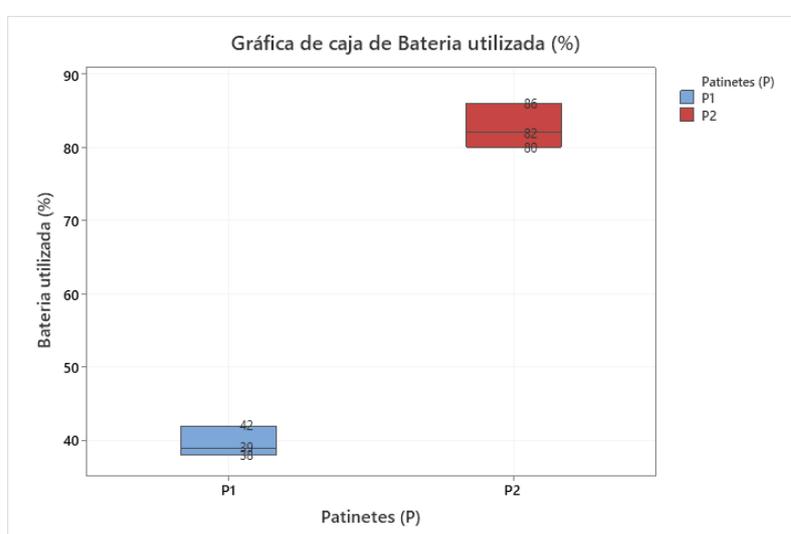


**Gráfico 20-3:** Comparación de distancia recorrida

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021

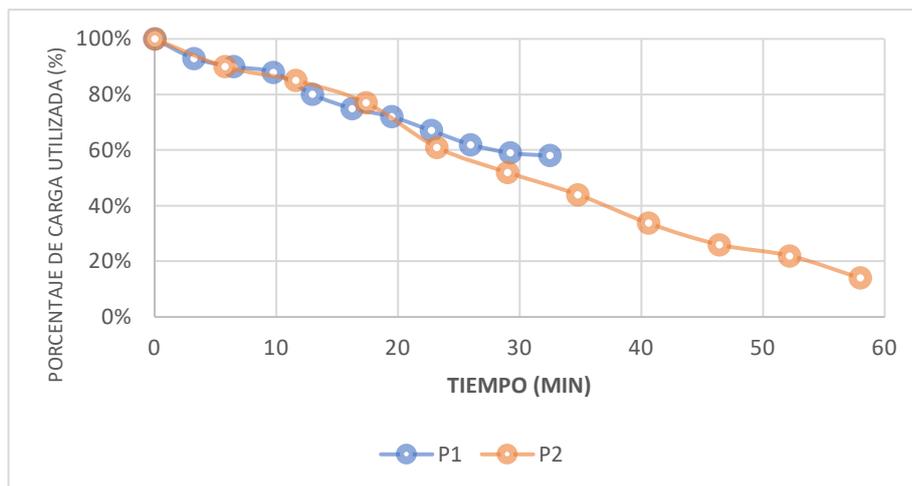
### 3.14.6 Comparación del porcentaje de batería

En el gráfico 21-3, se representa un gráfico de bigotes para la variable de duración de manejo en sus distintos recorridos, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 % de confianza. Se determina que en el patinete 2 existe un mayor consumo de energía, esto se debe al voltaje y la intensidad que ofrece cada batería, el patinete 1 por lo tanto ofrece una mejor autonomía que ayudara a las personas a movilizarse a lugares más lejanos. En el gráfico 27-3, se puede visualizar de mejor forma una comparación de la autonomía de la batería en un tiempo de 50 minutos, donde el patinete 1 ofrece una mejor autonomía.



**Gráfico 21-3:** Comparación de análisis de % de batería

Realizado por: Garcés, Mickael, 2021



**Gráfico 22-3:** Curvas de porcentaje de carga vs Tiempo

**Realizado por:** Garcés, Mickael, 2021

Según Kaleg et al. (2015), para obtener mayor autonomía usando el mismo sistema de tensión, la capacidad de la batería debe ser ampliada. Esto evita que el motor eléctrico entregue el mismo rendimiento; Sin embargo, su autonomía aumentará. Para obtener una velocidad más alta se debe utilizar un motor eléctrico de alto rendimiento, produciendo aumento de tensión. De los datos analizados en las pruebas de recorrido, se tiene que la caída de voltaje máxima se obtiene al acelerar en línea recta es de 42 V., y de la prueba en pendiente ascendente al 16%, es la más exigente de la prueba realizada en la ciudad de Ambato es de 38.7 V., al hacerlo al 100% de aceleración.

## CONCLUSIONES

Al analizar el mercado ecuatoriano de los vehículos de movilidad personal, se evidenció una deficiencia de autonomía, velocidad y maniobrabilidad sobre cualquier tipo de calzada, es por ello por lo que se diseñaron 3 prototipo de patinetes eléctricos tomando en cuenta las medidas antropométricas, especificaciones técnicas, normativas y materiales, esto se lo realizó con el software SolidWorks, en donde por medio de simulaciones se determinó que el prototipo 1 ofrece un factor de seguridad de 10.4, un equivalente máximo de tensión de  $1.94 \times 10^7$  Pa y una deformación de  $5.857 \times 10^{-5}$  mm, el material que se utilizó fue el acero galvanizado. Además, se demostró que el prototipo 1, tiene una fácil maniobrabilidad, su estructura no es pesado y posee una suspensión que absorbe los impactos de la carretera.

El patinete realizado es funcional ya que las adaptaciones realizadas tanto en los sistemas eléctricos y mecánicos fueron exitosas, esto se comprobó mediante las pruebas realizadas porque la autonomía alcanzada es de 70 km en terrenos planos, en cambio en pendientes se redujo un 40%, es decir brinda una autonomía de 42 km, esto se vio reflejado en varias pruebas, además este patinete puede resistir cargas hasta de 100 kg, es por esto que este vehículo alternativo ofrece grandes atributos que satisfacen las exigencias en el sistema de transporte, el diseño posee un concepto equilibrado para el transporte de personas, también se optimizó el material y los componentes a utilizar para sacarle el mayor provecho al patinete, sus características principales es que posee un motor de 1500w, una batería de ion litio de 48v a 15 ah y un controlador de 48v.

En las diferentes pruebas realizadas en pendientes, bajadas y planadas se tiene una variación de resultados debido a que cada tipo de calzada necesita diferente potencia y consumo de energía. La velocidad máxima que se alcanzó en las bajadas es de 62,7 km/h, en cambio en pendiente se logró una velocidad máxima de 42,7 km/h y en las planadas se consiguió una velocidad máxima de 51 km/h. Demostrando que el patinete diseñado ofrece mejores prestaciones que los existentes en el mercado.

El desempeño del patinete eléctrico en zonas de alto congestionamiento vehicular ha sido muy satisfactorio ya que por su tamaño y sus características puede circular por las aceras, ciclovías y rebasar a los automóviles en pequeños espacios, permitiendo así no quedarse estancado para no perder tanto tiempo en su trayectoria, su utilización también ayudaría a eliminar el congestionamiento vehicular ya que no ocupa mucho espacio en la calzada y no requiere un área tan grande para estacionarse, también contribuiría a la movilidad sostenible para reducir los impactos ambientales.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda que, debido a las bondades del uso de este tipo de vehículos, en el Ecuador es necesario desarrollar proyectos de ley para la promoción e implementación de modos de transporte que incorporen tecnología de tracción eléctrica. Sin embargo, los costos de importación se mantienen elevados.

Para futuros trabajos se recomienda emplear una batería de mayor amperaje para tener una mayor autonomía, también conseguir un material de menor peso y que no se oxide para la construcción del bastidor.

Para el diseño del patinete eléctrico se aconseja iniciar con la identificación de las necesidades y de las características deseables por el usuario, las cuales determinan la viabilidad del proyecto. También para mejorar el diseño tanto del bastidor como del patinete en sí, es importante conocer la forma y dimensiones de los componentes para poder adaptar en la estructura y simplificar el peso.

Para aportar la reducción de emisiones e impulsar una mejora medio ambiental es importante el estudio de proyectos similares que aporten al cambio del consumo de combustibles fósiles por fuentes de energías renovables.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABATTA, L.; MOYA, P.** Diseño, adaptación y conversión de una motocicleta de 100 cc a gasolina en eléctrica (Tesis de pregrado). 2013.
- AGUIRRE CHUNCHO, Fabián Andrés; ORTEGA CABRERA, Jhon Eduardo.** Estudio para la implementación del scooter eléctrico como sistema alternativo de movilidad vehicular en la ciudad de Cuenca. 2020. Tesis de Licenciatura.
- ALARCÓN, P.** Adaptación de un motor eléctrico y sistema de carga a una motocicleta vespa a PG150. 2016.
- ALVAREZ, G.; COELLO, M.; LÓPEZ, A. and ORDOÑEZ, S.** Implementación de la bicicleta eléctrica como alternativa de movilidad en la ciudad de Cuenca. 2017.
- ANT/INEC.** Vehículos y motos matriculados por años, Tungurahua. [en línea]. [Consulta: 14 abril 2021]. Disponible en: [https://especiales.elcomercio.com/2017/12/graficos/11\\_matriculacion\\_vehiculos/](https://especiales.elcomercio.com/2017/12/graficos/11_matriculacion_vehiculos/)
- AOSHIMA, Ichiro, et al.** Development of electric scooter driven by sensorless motor using D-state-observer. World Electric Vehicle Journal, 2009, vol. 3, no 1, pp. 48-54.
- APARICIO, Rubén.** Diseño de un patinete de bajo coste: medio de transporte rápido y ecológico para desplazamientos dentro del Campus de la Universidad de Almería. 2012.
- ARIAS GONZÁLEZ, Daniel Felipe.** Diseño y construcción de un patinete eléctrico con control de velocidad y sistema de frenado para su uso como medio de transporte en ciudades. 2020.
- BALAGURU, S., et al.** Structural and modal analysis of scooter frame for design improvement. Materials Today: Proceedings, 2019, vol. 16, p. 1106-1116.
- BASTIDAS, C.; CABRERA, D.** Conversión de una moto de combustión interna a eléctrica con alimentación de energía solar y con carga de energía eléctrica (Proyecto de titulación). 2014.
- BENJUMEA, Antonio Carmona.** Datos antropométricos de la población laboral española. Prevención, trabajo y salud: Revista del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2001, no 14, pp. 22-30.

- BERNAL, César Augusto.** Metodología de la investigación (Segunda Edición ed.). México, México: Perason Educación, 2006.
- BERNAL MÉNDEZ, Paúl Esteban; TORRES ALVARRACÍN, Jhonatan Emmanuel.** Diseño e implementación de un sistema de asistencia eléctrico en una bicicleta mediante la reutilización de baterías de Ni-MH. 2019. Tesis de Licenciatura.
- BIELIŃSKI, Tomasz; WAŻNA, Agnieszka.** Electric scooter sharing and bike sharing user behaviour and characteristics. Sustainability, 2020, vol. 12, no 22, pp. 9640.
- BIPANDBIP.** Patinete Eléctrico vs Moto eléctrica. [blog]. 2018. [Consulta: 16 abril 2021]. Disponible en: <https://www.bipandbip.com/blog/patinete-electrico-vs-moto-electrica/>.
- BLANCO, Alberto Rubén; VERA, Leonardo Martín.** Estudio y análisis estructural de carrocería en aluminio para vehículo eléctrico de transporte urbano de pasajeros y ahorro de energía. En II Jornadas Iberoamericanas de Motores Térmicos y Lubricación (La Plata, 2016). 2016.
- BOE.** Real Decreto 970/2020 [en línea]. 2020. [Consulta: 10 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2020/11/10/970>.
- BULL, Alberto, et al.** Congestión de tránsito: el problema y cómo enfrentarlo. CEPAL, 2003.
- CABEZAS, E., NARANJO, D. and TORRES, J.** Introducción a la Metodología de la Investigación [en línea]. Ecuador: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. ISBN 9789896540821. 2018. Disponible en: [http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion a la Metodologia de la investigacion cientifica.pdf](http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf).
- CÁCERES, Gonzalo; TALAVERA, David; GAONA, Carlos.** Diseño, construcción y ensayos de la motorización eléctrica controlada por bluetooth de un monopatín convencional. 2018.
- CASTILLO, Brenda.** ¿Un transporte cool? Ventajas y desventajas del scooter eléctrico. [blog]. México: Guía Universitaria, septiembre 26, 2020. [Consulta: 20 abril 2021]. Disponible en: <https://guiauniversitaria.mx/un-transporte-cool-ventajas-y-desventajas-del-scooter-electrico/>.
- CELIGÜETA-LIZARZA, Juan Tomás.** Método de los elementos finitos para análisis estructural. 2011.

- CHELE SANCAN, Darwin Gregorio.** Vehículos híbridos, una solución interina para bajar los niveles de contaminación del medio ambiente causados por las emisiones provenientes de los motores de combustión interna. 2017.
- CHEN, Bo-Chiuan; CHU, Chia-Hsing; HUANG, Shiuh-Jer.** Design of traction control system for electric scooter using self-organising fuzzy control. *International journal of vehicle design*, 2013, vol. 62, no 1, p. 87-100.
- CHOU, Jyh-Rong; HSIAO, Shih-Wen.** Product design and prototype making for an electric scooter. *Materials & design*, 2005, vol. 26, no 5, p. 439-449.
- COELLO, Gustavo Álvarez; GUEVARA, Oscar Serrano; ROJAS, Alfredo Arias.** Evaluación de la bicicleta eléctrica para entrega de documentos y paquetería liviana en la ciudad de Cuenca. *Infociencia*, 2017, vol. 11, no 1, p. 126-131.
- CORTÉS, F.** El patinete eléctrico. 2018.
- DONG, Hong Bo; ZHANG, Wei.** Lightweight Design of Electric Scooter Frame by Finite Element Optimization. En *Advanced Materials Research*. Trans Tech Publications Ltd, 2011. p. 49-53.
- EUR-LEX.** REGLAMENTO (UE) No 168/2013 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO [en línea]. 2013. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32013R0168>.
- FADZLY, M. K., et al.** Ergonomic study and static analysis for new design of electric scooter. En *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing LLC, 2017. pp. 020076.
- FACTORENERGIA.** El futuro de la energía: Movilidad sostenible y vehículos eléctricos. [blog]. España: Movilidad eléctrica, diciembre 11, 2019. Disponible en: <https://www.factorenergia.com/es/blog/movilidad-electrica/futuro-la-energia-movilidad-sostenible-vehiculos-electricos/>.
- GARCÍA, Gonzalo.** La movilidad eléctrica evoluciona de forma desigual en Europa. [blog]. Europa: Informe de JRC, diciembre 15, 2018. Disponible en: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/movilidad-electrica-evolucion-forma-desigual-europa/20181205184804023769.html>.
- GARCÍA ORTIZ, John Jairo; BARBA SUASTI, Juan Francisco.** Estudio comparativo de diseño estructural en vehículos L3 de tipo eléctrico y de motor de combustión interna. 2021.
- GOYES BALLADARES, Andrea Cristina.** La movilidad urbana sostenible en el centro de la ciudad de Ambato. 2018. Tesis Doctoral.

- GRUBER, Wolfgang; BÄCK, Wolfgang; AMRHEIN, Wolfgang.** Design and implementation of a wheel hub motor for an electric scooter. En 2011 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference. IEEE, 2011. pp. 1-6.
- HICHAM, Chergui; NASRI, Abdelfatah; KAYISLI, Korhan.** A Novel Method of Electric Scooter Torque Estimation Using the Space Vector Modulation Control. International Journal of Renewable Energy Development, 2021, vol. 10, no 2. pp. 355–364.
- HOYOS, J.; MONTOYA, A.; DIEZ, A.; BOHÓRQUEZ, J.** Investigación, diseño y prototipo de una bicicleta eléctrica y tecnologías emergentes en baterías . Revista Investigaciones Aplicadas, 2014, vol. 8, no. 1, pp. 60–70.
- HSIA, Shao Yi; CHOU, Yu Tuan.** Analysis of Welding Fatigue on Electric Scooter Using CAE Approach. En Applied Mechanics and Materials. Trans Tech Publications Ltd, 2013. pp. 920-924.
- HSIAO, Shih-Wen; HSU, Ya-Han.** Concurrent Design Strategy in Modeling and Structure of Electric Scooter for Young Disabilities. KnE Social Sciences, 2018, pp. 1-15.
- HSIEH, Long Chang; CHEN, Tzu Hsia; TANG, Hsiu Chen.** The Engineering Design of Helical Spur Gear Transmission with Single Gear Pair for Electric Scooter. En Applied Mechanics and Materials. Trans Tech Publications Ltd, 2015. pp. 374-378.
- RONCHEL, Javier.** La DGT fijará un marco normativo de los patinetes a espera de la Unión Europea [blog]. España: Huelva, octubre 06, 2019. [Consulta: 21 mayo 2021]. Disponible en: [https://www.huelvainformacion.es/huelva/DGT-normativo-patinetes-Union-Europea\\_0\\_1397860205.html](https://www.huelvainformacion.es/huelva/DGT-normativo-patinetes-Union-Europea_0_1397860205.html).
- HWANG, Yunn Lin; CHENG, Jung Kuang.** The Dynamic Analysis and Simulation of Electric Scooter. En Applied Mechanics and Materials. Trans Tech Publications Ltd, 2014. pp. 365-368.
- INSHT.** Manipulación Manual De Cargas. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [en línea]. España: Laura Ruíz, pp. 1–30. [Consulta: 25 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.jpisla.es/resources/Download+JPisla+Manual+de+Manipulacion+de+Car+gas+insht+guia+tecnica.pdf>. 2017
- JACHAKA, A. and KHANB, I.** FEM Analysis of Chassis for Electric Scooter. Journal of Xidian University, DOI 10.37896/jxu14.9/113. 2020. vol. 14, no. 9, pp. 1010–1018. ISSN 10012400.

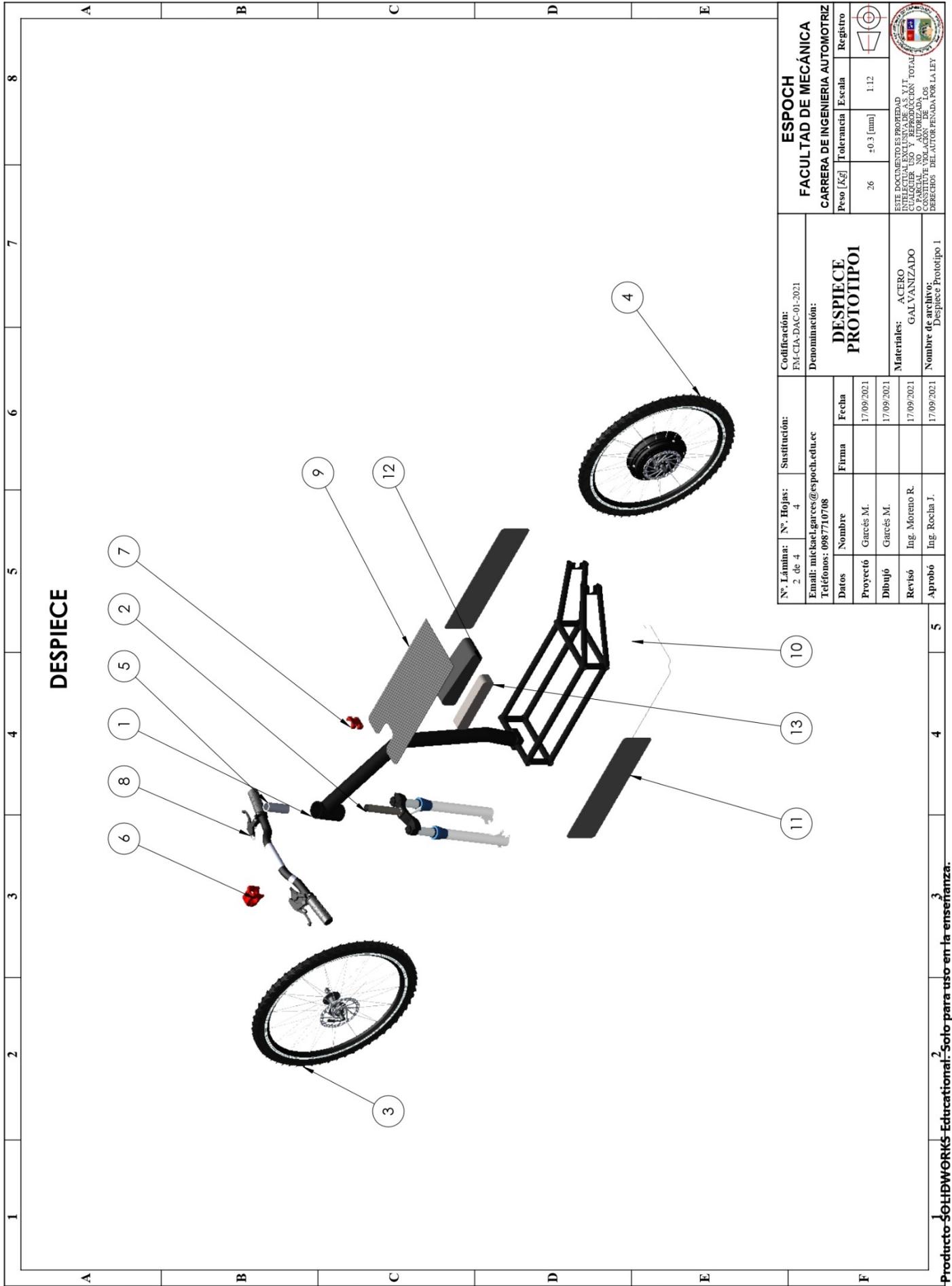
- JEYAPANDIARAJAN, P., et al.** Design and analysis of chassis for an electric motorcycle. *Materials Today: Proceedings*, 2018, vol. 5, no 5, pp. 13563-13573.
- JUMBO IÑIGUEZ, Diego Alejandro; REYES ABARCA, Pablo Leonel.** Implementación de un motor eléctrico sobre el chasis de una motocicleta Yamaha TTR125. 2012. Tesis de Licenciatura.
- KALEG, Sunarto; HAPID, Abdul; KURNIA, M. Redho.** Electric vehicle conversion based on distance, speed and cost requirements. *Energy Procedia*, 2015, vol. 68, p. 446-454.
- KINDL, Vladimir, et al.** Inductive coupling system for electric scooter wireless charging: electromagnetic design and thermal analysis. *Electrical Engineering*, 2020, vol. 102, no 1, pp. 3-12.
- KWON, Y. W.; EU, H. S.** Development of a Portable Electric Scooter Model. *J. of the KSMT*, 2017, vol. 19, no 3, pp. 427-432.
- LLAGOSTERA SALTOR, Eugeni.** Diseño de ADAS para un patinete eléctrico urbano. 2019. Tesis de Licenciatura. Universitat Politècnica de Catalunya.
- MÉNDEZ TORRES, Paul Wilfrido; GÓMEZ BERREZUETA, Manuel Fernando; LLERENA MENA, Alex Fernando.** Análisis de la viabilidad para la implementación de vehículo eléctrico que preste servicio de taxi en la ciudad de Cuenca. 2020.
- MIRLISENNA, Giuseppe.** Método de los elementos finitos: ¿qué es? [blog]. *Blog ESSS*, enero 22, 2016. [Consulta: 06 junio 2021]. Disponible en: <https://www.esss.co/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>.
- MOLINA REDROBÁN, Rodrigo Daniel; JIMÉNEZ-GONZÁLEZ, Emilio Leonardo; CHICA-CASTRO, Luis Antonio.** Diseño mediante simulación de la estructura para una motocicleta eléctrica. *Dominio de las Ciencias*, 2019, vol. 5, no 1, pp. 28-43.
- MORANTE PITA, Christyan Gustavo.** Estudio, diseño y montaje de un patinete eléctrico fabricado con materiales reciclados y análisis de viabilidad económica de su comercialización como kit lúdico-educativo de automontaje. 2019. Tesis de Licenciatura. Universitat Politècnica de Catalunya.
- OMS.** Seis urbes en Ecuador se exceden en contaminación ambiental, según OMS. [en línea]. *Ecuador: El Comercio*, mayo 28, 2016. [Consulta: 22 abril 2021]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/tendencias/sociedad/ciudades-ecuador-polucion-enfermedades-contaminacion.html#:~:text=De acuerdo a los análisis,%2Fm3 de PM2%2C5.>

- ORELLANA, Dylan; SÁENZ, Juan; ULLOA, Kevin.** Análisis estructural mediante elementos finitos para la optimización de un go-kart de competencia. 2019. pp. 1–17.
- PARERA, Albert Martí.** Inyección electrónica en motores de gasolina. Marcombo, 1990.
- PENDER, Jamol; TAO, Shuang; WIKUM, Anders.** A Stochastic Model for Electric Scooter Systems. Available at SSRN 3582320, 2020, vol. 13, pp. 62–63.
- PIELECHA, Jacek; SKOBIEJ, Kinga; KURTYKA, Karolina.** Exhaust emissions and energy consumption analysis of conventional, hybrid, and electric vehicles in real driving cycles. *Energies*, 2020, vol. 13, no 23, pp. 6423.
- PILAMUNGA, Marcelo; INSUA, David Ríos.** Un modelo de predicción de tráfico en la ciudad de Ambato. *Maskana*, 2014, vol. 5. pp. 55–68.
- POP, Claudia Violeta, et al.** Structural numerical and experimental comparison of an in-wheel motor dedicated for electric scooter application. En 2018 ELEKTRO. IEEE, 2018. pp. 1-5.
- ROCHA-HOYOS, Juan, et al.** Efecto de la Adición de Biodiésel en el Rendimiento y la Opacidad de un Motor Diésel. *Información tecnológica*, 2019, vol. 30, no 3, p. 137-146.
- ROCHA-HOYOS, Juan, et al.** Evaluación del Sistema de Tracción en un Vehículo Eléctrico Biplaza de Estructura Tubular. *Información tecnológica*, 2017, vol. 28, no 2, p. 29-36.
- RODRÍGUEZ, Aileen, et al.** Métodos empíricos de la investigación. *Ciencia Huasteca Boletín Científico de la Escuela Superior de Huejutla*, 2021, vol. 9, no 17, pp. 33-34.
- RUEDA JAIME, Lina Paola, et al.** Diseño de un monoplaza eléctrico tipo Scooter como medio alternativo de transporte urbano. 2017. Tesis de Licenciatura. Uniandes.
- SANTANA CHÓEZ, Verónica Leticia.** Análisis de la implantación del uso de vehículos eléctricos como aporte al cambio de la matriz productiva y su impacto en la no utilización de combustibles fósiles en el Ecuador. 2016. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guayaquil.
- SCHWARZE, Viktoria, et al.** Movilidad sostenible a través de los patinetes eléctricos como contribución al desarrollo sostenible de la ciudad de Bogotá–Colombia en los próximos diez años (2020–2030). 2020. Tesis de Licenciatura. Escuela de Economía, Administración y Negocios. Facultad de Negocios Internacionales.
- SHEU, Kuen-Bao.** Simulation for the analysis of a hybrid electric scooter powertrain. *Applied energy*, 2008, vol. 85, no 7, pp. 589-606.

- SOLER JORBA, Fco de Borja.** Diseño de un vehículo eléctrico puro. Tesis de Licenciatura. Universitat Politècnica de Catalunya. 2014
- STAKEHOLDERS.** Movilidad Sostenible [en línea]. Perú: Revista sostenibilidad, 2019. Disponible en: <https://stakeholders.com.pe/autos-sostenibles/>.
- SUN, Li, et al.** An electric scooter with super-capacitor drive and regenerative braking. SAE Technical Paper, 2014.
- TAYADE, Sachin, et al.** Conversion of Conventional Scooter into an Electric Scooter. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, 2019, vol. 7, no. 2321–9653, pp. 1295-1299.
- TERÁN MUÑOZ, Martín Alejandro, et al.** Estudio de un caso para la adaptación de un motor de dos tiempos de 48cc. y un motor eléctrico de 250 vatios en una bicicleta para ser utilizada como un medio alternativo de transporte en la ciudad de Quito. 2014. Tesis de Licenciatura. Quito: USFQ, 2014.
- TORRES SARMIENTO, Juan David.** Estudio de viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca. 2015. Tesis de Licenciatura.
- TUSCOOTERELECTRICO.** Tráfico al año en Ecuador [blog]. Ecuador, 2017. [Consulta: 14 abril 2021]. Disponible en: <http://tuscooterelectrico.com/>.
- UNE-EN ISO 7250-1.** Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. Parte 1: Definiciones de las medidas del cuerpo y referencias. 2017
- VALENCIA RODRÍGUEZ, Andrés Javier, et al.** Análisis del comportamiento de un motor eléctrico, adaptado a una motocicleta, bajo características de torque, potencia y velocidad. 2018.
- VELASCO-ULCO, Víctor, et al.** Desarrollo del vehículo eléctrico tipo transportador personal. Perspectivas, 2019, no 14, p. 77-97.
- ZIENKIEWICZ, Olgierd Cecil.** El método de los elementos finitos. Reverté, 2010.



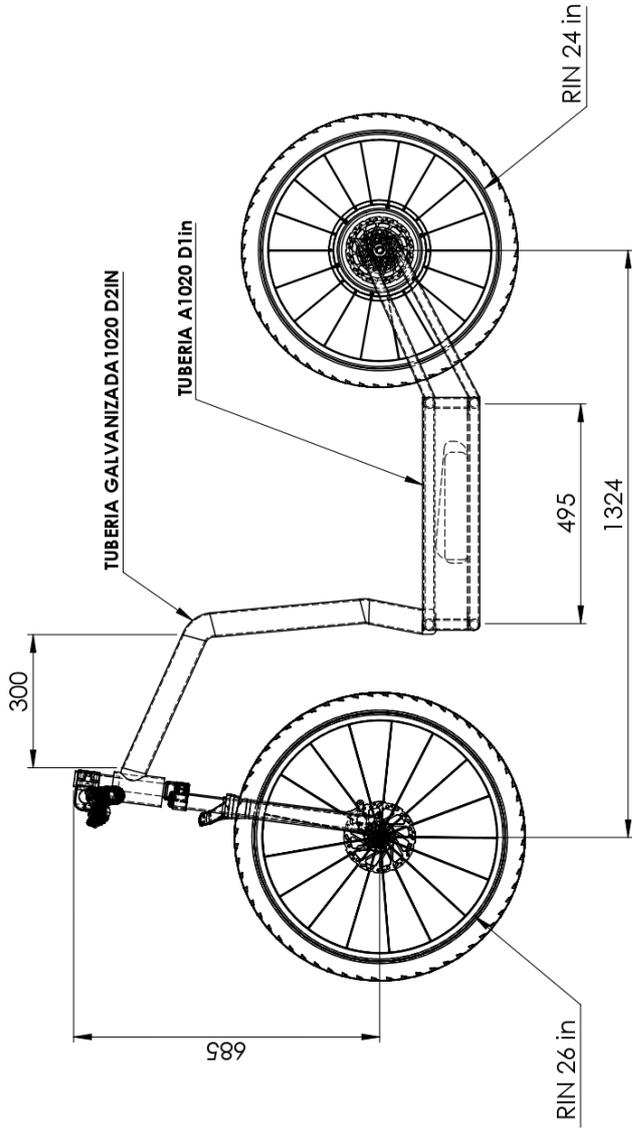
Anexo B: Planos Detallados Prototipo 1



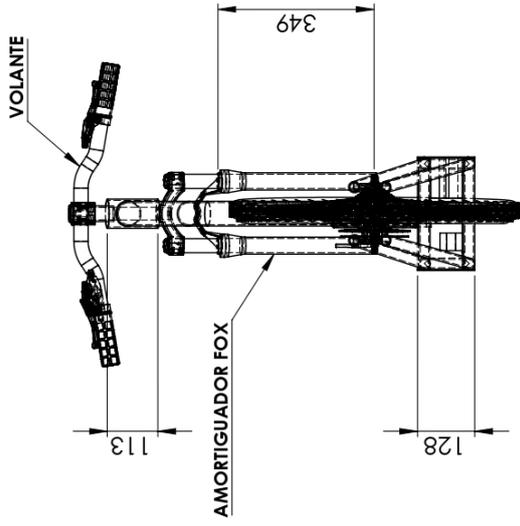


# VISTA DE DETALLE PATINETE ELÉCTRICO

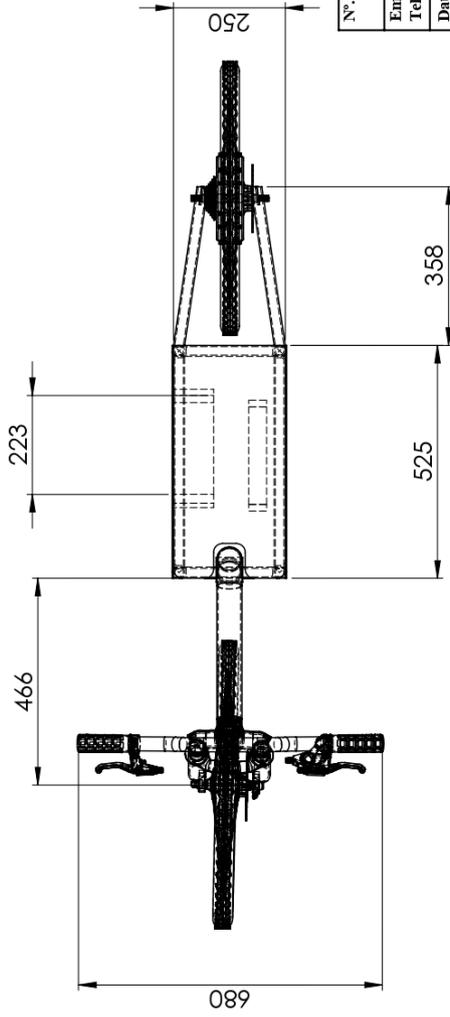
VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR



DATOS DE MOTOR ELÉCTRICO

POTENCIA	1500	W
AMPERAJE	15	A/h
VOLTAJE	48	V
VELOCIDAD MÁX.	80	Km/h
MODELO	ROTOR INVERTIDO ELECTROMAGNÉTICO	

N.º Lámina: 1 de 4  
N.º Hojas: 4  
Sustitución: EM-CIA-DAC-01-2021

Email: [mike.kael.garces@espoch.edu.ec](mailto:mike.kael.garces@espoch.edu.ec)  
Teléfonos: 0987710708

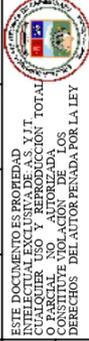
Datos	Nombre	Firma	Fecha
Proyectó	Garces M.		17/09/2021
Dibujó	Garces M.		17/09/2021
Revisó	Ing. Moreno R.		17/09/2021
Aprobó	Ing. Rocha J.		17/09/2021

Codificación: EM-CIA-DAC-01-2021  
Denominación: PATINETE ELÉCTRICO PROTOTIPO 1

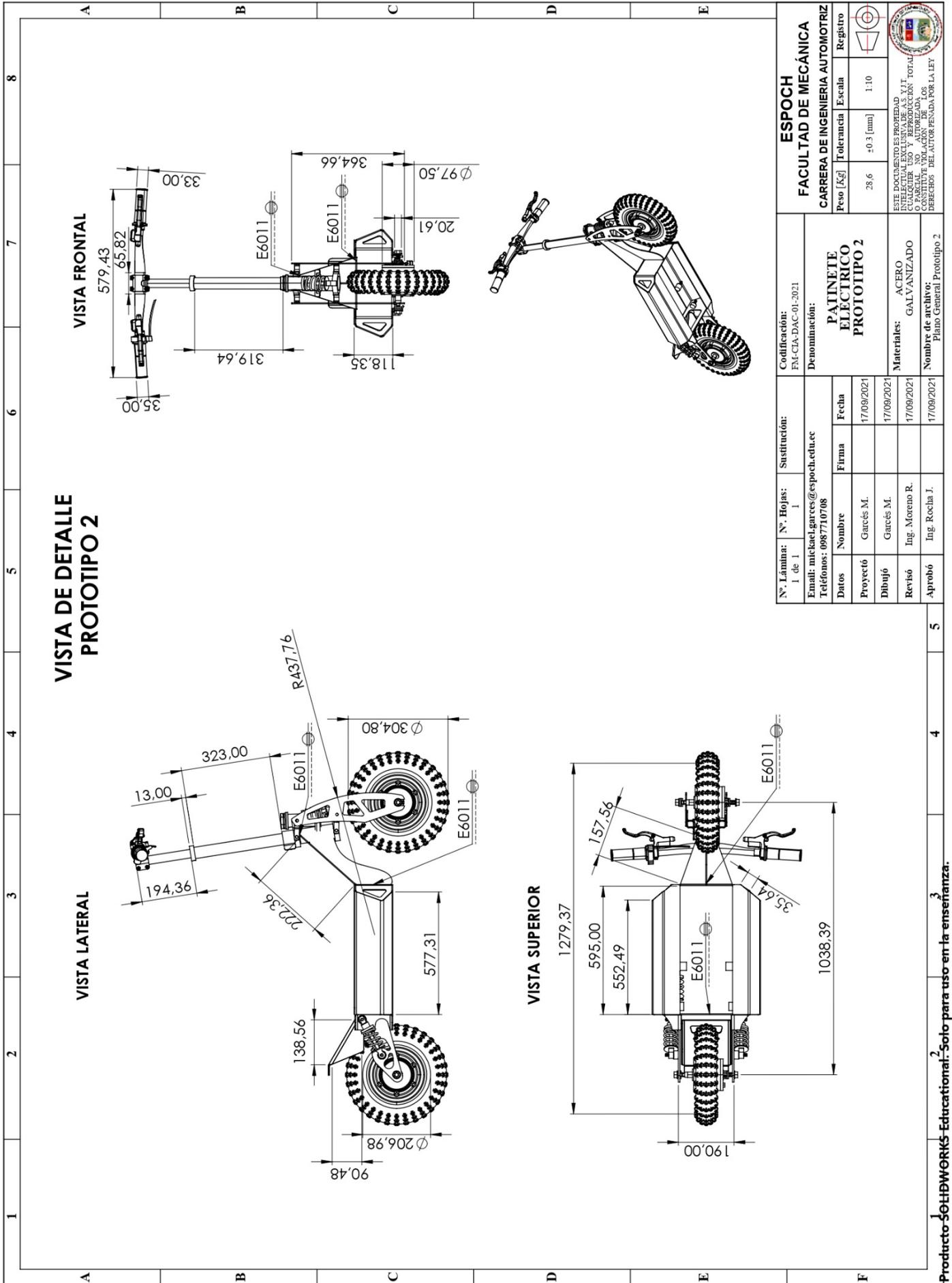
Materiales: ACERO GALVANIZADO  
Nombre de archivo: Plano General Prototipo 1

**ESPOCH**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

Peso [Kg]	26	Tolerancia	+0.3 [mm]	Escala	1:12	Registro	
-----------	----	------------	-----------	--------	------	----------	--

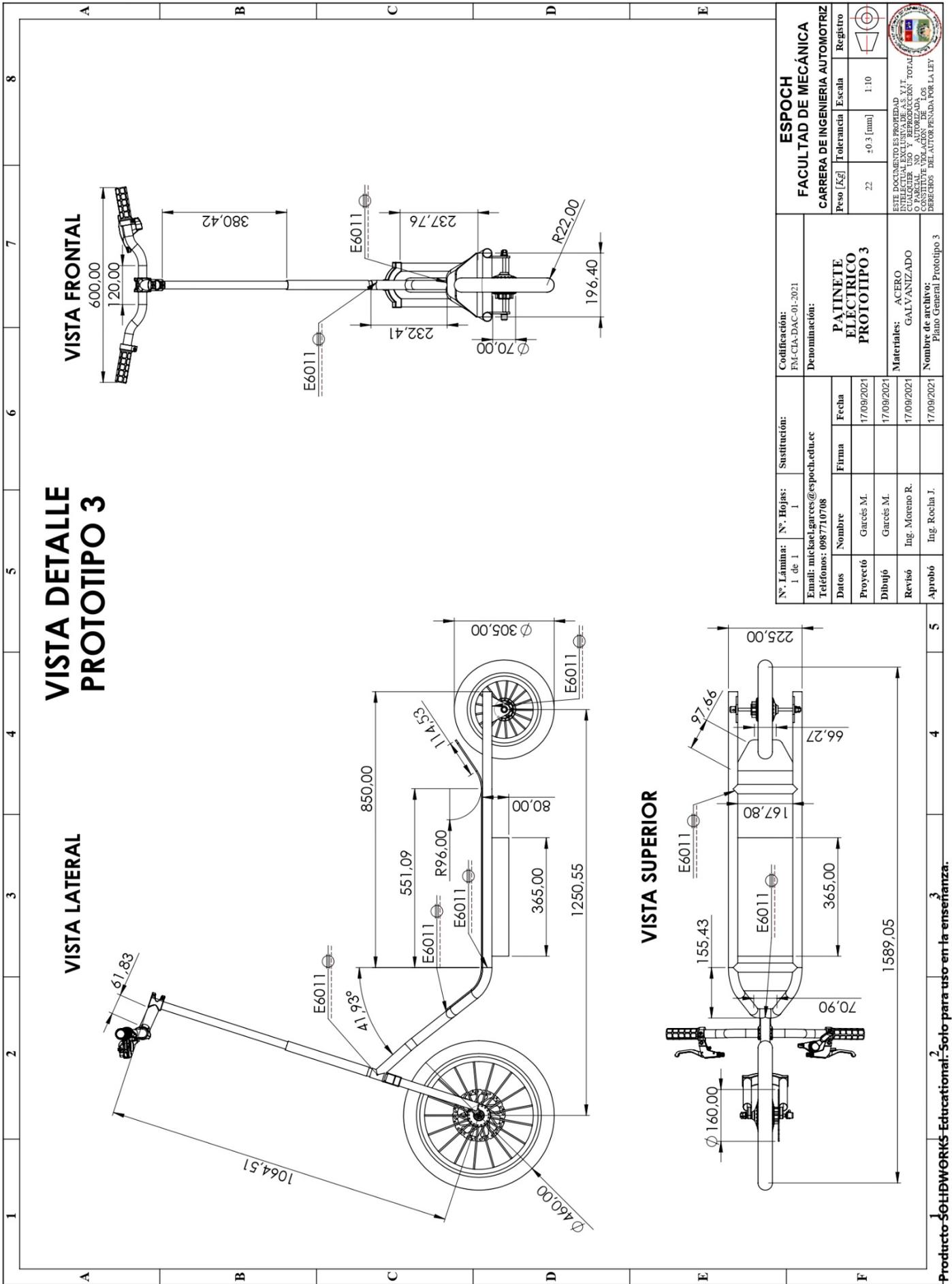


Anexo C: Planos Generales Prototipo 2

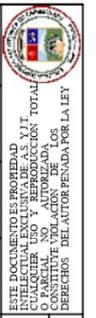


N.º Lámina: 1 de 1		N.º Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-DAC-01-2021		<b>ESPOCH</b>	
Email: <a href="mailto:michaeld.garcés@esPOCH.edu.ec">michaeld.garcés@esPOCH.edu.ec</a>		Teléfonos: 0987710708		Denominación:		CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ		FACULTAD DE MECÁNICA	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Registro	
Proyectó	Garcés M.					17/09/2021		Escala	
Dibujó	Garcés M.					17/09/2021		Tolerancia	
Revisó	Ing. Moreno R.					17/09/2021		±0.3 [mm]	
Aprobó	Ing. Rocha J.					17/09/2021		1:10	
Materiales:		ACERO		GALVANIZADO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.S. Y.I.T. PARA SU USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACION CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Nombre de archivo:		Plano General Prototipo 2							

Anexo D: Planos Generales Prototipo 3

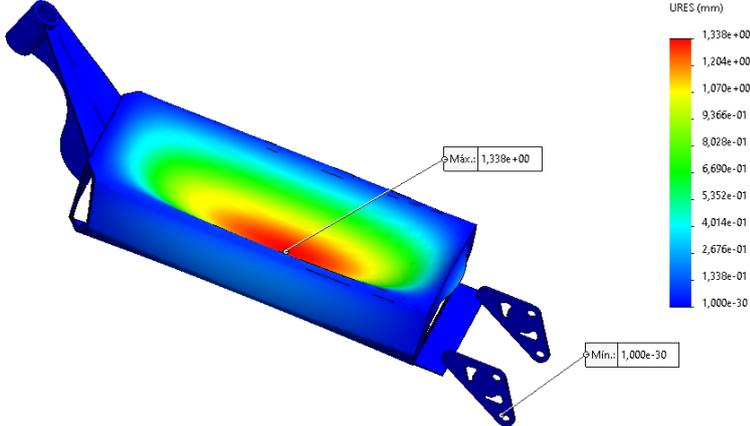
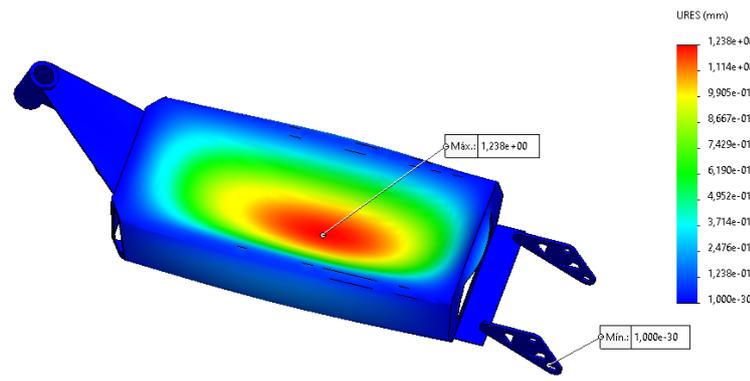
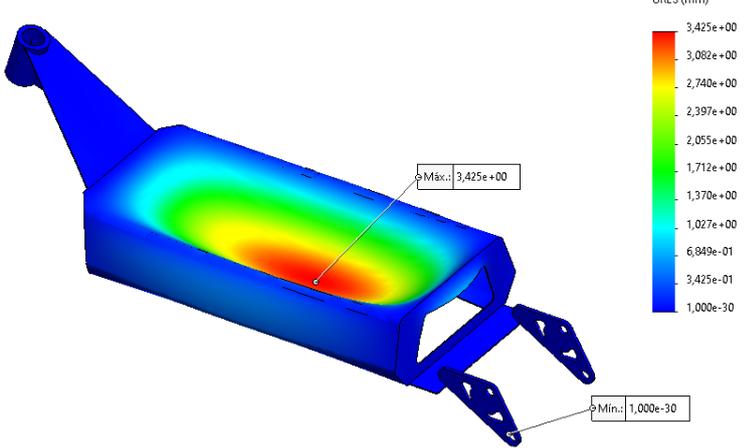


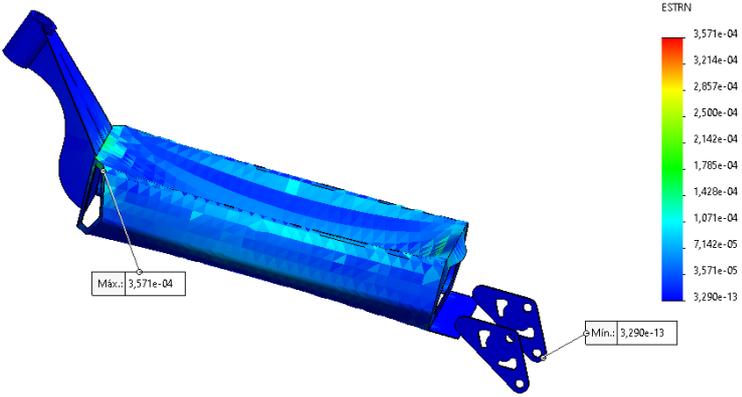
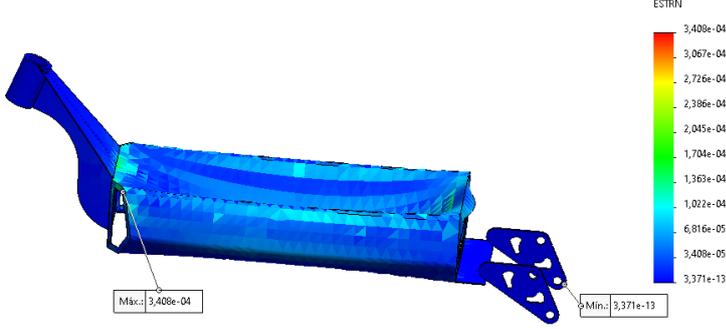
N.º Lámina: N.º Hojas:		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH	
1 de 1	1			FM-CLA-DAG-01-2021		FACULTAD DE MECÁNICA	
Email: michael.garcés@esPOCH.edu.ec		Denominación:		CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ		Registro	
Teléfonos: 0987710708				Peso [Kg]		Escala	
				22		1:10	
				Tolerancia		±0.3 [mm]	
				Proyecto		17/09/2021	
				Dibujó		17/09/2021	
				Revisó		17/09/2021	
				Aprobó		17/09/2021	
				Materiales:		ACERO GALVANIZADO	
				Nombre de archivo:		Plano General prototipo 3	

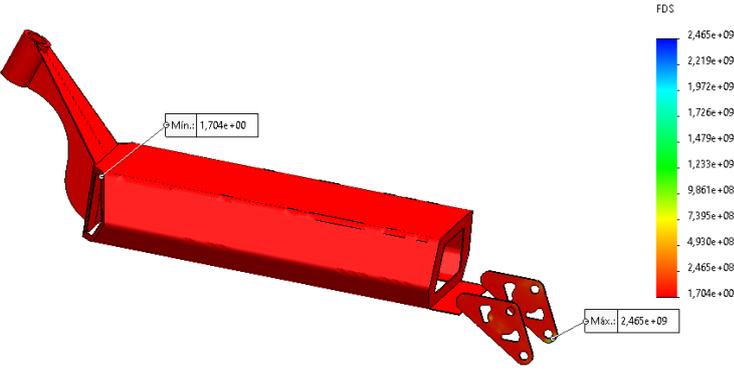
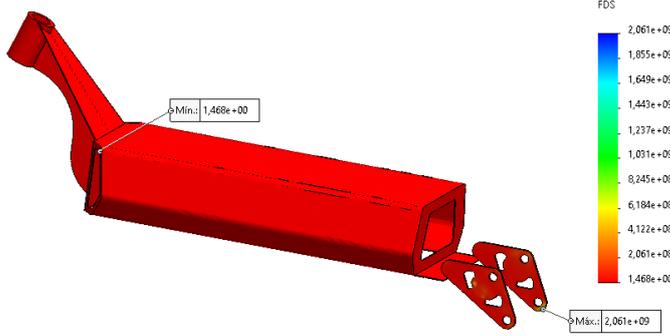
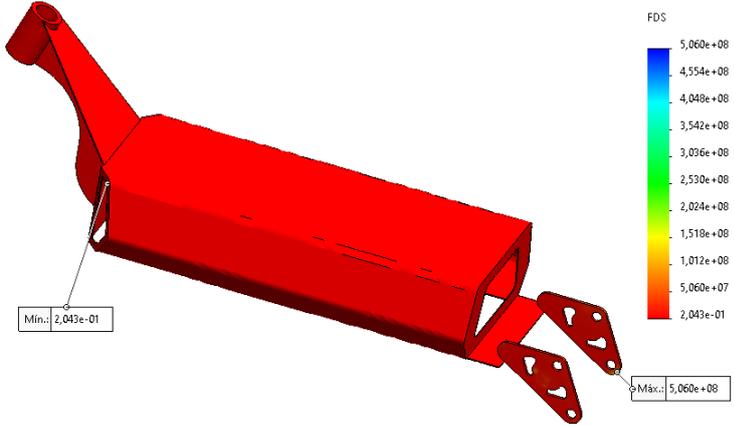


**Anexo E: Tabla de resultados gráficos de la simulación del Prototipo 2**

<b>SIMULACIÓN PROTOTIPO 2</b>	
<b>TENSIÓN MÁXIMA</b>	
<p>ACERO ALEADO FUNDIDO</p>	<p>von Mises (N/m<sup>2</sup>)</p> <p>σMáx.: 1,416e+08</p> <p>Min.: 9,787e-02</p> <p>→ Limite elástico: 2,413e+08</p>
<p>ACERO GALVANIZADO</p>	<p>von Mises (N/m<sup>2</sup>)</p> <p>Máx.: 1,390e+08</p> <p>σMin.: 9,895e-02</p> <p>→ Limite elástico: 2,039e+08</p>
<p>ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060</p>	<p>von Mises (N/m<sup>2</sup>)</p> <p>σMáx.: 1,350e+08</p> <p>Min.: 5,450e-02</p> <p>→ Limite elástico: 2,757e+07</p>
<b>DESPLAZAMIENTO MÁXIMO</b>	

<p>ACERO ALEADO FUNDIDO</p>	 <p>URES (mm)</p> <p>Máx.: 1,338e+00</p> <p>Mín.: 1,000e-30</p>
<p>ACERO GALVANIZADO</p>	 <p>URES (mm)</p> <p>Máx.: 1,238e+00</p> <p>Mín.: 1,000e-30</p>
<p>ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060</p>	 <p>URES (mm)</p> <p>Máx.: 3,425e+00</p> <p>Mín.: 1,000e-30</p>
<p><b>DEFORMACIÓN MÁXIMA</b></p>	

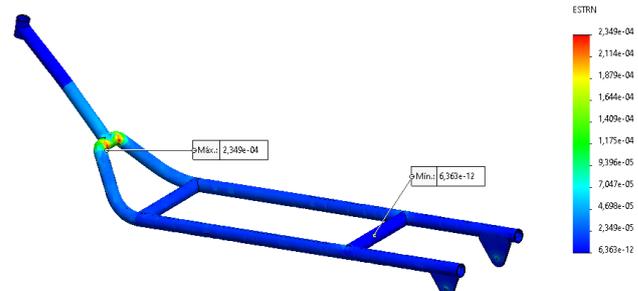
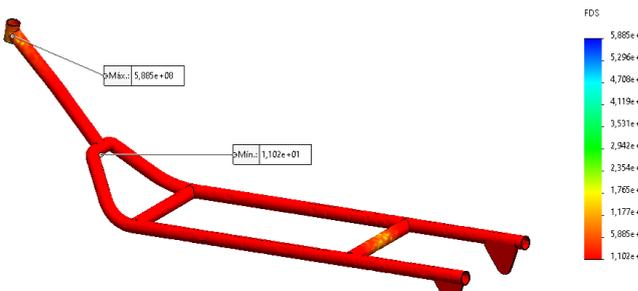
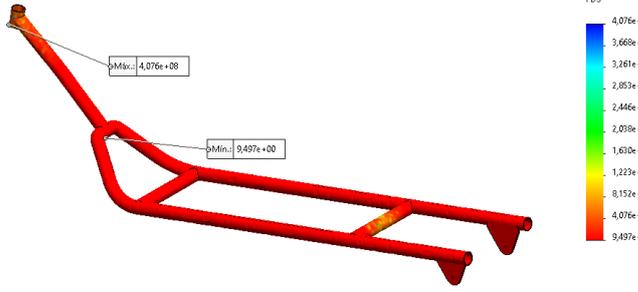
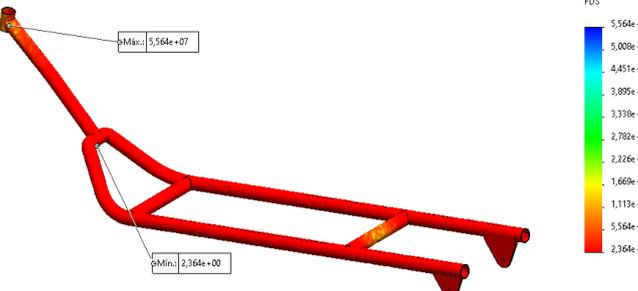
<p>ACERO ALEADO FUNDIDO</p>	 <p>ESTRN</p> <p>Máx.: 3,571e-04</p> <p>Min.: 3,290e-13</p>
<p>ACERO GALVANIZADO</p>	 <p>ESTRN</p> <p>Máx.: 3,408e-04</p> <p>Min.: 3,371e-13</p>
<p>ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060</p>	 <p>ESTRN</p> <p>Máx.: 9,897e-04</p> <p>Min.: 1,172e-12</p>
<p><b>FACTOR DE SEGURIDAD</b></p>	

<p>ACERO ALEADO FUNDIDO</p>	
<p>ACERO GALVANIZADO</p>	
<p>ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060</p>	

**Anexo F: Tabla de resultados gráficos de la simulación del Prototipo 3**

<b>SIMULACIÓN PROTOTIPO 3</b>	
<b>TENSIÓN MÁXIMA</b>	
<p>ACERO ALEADO FUNDIDO</p>	<p>von Mises (N/m<sup>2</sup>)</p> <p>2.65e+07 2.39e+07 2.12e+07 1.86e+07 1.59e+07 1.33e+07 1.06e+07 7.96e+06 5.30e+06 2.65e+06 4.10e-01</p> <p>→ Límite elástico: 2.41e+08</p>
<p>ACERO GALVANIZADO</p>	<p>von Mises (N/m<sup>2</sup>)</p> <p>2.37e+07 2.13e+07 1.89e+07 1.66e+07 1.42e+07 1.10e+07 9.47e+06 7.10e+06 4.74e+06 2.37e+06 5.00e-01</p> <p>→ Límite elástico: 2.04e+08</p>
<p>ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060</p>	<p>von Mises (N/m<sup>2</sup>)</p> <p>3.02e+07 2.72e+07 2.41e+07 2.11e+07 1.81e+07 1.51e+07 1.21e+07 9.05e+06 6.03e+06 3.02e+06 4.96e-01</p> <p>→ Límite elástico: 2.76e+07</p>
<b>DESPLAZAMIENTO MÁXIMO</b>	
<p>ACERO ALEADO FUNDIDO</p>	<p>URES (mm)</p> <p>2.640e-01 2.376e-01 2.112e-01 1.848e-01 1.584e-01 1.320e-01 1.056e-01 7.920e-02 5.280e-02 2.640e-02 0.000e+00</p> <p>→ Máx.: 2.640e-01</p> <p>→ Mín.: 1.000e-30</p>

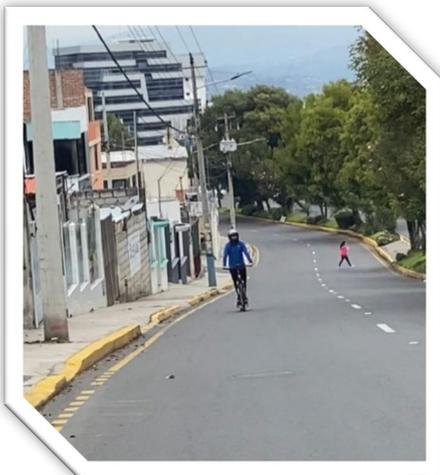
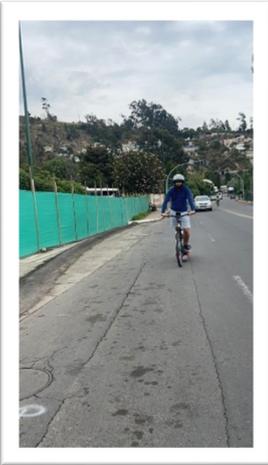
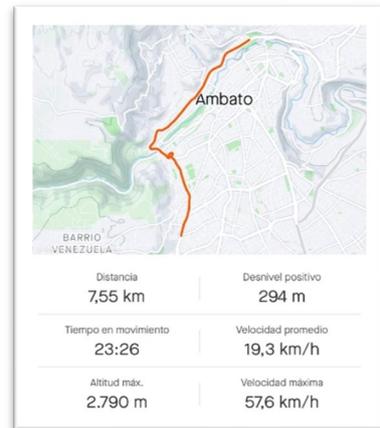
<p>ACERO GALVANIZADO</p>	<p>URES (mm)</p> <p>2,122e-01 1,910e-01 1,698e-01 1,486e-01 1,273e-01 1,061e-01 8,489e-02 6,367e-02 4,245e-02 2,122e-02 0,000e+00</p> <p>Max: 2,122e-01 Min: 1,000e-30</p>
<p>ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060</p>	<p>URES (mm)</p> <p>3,294e-01 2,964e-01 2,635e-01 2,306e-01 1,976e-01 1,647e-01 1,318e-01 9,892e-02 6,588e-02 3,294e-02 0,000e+00</p> <p>Max: 3,294e-01 Min: 1,000e-30</p>
<p><b>DEFORMACIÓN MÁXIMA</b></p>	
<p>ACERO ALEADO FUNDIDO</p>	<p>ESTRN</p> <p>7,083e-05 6,375e-05 5,667e-05 4,959e-05 4,250e-05 3,542e-05 2,833e-05 2,125e-05 1,417e-05 7,083e-06 1,627e-12</p> <p>Max: 7,083e-05 Min: 1,627e-12</p>
<p>ACERO GALVANIZADO</p>	<p>ESTRN</p> <p>6,816e-05 6,134e-05 5,453e-05 4,771e-05 4,090e-05 3,408e-05 2,726e-05 2,045e-05 1,363e-05 6,816e-06 1,912e-12</p> <p>Max: 6,816e-05 Min: 1,912e-12</p>

<p>ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060</p>	
<p><b>FACTOR DE SEGURIDAD</b></p>	
<p>ACERO ALEADO FUNDIDO</p>	
<p>ACERO GALVANIZADO</p>	
<p>ALEACIÓN DE ALUMINIO 1060</p>	

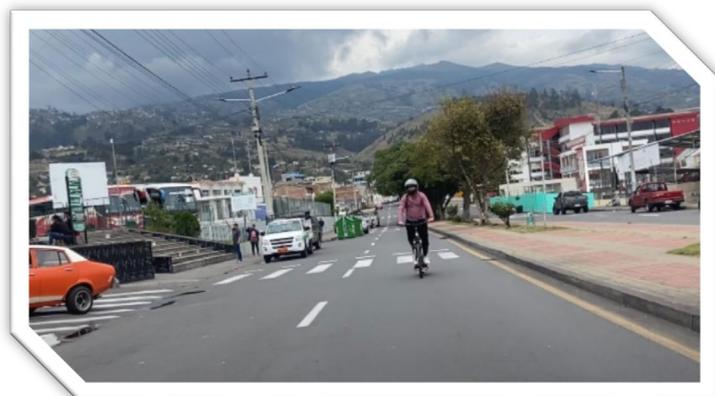
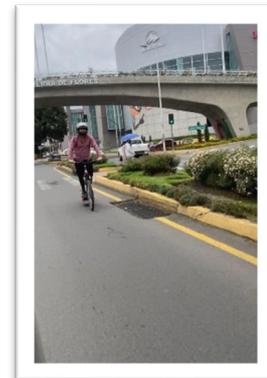
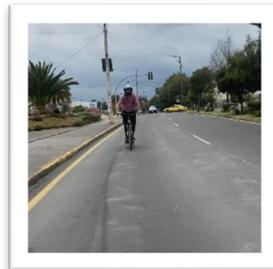
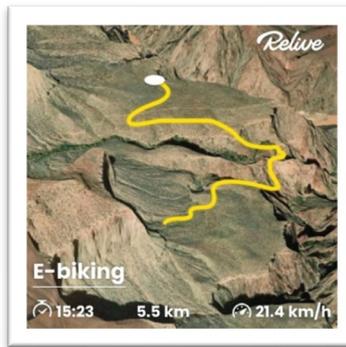
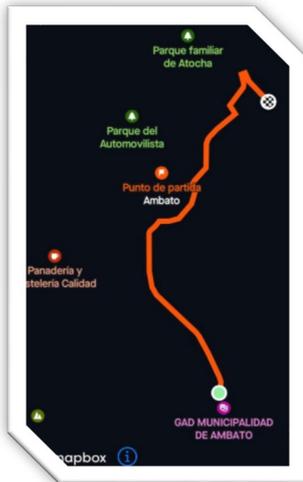
Anexo G: Construcción del prototipo



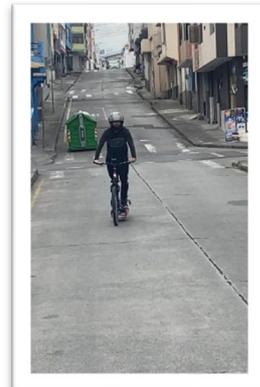
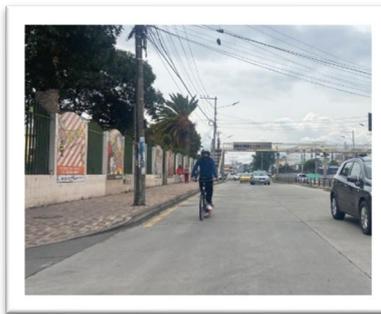
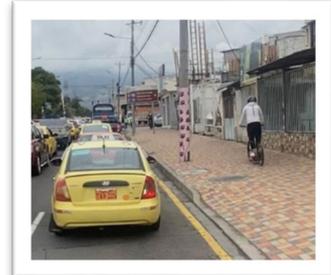
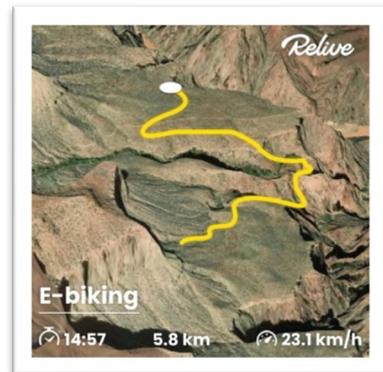
Anexo H: Pruebas en la ruta 1



## Anexo I: Pruebas en la ruta 2



Anexo J: Pruebas en la ruta 3



Anexo K: Pruebas en la ruta 4

**15.1**  
Kilómetros

🕒 32:21 15.1 km 🚴 28.0 km/h

Distancia	Desnivel positivo
15,08 km	218 m
Tiempo en movimiento	Velocidad promedio
26:19	34,4 km/h
Altitud máx.	Velocidad máxima
2.743 m	58,7 km/h

**Velocidad**

Velocidad promedio: 34,4 km/h

Velocidad máxima: 58,7 km/h

Tiempo en movimiento: 26:19

**Speed**

Avg Speed: 27,6 km/h

Max Speed: 56,9 km/h

Moving Time: 32:49

VELOCIDAD MÁXIMA  
**51.0 km/h** [Compartir](#)

VELOCIDAD PROMEDIA  
**28.0 km/h**  
0.0 KM/H EN 2022

PUNTO MÁS ALTO  
**2747 m** [Compartir](#)

DESNIVEL TOTAL  
**197 m**



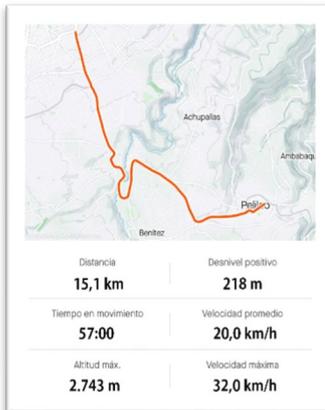
Anexo L: Pruebas en la ruta 4 con el scooter eléctrico de 1500w



Relive

**15.1**  
Kilómetros

🕒 57:00 15.1 km 🚴 20 km/h




Relive

**15.1**  
Kilómetros

🕒 55:00 15.1 km 🚴 24 km/h




Relive

**15.1**  
Kilómetros

🕒 58:00 15.1 km 🚴 23km/h



## Anexo M: Facturas de la compra de los componentes electrónicos

28/6/2021

aliexpress.com - Pedido 111-0471069-7666641

AliExpress

### Detalles finales del pedido #111-0471069-7666641

[Imprima esta página para sus registros.](#)

**Pedido realizado:** 28 de junio de 2021  
**Pedido amazon.com número:** 111-0471069-7666641  
**Total del pedido: \$274.35**

### Enviado el 02 de julio de 2021

#### Productos comprados:

1 de hongying Store - Bicycle 36V Gear 48V Gearless Motor Electric Bike Conversion Kit 250/350/500W 1000W 1500W Rear Wheel Dropout 135-142mm Ebike Kit

Vendido por: hongying Store ([Perfil del vendedor](#)) | ¿Dudas sobre el producto? [Pregunta al vendedor](#)

#### Precio

\$257.45

Estado: Nuevo

#### Dirección de envío:

MIGUEL ANGEL GARCES MIRANDA  
6117 NW 72ND AVE  
MIAMI, FL 33195-3707  
Estados Unidos

#### Velocidad de envío:

GRATIS Entrega DHL

### Información de pago

**Método de pago:** Productos: \$274.35 Visa | Últimos dígitos: 1016 Envío: \$0.00

Oferta relámpago: -\$5.98

#### Dirección de facturación:

MIGUEL ANGEL GARCES MIRANDA  
6117 NW 72ND AVE  
MIAMI, FL 33195-3707  
Estados Unidos

Total antes de impuestos: \$251.47

Impuestos: \$22.88

**Total (I.V.A. Incluido): \$274.35**

#### Transacciones con la tarjeta

Visa que termina en 1016: 03 de julio de 2021: \$274.35

Para ver el estado de tu pedido, vuelve a [Resumen del pedido](#).

**Detalles finales del pedido #417-0421051-9339975**[Imprima esta página para sus registros.](#)**Pedido realizado:** 09 de julio de 2021**Pedido amazon.com número:** 417-0421051-9339975**Total del pedido: \$324.64****Enviado el 12 de julio de 2021****Productos comprados:***1 de: Risklight Official Store - No Tax To EU 48 Volt Hailong Electric Bateria 20Ah**48V 15AH Ebike Lithium Ion Battery Pack For Bafang 750W 1000w 500W Motor*Vendido por: Risklight Official Store ([Perfil del vendedor](#)) | ¿Dudas sobre el producto? [Pregunta al vendedor](#)**Precio**

\$323.19

Estado: Nuevo

**Dirección de envío:**

MIGUEL ANGEL GARCES MIRANDA

6117 NW 72ND AVE

MIAMI, FL 33195-3707

Estados Unidos

**Velocidad de envío:**

GRATIS Entrega Fedex

**Información de pago****Método de pago:** Productos: \$324.64 Visa | Últimos dígitos: 1016 Envío: \$0.00

Oferta relámpago: -\$25.63

**Dirección de facturación:**

MIGUEL ANGEL GARCES MIRANDA

6117 NW 72ND AVE

MIAMI, FL 33195-3707

Estados Unidos

Total antes de impuestos: \$297.56

Impuestos: \$27.08

**Total (I.V.A. Incluido): \$324.64****Transacciones con la tarjeta**

Visa que termina en 1016: 03 de julio de 2021: \$324.64

Para ver el estado de tu pedido, vuelve a [Resumen del pedido](#).



R.U.C.: 1791903013001

**FACTURA**

No. 001-002-000079779

**NÚMERO DE AUTORIZACIÓN**

1307201701200100200007977917919030130

**FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN**

18/07/2021 16:43:09.000

**AMBIENTE:** PRODUCCION

**EMISIÓN:** NORMAL

**CLAVE DE ACCESO**



1307201701179190301300120010020000797791234567811

**SERVICIOS INTEGRALES EN ADUANAS Y TRANSPORTE INTERNACIONAL SIATI CIA. LTDA.**

SIATIEXPRESS CIA. LTDA.

**Dirección Matriz:** Yasuni N44-284 y Av. El Inca.

**Dirección Sucursal:** Yasuni N44-284 y Av. El Inca.

**Contribuyente Especial Nro** 00181  
**OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD** SI

**Razón Social / Nombres y Apellidos:** GARCES MIRANDA MIGUEL ANGEL

**RUC / CI:** 1802974525

**Fecha Emisión:** 13/07/2021

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cant	Descripción	Detalle Adicional	Precio Unitario	Descuento	Precio Total
250050	250050	1.000000	SERVICIO DE COURIER SIATIBOX		37.430000		37.43
250011	250011	1.000000	DESADUANIZACION SIATIBOX		10.000000		10.00
250066	250066	1.000000	SERVICIO DE CARGA SEGURA SIATI BOX		4.990000		4.99
250201	250201	1.000000	SERVICIOS ADICIONALES EN ORIGEN SIATIBOX		2.730000		2.73
250060	250060	1.000000	SERVICIO DE MANEJO DE CARGA BOX		9.500000		9.50

**Información Adicional**

**E-Mail** [mickael10garces@hotmail.com](mailto:mickael10garces@hotmail.com)  
**Teléfono** 032765293  
**Dirección** [AV BOLIVARIANA S/N CALANDRIAS](#)  
**Referencia** [PROY-21-396B](#)  
**HAWB** [SBOX 460927](#)  
**Agencia** "En caso de reclamos , comuniquese a la línea gratuita de la Agencia Postal 1800-POSTAL (1800767825)"

Forma de Pago	Valor	Plazo	Unidad de Tiempo
TARJETA DE CRÉDITO	72.41	0	días

SUBTOTAL 12%	64.65
SUBTOTAL 0%	0
SUBTOTAL No objeto de IVA	0
SUBTOTAL Exento de IVA	0
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	64.65
TOTAL DESCUENTO	0.00
ICE	0
IVA 12%	7.76
IRBPNR	0
PROPIINA	0.00
Valor Total	72.41
(-) Descuento Solidario 2%	0
<b>VALOR A PAGAR</b>	<b>72.41</b>



R.U.C.: 1791903013001

**FACTURA**

No. 001-002-000082722

**NÚMERO DE AUTORIZACIÓN**

1508201701200100200008272217919030131

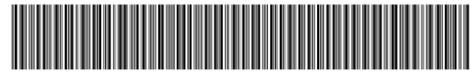
**FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN**

05/08/2021 16:49:17.000

**AMBIENTE:** PRODUCCION

**EMISIÓN:** NORMAL

**CLAVE DE ACCESO**



1508201701179190301300120010020000827221234567816

**SERVICIOS INTEGRALES EN ADUANAS Y TRANSPORTE INTERNACIONAL SIATI CIA. LTDA.**

SIATIEXPRESS CIA. LTDA.

**Dirección Matriz:** Yasuni N44-284 y Av. El Inca.

**Dirección Sucursal:** Yasuni N44-284 y Av. El Inca.

**Contribuyente Especial Nro** 00181  
**OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD** SI

**Razón Social / Nombres y Apellidos:** MIGUEL ANGEL GARCES MIRANDA

**RUC / CI:** 1802974525

**Fecha Emisión:** 05/08/2021

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cant	Descripción	Detalle Adicional	Precio Unitario	Descuento	Precio Total
250050	250050	1.000000	SERVICIO DE COURIER SIATIBOX		32.440000		32.44
250011	250011	1.000000	DESADUANIZACION SIATIBOX		10.000000		10.00
250066	250066	1.000000	SERVICIO DE CARGA SEGURA SIATI BOX		4.990000		4.99
250201	250201	1.000000	SERVICIOS ADICIONALES EN ORIGEN SIATIBOX		2.730000		2.73
250060	250060	1.000000	SERVICIO DE MANEJO DE CARGA BOX		5.000000		5.00

**Información Adicional**

**E-Mail** [mickael10garces@hotmail.com](mailto:mickael10garces@hotmail.com)

**Telefono** [032765293](tel:032765293)

**Direccion** [AV BOLIVARIANA S/N CALANDRIAS](#)

**Referencia** [PROY-21-455B](#)

**HAWB** [SBOX 464786](#)

**Agencia** "En caso de reclamos , comuniquese a la linea gratuita de la Agencia Postal 1800-POSTAL (1800767825)"

Forma de Pago	Valor	Plazo	Unidad de Tiempo
TARJETA DE CRÉDITO	61.78	0	días

SUBTOTAL 12%	55.16
SUBTOTAL 0%	0
SUBTOTAL No objeto de IVA	0
SUBTOTAL Exento de IVA	0
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	55.16
TOTAL DESCUENTO	0.00
ICE	0
IVA 12%	6.62
IRBPNR	0
PROPINA	0.00
Valor Total	61.78
(-) Descuento Solidario 2%	0
<b>VALOR A PAGAR</b>	<b>61.78</b>