



Investigación del sistema de tracción de motocicleta con sidecar BEV mediante la construcción de un prototipo vehículo categoría L4 MTOS eléctrico.

Gavilanes Córdova, Alex Daniel y López Alomoto, Kevin Omar

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Automotriz

Ing. Msc. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

1 de agosto del 2022

Latacunga



TESIS FINAL GAVILANES LOPEZ.docx

Scanned on: 17:35 July 29, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	392
Words with Minor Changes	243
Paraphrased Words	102
Omitted Words	0



Website | Education | Businesses

Ing. Msc. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

C.C.: 0502509995

Director



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, **“Investigación del sistema de tracción de motocicleta con sidecar BEV mediante la construcción de un prototipo vehículo categoría L4 mtos eléctrico”** fue realizado por los señores **Gavilanes Córdova, Alex Daniel y López Alomoto, Kevin Omar** , el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 1 de agosto de 2022

.....
Ing. Msc. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

C.C.: 0502509995



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Responsabilidad de autoría

Nosotros, **Gavilanes Córdova, Alex Daniel**, con cedula de ciudadanía n° 1724155260 y **López Alomoto, Kevin Omar**, con cedula de ciudadanía n° 1722403530, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Investigación del sistema de tracción de motocicleta con sidecar BEV mediante la construcción de un prototipo vehículo categoría L4 mtos eléctrico**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciado las citas bibliográficas

Latacunga, 1 de agosto de 2022

.....
Gavilanes Córdova, Alex Daniel

C.C.: 1724155260

.....
López Alomoto, Kevin Omar

C.C.: 1722403530



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autorización de publicación

Nosotros, **Gavilanes Córdova, Alex Daniel**, con cedula de ciudadanía n° 1724155260 y **López Alomoto, Kevin Omar**, con cedula de ciudadanía n° 1722403530, autorizamos a las Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Investigación del sistema de tracción de motocicleta con sidecar BEV mediante la construcción de un prototipo vehículo categoría L4 mtos eléctrico**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 1 de agosto de 2022

.....
Gavilanes Córdova, Alex Daniel

C.C.: 1724155260

.....
López Alomoto, Kevin Omar

C.C.: 1722403530

Dedicatoria

La presente investigación va para toda mi familia que siempre han sido el pilar fundamental de todos mis objetivos y logros, quienes me han apoyado en todo lo que planteado sin importar el riesgo que estos conllevaban.

También quiero dedicar a todas las personas que estuvieron atrás mío dándome alientos para seguir adelante y cumplir una meta más en mi vida.

Gavilanes Córdoba, Alex Daniel

Dedicatoria

A mi querida familia quienes fueron parte de este sueño en todo momento, a mis padres Silvia Alomoto Proaño y Edwin López Armijio por ser mi apoyo y ejemplo de superación en cada momento de mi vida, a todos mis hermanos Paola, Jimmy, Melanie, David, Valery quienes son base fundamental en mi vida y por todo lo que me han enseñado.

López Alomoto, Kevin Omar

Agradecimiento

A Dios por darme la sabiduría y la fuerza para seguir adelante en este largo camino que siempre estaba ahí conmigo en los momentos difíciles y que a pesar de las adversidades estoy dando un paso muy grande en mi vida académica y disfrutar de este logro con mis seres queridos.

También quiero agradecer a todos los docentes por las enseñanzas impartidas en el aula y el apoyo incondicional al momento de encontrar dificultades en el camino saberlas resolver de la mejor manera ya que esto me ayudara a ser un menor profesional y también por la amistad y la confianza durante todo este tiempo.

Gavilanes Córdoba, Alex Daniel

Agradecimiento

A Dios por guiar mi camino, derramar su bendición en mi familia, por brindarme sabiduría para conseguir mis metas.

A mi familia que ha sido mi apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y son mi fuente de inspiración para superarme cada día más, a mis padres y a mis hermanos quienes son el pilar fundamental, con sus consejos y enseñanzas, gracias a ellos he podido culminar una etapa de mi vida de forma satisfactoria.

A todos quienes en su momento fueron mis docentes en las diferentes materias a lo largo de mi carrera profesional por impartir sus conocimientos y ayudarme a formar como un gran profesional y de forma especial agradezco al Ing. Leonidas Quiroz por ser nuestro guía en este proyecto de titulación.

López Alomoto, Kevin Omar

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de certificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenido	10
Índice de figuras	15
Índice de tablas	21
Índice de ecuaciones.....	22
Capítulo I: Marco metodológico de la investigación	25
Antecedentes.....	25
Planteamiento del problema.....	30
Descripción del proyecto.....	32
Justificación e importancia	34
Objetivos.....	35
<i>Objetivo general</i>	35
<i>Objetivos específicos</i>	35

Metas.....	36
Hipótesis.....	36
VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	36
<i>Variable independiente:</i>	37
<i>Variables dependientes:</i>	37
Capítulo II: Fundamento teórico	38
Bastidor tubular de acero de doble cuna.....	38
Basculante doble brazo.....	38
Amortiguador telescópico	39
Amortiguadores a gas	40
Sistema de freno de disco	40
Gravedad convencional	41
Cargas vivas y cargas muertas	41
Esfuerzo.....	42
Desplazamiento.....	42
Factor de seguridad.....	42
Motor de corriente alterna (CA) sincrónico	43
Baterías de ion litio	44
Unidad de control.....	44
Protector eléctrico	45
Conductores	46

Ley de ohm	47
Área y resistencia de un alambre	47
Potencia y energía	48
Capítulo III: Análisis del diseño del prototipo sidecar eléctrico mediante software.....	50
Diseño mecánico.....	50
<i>Selección de los sistemas de la motocicleta.....</i>	<i>50</i>
<i>Selección de sistemas sidecar.....</i>	<i>61</i>
<i>Modelado en 2D y 3D.....</i>	<i>69</i>
<i>Simulación de la motocicleta.....</i>	<i>72</i>
<i>Simulación del sidecar.....</i>	<i>77</i>
<i>Simulación de las sujeciones.....</i>	<i>81</i>
Diseño eléctrico y electrónico.....	83
<i>Selección de materiales.....</i>	<i>84</i>
<i>Diseño de conexiones.....</i>	<i>88</i>
<i>Accionamiento del sistema.....</i>	<i>90</i>
<i>Funcionamiento del sistema.....</i>	<i>91</i>
<i>Simulación.....</i>	<i>92</i>
Capítulo IV: Construcción y pruebas del prototipo del vehículo BEV con sidecar	
desmontable.....	95
Selección del bastidor de una motocicleta convencional.....	95
<i>Adaptación del bastidor.....</i>	<i>96</i>
Instalación de sistemas mecánicos de la motocicleta.....	98

<i>Sistema de suspensión</i>	99
<i>Neumático posterior</i>	101
<i>Sistema de frenos</i>	102
<i>Sistema de dirección</i>	104
Elaboración del bastidor del sidecar	104
Instalación de los sistemas mecánicos del sidecar	106
<i>Sistema de suspensión</i>	106
<i>Neumático</i>	108
Mecanismos de unión de la motocicleta con el sidecar	109
Sueldas de las sujeciones	111
Instalación de los componentes eléctricos y electrónicos	112
<i>Baterías de alta tensión HV</i>	112
<i>Controlador electrónico</i>	113
<i>Acelerador</i>	115
<i>Panel de control</i>	116
<i>Sistema de alumbrado</i>	118
<i>Mandos de control</i>	119
Fabricación e instalación del carenado en los bastidores	121
Pruebas de autonomía	124
<i>Prueba 1 en ruta 1</i>	124
<i>Prueba 2 en ruta 1</i>	125

<i>Prueba 3 en ruta 1</i>	126
<i>Prueba 4 en ruta 1</i>	127
<i>Prueba 5 en ruta 1</i>	128
<i>Prueba 6 en ruta 2</i>	129
<i>Prueba 7 en ruta 3</i>	130
<i>Prueba 8 de vacío</i>	131
<i>Prueba 9 determinar torque y potencia en dinamómetro.</i>	132
<i>Tabulación de pruebas en cada ruta destinada</i>	134
Capítulo V: Marco administrativo	144
Recursos	144
<i>Recursos humanos</i>	144
<i>Recursos tecnológicos</i>	144
<i>Recursos materiales</i>	145
Presupuesto	146
<i>Costo neto del proyecto</i>	146
Conclusiones	147
Recomendaciones	149
Bibliografía	151
Anexos	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Árbol de problemas</i>	30
Figura 2 <i>Bastidor de doble cuna</i>	38
Figura 3 <i>Horquilla basculante</i>	39
Figura 4 <i>Horquilla telescópica vertical</i>	39
Figura 5 <i>Amortiguadores posteriores de gas</i>	40
Figura 6 <i>Sistema de frenos de disco</i>	41
Figura 7 <i>Motor eléctrico</i>	43
Figura 8 <i>Batería de ion litio</i>	44
Figura 9 <i>Unidad de control</i>	45
Figura 10 <i>Fusibles enchufables</i>	45
Figura 11 <i>Bastidor doble cuna cerrado</i>	52
Figura 12 <i>Platinas en las bases de baterías, controladores y puntos de anclaje</i>	52
Figura 13 <i>Varillas roscadas galvanizadas fijando baterías</i>	53
Figura 14 <i>Amortiguadores delanteros de la motocicleta</i>	56
Figura 15 <i>Amortiguadores posteriores de la motocicleta</i>	56
Figura 16 <i>Basculante doble brazo posterior de la motocicleta</i>	57
Figura 17 <i>Aro posterior de radios en la motocicleta</i>	57
Figura 18 <i>Aro delantero de espas en la motocicleta</i>	58
Figura 19 <i>Freno de disco delantero de la motocicleta</i>	59
Figura 20 <i>Freno de disco posterior en la motocicleta</i>	59

Figura 21 Mandos del freno delantero y posterior.	60
Figura 22 Neumáticos de carretera en la motocicleta.....	60
Figura 23 Bastidor superior del sidecar.....	63
Figura 24 Tubería estructural cuadrada ASTM A36.	63
Figura 25 Varilla redonda lisa en apoya pie de sidecar.....	64
Figura 26 Basculante de doble brazo del sidecar.....	66
Figura 27 Amortiguador hidráulico del sidecar.....	67
Figura 28 Aro de radios en el sidecar.....	67
Figura 29 Neumático de carretera en el sidecar.	68
Figura 30 Freno de disco en el sidecar.	68
Figura 31 Chasis de la motocicleta en 2D y 3D.....	69
Figura 32 Chasis del sidecar en 2D y 3D.....	70
Figura 33 Chasis de la motocicleta con sidecar con mecanismos de sujeción.....	71
Figura 34 Distribución de cargas vivas y cargas muertas.	72
Figura 35 Esfuerzo efectivo de Von Mises de motocicleta con cargas muertas.....	73
Figura 36 Desplazamiento de la motocicleta con cargas muertas.	74
Figura 37 Factor de seguridad de la motocicleta con cargas muertas.....	74
Figura 38 Esfuerzo efectivo de Von Mises de la motocicleta con cargas vivas.....	75
Figura 39 Desplazamiento de la motocicleta con cargas vivas.....	76
Figura 40 Factor de seguridad de la motocicleta con cargas vivas.....	76
Figura 41 Esfuerzo efectivo de Von Mises aplicando cargas vivas.....	77

Figura 42 <i>Desplazamiento aplicando cargas vivas</i>	78
Figura 43 <i>Factor de seguridad de sidecar con cargas vivas</i>	78
Figura 44 <i>Esfuerzo efectivo de Von Mises de sidecar con cargas muertas</i>	79
Figura 45 <i>Desplazamiento del sidecar con cargas muertas</i>	80
Figura 46 <i>Factor de seguridad del sidecar cargas muertas</i>	80
Figura 47 <i>Esfuerzo efectivo en las sujeciones con cargas vivas y cargas muertas</i>	81
Figura 48 <i>Desplazamiento en las sujeciones con cargas vivas y cargas muertas</i>	82
Figura 49 <i>Factor de seguridad en las sujeciones con cargas vivas y cargas muertas</i>	83
Figura 50 <i>Motores eléctricos de la motocicleta y sidecar</i>	85
Figura 51 <i>Controladores de la motocicleta y sidecar</i>	86
Figura 52 <i>Baterías ion litio del prototipo BEV</i>	87
Figura 53 <i>Diseño de conexiones eléctricas</i>	88
Figura 54 <i>Accionamiento del sistema</i>	91
Figura 55 <i>Diagrama de bloques del prototipo BEV</i>	92
Figura 56 <i>Circuito eléctrico – electrónico del vehículo de tres ruedas</i>	93
Figura 57 <i>Selección de bastidor de motocicleta convencional</i>	95
Figura 58 <i>Bastidor original de motocicleta y modelado 3D</i>	97
Figura 59 <i>Bastidor modificado según modelado en 3D</i>	98
Figura 60 <i>Instalación de sistemas mecánicos</i>	98
Figura 61 <i>Selección de suspensión delantera y posterior</i>	99
Figura 62 <i>Instalación de los amortiguadores delanteros y posteriores</i>	100

Figura 63 Selección del neumático posterior.	101
Figura 64 Neumático posterior	102
Figura 65 Selección de sistema de frenos.	102
Figura 66 Instalación de los frenos de disco	103
Figura 67 Sistemas de dirección de la motocicleta	104
Figura 68 Secuencia de elaboración del sidecar.	105
Figura 69 Modelado y construcción estructural de sidecar.....	106
Figura 70 Selección de sistema de suspensión de sidecar.....	106
Figura 71 Representación de la intalación del amortiguador del sidecar.....	107
Figura 72 Diagrama de flujo para neumático lateral.	108
Figura 73 Instalación del neumático en el sidecar.....	108
Figura 74 Procedimiento de fabricación del mecanismo de unión.	109
Figura 75 Mecanismo de unión del sidecar.....	110
Figura 76 Mecanismo de unión entre la motocicleta y el sidecar.	110
Figura 77 Mecanismos de equilibrio del sidecar	111
Figura 78 Proceso de soldadura.....	112
Figura 79 Selección de baterías de alta tensión.	112
Figura 80 Instalación de las baterías de ion litio en el bastidor.....	113
Figura 81 Selección del controlador electrónico.	113
Figura 82 Instalación de los controladores en el bastidor.....	114
Figura 83 Elección del acelerador.	115

Figura 84 <i>Instalación del acelerador en el volante</i>	116
Figura 85 <i>Selección del panel de control</i>	116
Figura 86 <i>Instalación del panel de control</i>	117
Figura 87 <i>Instalación del mando de control de las luces</i>	118
Figura 88 <i>Selección de los mandos de control</i>	119
Figura 89 <i>Instalación de los mandos de control</i>	120
Figura 90 <i>Diseño de las molduras en material reciclable</i>	121
Figura 91 <i>Realización de la fibra de vidrio</i>	122
Figura 92 <i>Colocación de la fibra de vidrio en los bastidores</i>	123
Figura 93 <i>Motocicleta con sidecar BEV</i>	123
Figura 94 <i>Resultados prueba 1 de ruta con batería 1</i>	124
Figura 95 <i>Resultados prueba 2 de ruta con batería 2</i>	126
Figura 96 <i>Resultados prueba 3 de ruta con las 2 baterías</i>	126
Figura 97 <i>Resultados prueba 4</i>	127
Figura 98 <i>Resultados prueba 5</i>	128
Figura 99 <i>Resultados prueba 6 en la ruta 2</i>	129
Figura 100 <i>Resultados prueba 7 en la ruta 3</i>	130
Figura 101 <i>Prueba de vacío del prototipo BEV</i>	131
Figura 102 <i>Ubicación de la motocicleta con sidecar eléctrico en dinamómetro</i>	132
Figura 103 <i>Resultados de las pruebas de torque y potencia</i>	133
Figura 104 <i>Diagrama de velocidad vs tiempo para prueba 1</i>	137

Figura 105 <i>Diagrama de velocidad vs tiempo para prueba 2</i>	138
Figura 106 <i>Diagrama de velocidad vs tiempo para prueba 3</i>	139
Figura 107 <i>Diagrama de velocidad vs tiempo para prueba 4</i>	140
Figura 108 <i>Diagrama de velocidad vs tiempo para prueba 5</i>	141
Figura 109 <i>Diagrama de velocidad vs tiempo para prueba 6</i>	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de fusibles de automoción</i>	46
Tabla 2 <i>Tamaños American Wire Gauge (AWG)</i>	46
Tabla 3 <i>Selección de materiales de motocicleta.</i>	50
Tabla 4 <i>Selección de los elementos mecánicos de la motocicleta.</i>	54
Tabla 5 <i>Selección de materiales del sidecar</i>	62
Tabla 6 <i>Selección de componentes mecánicos de sidecar.</i>	64
Tabla 7 <i>Matriz de selección de motores eléctricos</i>	84
Tabla 8 <i>Matriz de selección de controladores</i>	85
Tabla 9 <i>Matriz de selección de las baterías.</i>	87
Tabla 10 <i>Ficha técnica de la motocicleta eléctrica con sidecar.</i>	96
Tabla 11 <i>Distribución del sistema de alumbrado</i>	119
Tabla 12 <i>Ensayo de torque y potencia</i>	134
Tabla 13 <i>Tabulación de datos obtenidos de vehículo BEV</i>	135
Tabla 14 <i>Recursos humanos.</i>	144
Tabla 15 <i>Recursos tecnológicos</i>	145
Tabla 16 <i>Recursos materiales.</i>	145
Tabla 17 <i>Costo neto del proyecto.</i>	146

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Cargas vivas y cargas muertas</i>	41
Ecuación 2 <i>Esfuerzo</i>	42
Ecuación 3 <i>Desplazamiento</i>	42
Ecuación 4 <i>Factor de Seguridad</i>	43
Ecuación 5 <i>Ley de ohm</i>	47
Ecuación 6 <i>Área de sección transversal</i>	47
Ecuación 7 <i>Resistencia de un alambre</i>	48
Ecuación 8 <i>Energía</i>	48
Ecuación 9 <i>Potencia</i>	49

Resumen

En el presente proyecto de titulación, se investigó el sistema de tracción de motocicleta con sidecar BEV mediante la construcción de un prototipo vehículo categoría L4 MTOS eléctrico, a través de la selección de materiales, componentes y sistemas de tipo mecánico, eléctrico y electrónico, para lo cual se consideró la geometría isométrica, representados gráficamente en 2D y 3D como base de simulación mediante el análisis estructural estático del bastidor para establecer desplazamiento, esfuerzos máximos y el factor de seguridad de la estructura de la motocicleta y sidecar en condiciones de carga frecuente a través de herramientas computacionales para la fabricación del carenado en fibra de vidrio, acorde a las medidas establecidas en el modelado. El diseño eléctrico – electrónico especificado mediante nomenclatura estandarizada consideró los parámetros de funcionamiento característicos del prototipo BEV de tal manera de seleccionar el sistema de tracción eléctrica compuesto por motores, controlador, sistema de aceleración, sistemas de protección, baterías y panel de instrumentos. Se realizó las pruebas de la moto y sidecar eléctrico aplicando protocolos de pruebas fundamentada en la norma UNE-EN 61851 para distancia, consumo de energía, torque, potencia, arranque en pendiente, velocidad y aceleración máxima aplicados en la ruta de prueba para el análisis del modelo L4 mtos eléctrico a través de las interacciones de tránsito en las vías de la ciudad de Latacunga. Es importante destacar que el vehículo de tres ruedas con tracción eléctrica posee una eficiencia óptima al momento de generar el trabajo necesario, lo que resultó un parámetro de eficiencia energética del prototipo acorde al dimensionamiento de sus sistemas y fines propuestos.

Palabras Clave: L4 MTOS, sidecar, BEV (Coche Eléctrico de Batería)

Abstract

In this thesis project, the motorcycle traction system of an electric motorcycle with sidecar BEV was investigated through the construction of an electric vehicle category L4 mtos prototype. This was achieved using optimal materials for the mechanical, electrical, and electronic components and through subsequent manufacturing methods. These methods included isometric, graphically represented in 2D and 3D as a simulation base through the static structural analysis of the frame to establish displacement, maximum efforts and the safety factor of the motorcycle and sidecar structure under frequent load conditions. The aim was done using computational tools for the manufacture of the fiberglass fairing, according to the measures established in the modeling. The electrical-electronic design specified by standardized nomenclature considered the characteristic operating parameters of the BEV prototype in such a way as to select the electric traction system composed of motors, controller, acceleration system, protection systems, batteries, and instrument panel. The tests of the motorcycle and electric sidecar were carried out applying test protocols based on the UNE-EN 61851 standard for distance, energy consumption, torque, power, starting on a slope, speed and maximum acceleration applied on the test route for analysis, of the L4 electric mtos model through traffic interactions on the roads in Latacunga city. It is important to highlight that the three-wheeled vehicle with electric traction has optimal efficiency when generating the necessary work, which resulted in an energy efficiency parameter of the prototype according to the dimensioning of its systems and proposed purposes.

Keywords: L4 mtos, sidecar, BEV (Battery Electric Vehicle)

Capítulo I

Marco metodológico de la investigación

Antecedentes

De acuerdo a la Resolución No. 016-2019 adoptada el 03 de junio de 2019 por El Pleno del Comité de Comercio Exterior (COMEX), La Ley Orgánica para el Fomento Productivo, Atracción de Inversiones, Generación de Empleo, Estabilidad y Equilibrio Fiscal, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 309 de 21 de agosto de 2018 reformó el artículo 55 de la Ley de Régimen Tributario Interno determinando que: tendrán tarifa cero las transferencias e importaciones de los siguientes bienes: 14. Vehículos eléctricos para uso particular, transporte público y de carga. 18. Las baterías, cargadores, cargadores para electrolinerías, para vehículos híbridos y eléctricos. (COMEX, 2018, pp 1)

Respecto a Movilidad Eléctrica: Avances en América Latina y El Caribe y oportunidades para la colaboración regional: En 2018, se aprobó una Ley de Promoción de la Producción, otorgando un 0% de impuesto al valor agregado a los vehículos eléctricos e híbridos y un 0% de "impuesto especial sobre consumos" a los vehículos eléctricos de pasajeros. Esta ley será válida por cinco años. (ONU Medio Ambiente, 2018, pp 27)

Las motocicletas eléctricas son una alternativa de movilidad que a diferencia de las convencionales no generan ruido. Una motocicleta con autonomía de 240 km china no supera los 10,000 dólares, mientras que, una estadounidense de las mismas características cuesta más de 20,000 dólares. Por esto, en la región las importaciones, en su mayoría, son de origen chino. Brasil es el principal importador de motocicletas eléctricas de la región, ya que en 2019 importó 193,106, le siguen Chile con 178,606, México con 94,718, Uruguay con 78,869 y Colombia con 68,702. Por otro lado, la empresa salvadoreña éGDAL Electric comenzó a importar de China para vender

motocicletas eléctricas en El Salvador, Costa Rica y Honduras. (Ugarteche et al., 2020, pp 3)

Respecto a la tarifa de consumo comercial, indicada por la Agencia Nacional de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) para el año 2020, Esta tarifa se aplica para la facturación mensual del servicio público de energía eléctrica, por la demanda de potencia y por el consumo de energía eléctrica, exclusivamente, del vehículo eléctrico; medidos por un registrador de demanda horaria independiente. Para la aplicación de esta tarifa, los vehículos eléctricos tendrán un régimen de carga liviana o de carga lenta; en las condiciones de demanda de potencia y de consumo de energía eléctrica, recomendadas para el nivel de bajo voltaje; esto es, de hasta 10 kW. Por tanto, en este nivel de voltaje no se implementarán equipos de carga rápida de vehículos con demanda superiores a 10 kW. (Arconel, 2019, pp 12)

De acuerdo al Anuario 2019 publicado por la AEADE, en Ecuador Existen los siguientes de incentivos regulatorios para los vehículos eléctricos: Exención de aranceles a la importación, Exención del impuesto a los consumos especiales, Exención de IVA para vehículos eléctricos particulares de transporte público y de carga, 0% de IVA para el servicio de carga eléctrica de todo tipo de vehículos 100% eléctrico, Exoneración de la restricción vehicular Hoy no circula. (AEADE, 2019, pp 58)

De acuerdo al Boletín del Sector Automotor en cifras 2020 publicado por la AEADE, la demanda de vehículos eléctricos para el año 2018 fue de 130, para el año 2019 se vendieron 103, mientras que para el año 2020 fueron 72 unidades. Por lo tanto, se puede notar una disminución en la adquisición de vehículos eléctricos en los últimos 3 años, resaltando los meses de abril y diciembre los de mayores ventas, denotando que en el mes de diciembre de los años 2018 y 2019 existió una pequeña diferencia de una sola unidad menos. (AEADE, 2020, pp 9)

Respecto a Infografías sobre Tipos de vehículos eléctricos BEV, PHEV, FCEV, Los avances en tecnología de baterías están haciendo factible la operación interurbana (autonomías y tiempos de carga) por mejoras en las baterías, permitiendo mayor velocidad de carga y por mayores potencias de los cargadores. (Plataforma de Electromovilidad de Chile, 2016, pp 1)

De acuerdo a la Normativa NTE INEN 2656, establece la clasificación de los vehículos motorizados y no motorizados, identificados mediante características generales del diseño y uso, se aplica a todos los vehículos diseñados para la circulación terrestre (vehículos motorizados y unidades de carga). Se incluye además maquinaria agrícola y para silvicultura, no incluyen maquinaria industrial ni equipo caminero.

Por lo tanto, se clasifica los diferentes tipos de transportes en la que se le detalla el sidecar se encuentra en la categoría L, subcategoría L4 con el código MTOS la que describe que son vehículos de dos ruedas o tres ruedas con sidecar diseñados con un motor de combustión interna de 50 cm^3 , con una velocidad de diseño superior a los 45 km/h . (NTE-INEN, 2016, pp 1-3)

Según el gerente de la empresa Eride, la batería de litio que emplean las motos, tiene una autonomía de 70 kilómetros y para su carga total se requiere de una conexión de cinco horas. Para cargar una de estas motos dispone un impacto de consumo mínimo, pues el incremento en la planilla de luz es de un promedio de \$7 al mes si la carga se la realiza cada dos días. (Pérez, 2018, pp 1)

La ventaja de las motos eléctricas es que no emiten gases contaminantes, como son los óxidos de nitrógeno (NOx) o partículas finas PM10, siendo los causantes de la contaminación atmosférica de las ciudades. Su sistema de escape tampoco expulsa dióxido de carbono (CO2), uno de los gases responsables del efecto invernadero. (Twenergy, 2019, pp 1)

“Los componentes de una moto eléctrica son: Baterías y su cargador, motor eléctrico, controlador y sistema de frenos. El funcionamiento se inicia a partir de las baterías al controlador que se encarga de alimentar y encender el motor eléctrico” (Caicedo, 2019, pp 19).

De acuerdo al Boletín de Vehículos Nuevos 2021 publicado por la CINAE, la venta de vehículos eléctricos en unidades entre los meses de enero - febrero en el año 2016 fue de 10, en el año 2017 fue de 25, en el año 2018 fue de 4, en el año 2019 fue de 10, en el año 2020 fue de 27, mientras que para el año 2021 fueron 44 unidades. Por lo tanto, se puede notar una gran variación en la adquisición de los vehículos eléctricos y en el último año denota un gran aumento respecto a los años anteriores. (CINAE, 2021, pp 15)

El circuito de potencia de una motocicleta eléctrica es básicamente el mismo que el de un automóvil eléctrico que se compone de la batería, motor eléctrico, por lo general un motor AC trifásico y el convertidor DC/AC para que la energía proveniente de la batería pueda alimentar al motor AC. (Fernández & Coello, 2016, pp 3)

Respecto a la transición del vehículo de combustión interna a uno más sostenible no se puede hacer de la noche a la mañana pues queda involucrada toda la red de puntos de recarga, instalaciones del hogar para poder recargarlo, cómo tarifcar este servicio a la hora de comunidades de vecinos, cómo se afronta las horas de punta de carga de vehículos para generar la electricidad suficiente, de dónde es extraída esa energía, reciclaje de residuos y desechos. (Palao, 2019, pp 24)

Un vehículo de tres ruedas con un compartimento acoplado a la motocicleta que, si bien vivió sus mejores tiempos en la década de los años cincuenta del siglo XX, tiene un origen decimonónico. Un vehículo que es mucho más que un remolque, si bien en un primer momento se planteó como tal. (ADA, 2020, pp 1)

El vehículo se puede ver a medio camino entre un automóvil y una motocicleta, pero en lo que respecta a la distribución de masa es más similar a una motocicleta por las dimensiones compactas del vehículo; esto lleva al hecho de que al cambiar la ubicación de los ocupantes del vehículo e incluso su número, se cambia la posición del centro de gravedad del vehículo y la carga vertical en cada rueda. (Dovico, 2017, pp 19)

“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” (Kaleg et al., 2015, pp 451).

En un diagrama sobre la tracción eléctrica, se puede subdividir en una parte eléctrica/electrónica y en una parte mecánica. El motor de inducción (MI) forma parte tanto de la parte eléctrica como de la mecánica debido a que en este dispositivo se realiza la conversión de energía de eléctrica a mecánica y viceversa. (Durán et al., 2010, pp 1)

La contaminación de los vehículos a combustión además de la quema de hidrocarburos también afecta a los niveles de sonoridad en las ciudades grandes aumentando así la polución en el aire como en Buenos Aires que es la ciudad más ruidosa en toda América Latina por lo tanto se realiza una conclusión en cuanto los vehículos y motos eléctricas que son muy necesarios para todos los países, pero las marcas grandes quieren cambiar paulatinamente este tipo de sistema. (Piccardo & Prieto, 2012, pp 15)

Varias motos eléctricas poseen motor sin escobillas y se caracterizan por no tener piezas de contacto, también la batería eléctrica se puede adquirir en paquetes de cuatro o cinco de doce voltios cada una las cuales se pueden cargar en ocho horas pero para contar con solo la mitad de carga solo con dos horas estará cargada la mitad de las baterías, como otro punto sería el cargador que va a ser similar a los cargadores de celular aquí va a tener dos focos al momento que esté cargada y al momento que se encuentre descargada aún y como otro punto fundamental sería el lugar de carga que

se lo puede realizar desde la casa de 220V o dependerá de la batería. (Mis Motos Eléctricas, 2013, pp 1)

En la actualidad se puede ver vehículos y motocicletas eléctricas en las calles es muy normal, sin embargo, las motocicletas recién están entrando al comercio, lo cierto es que las motocicletas eléctricas están cada vez más a la moda por la facilidad de manejarlas, su funcionamiento es igual al de un vehículo eléctrico, tienen el mismo sistema de carga y contamina menos. (García & Bajo, 2014, pp 23)

Estas motos eléctricas utilizan un motor eléctrico hpm 5000 Con una potencia de salida de 4-11 Hp y tiene una eficiencia del 80% que trabaja con celdas eléctricas Shandong real force de 12 voltios además emplea un acelerador de puño, la transmisión es por la banda, la cual es más silenciosa pero mayor el costo. (Luis et al., 2014, pp 88-97)

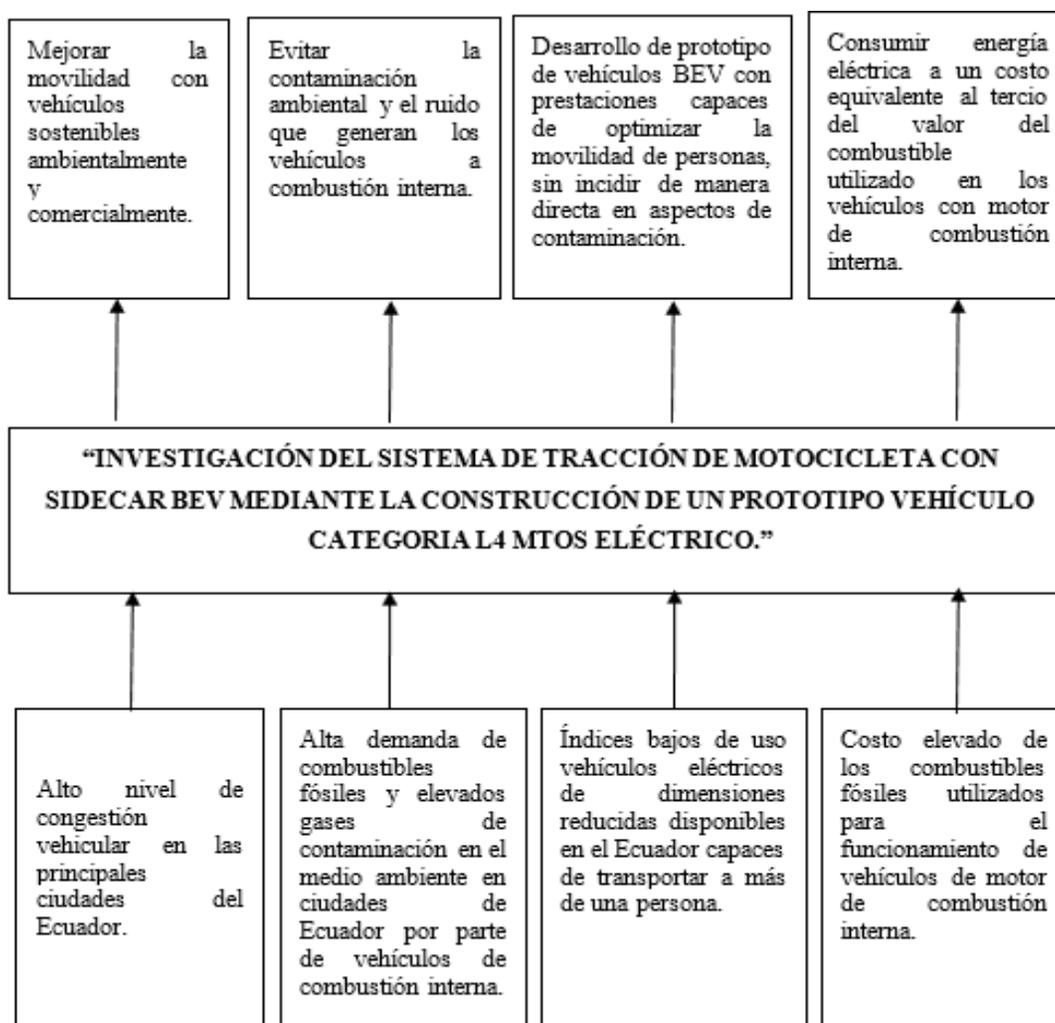
Planteamiento del problema

El número de vehículos matriculados ha crecido a través del tiempo, esto lo evidencia el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) presentando en el año 2019, en la provincia de Cotopaxi 67.665 vehículos matriculados a nivel nacional, mayoritariamente de uso particular (90,9%); correspondientes a la clase motocicletas (23,7%) (INEC, 2019, pp 8).

El crecimiento del parque automotor nacional en las principales ciudades del Ecuador con mayor concentración de aglomeración vehicular implica un incremento en niveles de contaminación, consumo de combustibles por destilación de petróleo y dificultades para movilizarse, por esta razón existe mayor contaminación ambiental y sonora, pues el 23,7% corresponden a motocicletas que producen altos índices de ruido en el entorno (INEC, 2019, pp 9).

Figura 1

Árbol de problemas



Se estableció soluciones a la problemática planteada, la investigación determinó el sistema de tracción de motocicleta con sidecar BEV, mediante la construcción de un prototipo vehículo categoría L4 MTOS eléctrico con sidecar BEV desmontable, que cumple los requerimientos de con una autonomía para movilidad de personas, con la capacidad de transportar tres ocupantes al mismo tiempo.

La investigación se desarrolló mediante el dimensionamiento y simulación del prototipo de un sidecar desmontable, así como, el proceso de fabricación de acuerdo a un óptimo diseño de vehículos eléctricos de este tipo en la categoría L4 MTOS de acuerdo a la normativa técnica ecuatoriana de la INEN.

Descripción del proyecto

En la presente investigación de la “INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE TRACCIÓN DE MOTOCICLETA CON SIDECAR BEV MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO VEHÍCULO CATEGORÍA L4 MTOS ELÉCTRICO.”, se consideró lo siguiente:

Se fundamentó teórica y científicamente mediante fuentes bibliográficas confiables como bases de datos digitales, libros, manuales y artículos científicos referentes a vehículos BEV en su diseño mecánico, eléctrico y electrónico, así como también el proceso de manufactura aplicado.

Se realizó el modelado en 2D del prototipo mediante sistemas computacionales basados en el Código de Dibujo Técnico-Mecánico CPE INEN 003 utilizando la rotulación, vistas, perspectivas, líneas, cortes y secciones, acotación, especificación de materiales y representación de medios de unión para los sistemas mecánicos y automotrices del prototipo de vehículo BEV con sidecar desmontable.

Se realizó el modelado en 3D del prototipo de vehículo BEV con sidecar desmontable fundamentado en la normativa NTE INEN 2656 la cual clasifica los diferentes tipos de transportes en la que detalla que el sidecar se encuentra en la categoría L, subcategoría L4 con el código MTOS la que describe que son vehículos de dos ruedas o tres ruedas con sidecar diseñados con un motor de combustión interna de 50 cm^3 , con una velocidad de diseño superior a los $45 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, cuyo peso sin carga no excede de 400 kg en la que incluye el máximo de 4 plazas de asientos incluida la plaza del conductor en la motocicleta con sidecar y con un máximo de dos plazas de asientos para pasajeros en el sidecar.

Se realizó un análisis estructural del prototipo a partir de sistemas computacionales basados en una guía de simulación para obtener datos específicos de esfuerzos máximos, deformación máxima, designación de cargas muertas, cargas vivas, peso, propiedades de los materiales obteniendo un factor de seguridad Von Mises.

Se efectuó el análisis estático mediante la ingeniería y manufactura asistida tomando en cuenta el peso, masa, gravedad, propiedades de los materiales para análisis del factor de seguridad en relación a cargas muertas y cargas vivas, y como interactuaron en los esfuerzos generados en las zonas que soportan las cargas.

La construcción del prototipo con sidecar BEV consideró la aplicación de la normativa ecuatoriana vigente como: RTE INEN 136 para características generales de diseño y uso, NTE INEN 2558 requisitos a cumplir del sistema de frenado, RTE INEN 011 para neumáticos acorde a su rotulado, NTE INEN 2556 requisitos de espejos retrovisores en motocicletas, NTE INEN 2560 para sistema de alumbrado, NTE INEN 2559 procedimiento para verificar el estado del sistema de ejes y la suspensión, NTE INEN 2557 para verificar el estado del sistema de dirección, entre otras y referidas en la NTE INEN 2477, a cumplir de acuerdo a su uso para circulación terrestre a nivel nacional que se importen, ensamblan y se comercializan en Ecuador.

Se dimensionó y seleccionó el sistema de tracción eléctrica fundamentado en la normativa ISO 6469-1 para el sistema energía del prototipo de vehículo BEV sobre la propulsión eléctrica en lo concerniente a la combinación de motor de tracción eléctrico, electrónica de potencia y controles a razón de la normativa ISO 6469-3 sobre seguridad eléctrica

Se realizó el protocolo de pruebas fundamentado en la norma UNE-EN 61851 sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos con conexión de un vehículo eléctrico a la red de CA por cable de carga desmontable y equipo de alimentación estableciendo la medición de trabajo, ITC-BT-23 para el desarrollo de ensayos de autonomía considerando distancia recorrida, consumo de energía, torque, potencia, arranque en pendiente, velocidad máxima, aceleración máxima en la ruta de prueba teniendo en cuenta aspectos del estado de carga de su pack de baterías.

Justificación e importancia

El desarrollo de este proyecto se enfocó en presentar una alternativa de movilidad eléctrica para afrontar las dificultades de transporte de personas, brindando un transporte eficiente, sustentable y amigable con el medio ambiente y capaz de trasladar hasta tres personas en un vehículo BEV de menor dimensión. Se logró la movilidad requerida ya que se contó con el sistema de tracción totalmente eléctrico siendo capaz de impulsar el prototipo con un sidecar y todos sus ocupantes a bordo.

Debido al costo de los vehículos BEV en Ecuador, es factible económicamente la adquisición de un vehículo BEV relativamente a un vehículo de combustión interna debido a que estos vehículos funcionan con combustibles fósiles mismos que en Ecuador se encuentran en incremento debido al retiro de subsidios del combustible por tal motivo haciendo una comparación entre el consumo de combustible fósiles y el consumo de energía eléctrica resultó más económico cargar las baterías de los vehículos eléctricos pagando directamente en la planilla de luz, logrando la conservación del ambiente, al reducir la utilización de combustible y no emitir gases contaminantes.

Para el desarrollo del prototipo de vehículo BEV a partir de la geometría desarrolla la representación gráfica 2D y 3D del prototipo con todos los componentes ensamblados realizando el análisis de manufactura asistida por computador empleando este método se estableció posibles fallas estructurales en el bastidor, las mismas que fueron consideradas en la fabricación del prototipo con todos los materiales eléctricos y los componentes estructurales, a través de pruebas de campo al prototipo.

El prototipo de vehículo BEV no ocupa demasiado espacio al momento de circular dentro de la ciudad llegando a su destino a tiempo evitando el excesivo tráfico que se ocasionó en las horas pico, por lo cual es una buena opción cambiar un vehículo convencional por un vehículo BEV.

Fue importante que el prototipo de vehículo BEV posea un sidecar desmontable capaz de transportar varias personas, ya que permitió solventar las necesidades de desplazamiento y se adecuó a las diferentes restricciones que se presentaron en su trayectoria.

Con el crecimiento en el mercado de carros eléctricos en el país se abre un espacio a la promoción e implementación de energías limpias, ya no es una imagen de un futuro lejano, es una realidad. Las leyes especifican únicamente beneficios tributarios significativos para autos eléctricos.

Objetivos

Objetivo general

- Investigar el sistema de tracción de la motocicleta con sidecar BEV mediante la construcción de un prototipo vehículo categoría L4 MTOS eléctrico.”

Objetivos específicos

- Fundamentar teórica y científicamente el diseño mecánico, eléctrico y electrónico de vehículos BEV y proceso de manufactura aplicado.
- Realizar el modelado en 2D del prototipo mediante sistemas computacionales basados en el Código de Dibujo Técnico-Mecánico para los sistemas mecánicos y automotrices del prototipo de vehículo BEV con sidecar desmontable.
- Realizar el modelado en 3D del prototipo de vehículo BEV con sidecar desmontable de categoría L, subcategoría L4 con el código MTOS para vehículos de dos ruedas o tres ruedas con sidecar.
- Realizar el análisis estructural y análisis estadístico mediante la ingeniería y manufactura del prototipo a partir de sistemas computacionales basados en una guía de simulación para obtener datos específicos de esfuerzos máximos, deformación

máxima, designación de cargas muertas, cargas vivas, peso, propiedades de los materiales obteniendo un factor de seguridad Von Mises adecuado.

- Construir el prototipo con sidecar BEV considerando la aplicación de la normativa ecuatoriana vigente a cumplir de acuerdo a su uso para circulación terrestre a nivel nacional que se importen, ensamblan y se comercializan en Ecuador.
- Dimensionar el sistema de tracción eléctrica fundamentado en la normativa ISO para el sistema energía del prototipo de vehículo BEV sobre la propulsión eléctrica.
- Realizar el protocolo de pruebas fundamentado en la norma UNE-EN para el desarrollo de ensayos de autonomía que considere distancia recorrida, consumo de energía, torque, potencia, arranque en pendiente, velocidad máxima, aceleración máxima en la ruta de prueba considerando aspectos del estado de carga de su pack de baterías.

Metas

- Generar un diseño óptimo del vehículo categoría motocicleta con sidecar desmontable BEV con un rendimiento del 90% de su sistema de tracción eléctrico.
- Desarrollar un prototipo de vehículo BEV con sidecar de producción nacional con una autonomía de un 70% en comparación a similar eléctrico de mayor comercialización en el Ecuador.

Hipótesis

El prototipo de vehículo eléctrico alcanzará una velocidad de 45 *km/h* con una carga no superior a 400 kg para el desplazamiento de 3 personas con una autonomía de 80 km a una descarga de batería en función de la aceleración con una eficiencia del 80%.

Variables de investigación

Para el proyecto de investigación aplicó las variables como son: variables dependientes y variables independientes.

Variable independiente:

Performance del prototipo de vehículo BEV.

Variables dependientes:

Prototipo de dos ruedas vehículo BEV con sidecar desmontable.

Capítulo II

Fundamento teórico

Bastidor tubular de acero de doble cuna

Según Casajús (2012) este tipo de armazones son más robustos y rígidos, en comparación a los de cuna simple, dado que su estructura es en forma de cuna, por lo que tiende a tener una mayor seguridad y durabilidad (pp. 3).

Figura 2

Bastidor de doble cuna



Nota. La figura representa el bastidor de doble cuna cerrado en color base negro. Tomado de Alonso, M. (2021, 10 agosto). *Chasis doble cuna* [Fotografía]. Directomotor.

<https://directomotor.com/tipos-de-chasis/#respond>.

Basculante doble brazo

Es componente de unión y sujeción, el cual se conecta al amortiguador posterior y al bastidor, ya que aquí van a recaer todos los esfuerzos generados por los ocupantes, al momento de estar en operación (García, 2017).

Figura 3

Horquilla basculante



Nota. La figura representa la horquilla pivote de doble brazo utilizado por un gran porcentaje de motocicletas en la actualidad. Tomado de *Horquilla de brazo oscilante trasera para motocicleta.* (2022). [Fotografía]. AliExpress. <https://es.aliexpress.com/i/32779006888.html#overview>.

Amortiguador telescópico

Según Mezquíriz & Carrera (2016) es un sistema del tren delantero, que está conformado por una barra y una botella, además entre las dos se ubica un muelle, el cual realizará la función de sostener, de tal forma que absorba los esfuerzos y las anomalías que se encuentren en las vías (pp. 13).

Figura 4

Horquilla telescópica vertical



Nota. La figura representa el amortiguador delantero tipo horquilla telescópico vertical empleado en motocicletas de carretera. Tomado de *Amortiguador de motocicleta.* (2022). [Fotografía]. made in china. https://es.made-in-china.com/co_tspemotor/product_Motorcycle-Spare-Part-Motorcycle-Front-Shock-Absorber-for-Gn125_reiygrggg.html.

Amortiguadores a gas

El componente contiene un reservorio de gas o aceite, se encuentra ubicado en la parte superior del mecanismo, de manera que generará una amortiguación óptima, ya que controlará la velocidad con la que se comprime el muelle (Mecánico Automotriz, 2014).

Figura 5

Amortiguadores posteriores de gas



Nota. La figura representa los amortiguadores de gas con un muelle ajustable. Tomado de *Amortiguadores a gas motos universales.* (2022). [Fotografía]. elmotociclista. <https://elmotociclista.com.ar/producto/amortiguadores-a-gas-motos-universal/>.

Sistema de freno de disco

El sistema está conformado por disco ventilado, mordazas, un bocín y un circuito hidráulico, que mejora el frenado considerablemente, además, las pastillas que se unen con las mordazas son reajustables dependiendo al desgaste que tengan (Berja, 2020).

Figura 6

Sistema de frenos de disco



Nota. La figura representa el sistema de frenos de disco empleados en la actualidad del motociclismo. Tomado de Navarro, D. (2022). *Disco ondulado* [Fotografía]. formulamoto. <https://www.formulamoto.es/averias-moto/funcionamiento-mantenimiento-frenos-de-moto/40452.html>.

Gravedad convencional

En la tierra existe una aceleración en los cuerpos que es provocada por la fuerza de gravedad con un valor de $9,81 \frac{m}{s^2}$ (Beer, 2010).

Cargas vivas y cargas muertas

Se refiere al peso de las personas y el peso de toda la estructura analizada respectivamente, ya que, es uno de los factores más importantes al momento de calcular la deformación, de manera que influyen en el análisis estático, para calcular estos datos se facilita la primera ecuación (Hibbeler, 2017).

$$F = m * g \quad (1)$$

Donde:

F = fuerza (N).

m = masa del individuo o de la estructura (kg).

$g = \text{gravedad} \left(\frac{m}{s^2} \right).$

Esfuerzo

Es una reacción que ejerce en contra de la fuerza aplicada al material, es decir las cargas efectuadas van a distribuirse de forma uniforme por todo el mecanismo, y se puede demostrar con la segunda ecuación (Hibbeler, 2017).

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (2)$$

Donde:

$\sigma = \text{esfuerzo normal en cualquier punto del área transversal del material (Pa)}.$

$N = \text{fuerza normal, que actúa a través del centroide del área de la sección transversal (N)}.$

$A = \text{área de la sección transversal de la barra (m}^2\text{)}.$

Desplazamiento

Es la variación de longitud que va a tener un cuerpo al momento de haber estado sometido a una carga, y esto se puede comprobar con la tercera ecuación (Basset Salom, 2016).

$$D = \frac{\Delta L}{L} \quad (3)$$

Donde:

$D = \text{desplazamiento (m)}$

$\Delta L = \text{variación en la longitud de un cuerpo (m)}$

$L = \text{longitud inicial del cuerpo antes de recibir una fuerza externa (m)}$

Factor de seguridad

Es un método para verificar, la seguridad y fuerza que un mecanismo va a soportar al momento de ser aplicado una carga, y esto se puede verificar con la cuarta ecuación (Hibbeler, 2017).

$$F.S = \frac{S_y}{\sigma} \quad (4)$$

Donde:

$F.S$ = factor de seguridad (adimensional)

S_y = límite de fluencia (MPa)

σ = esfuerzo (MPa)

Motor de corriente alterna (CA) sincrónico

El componente contiene imanes permanentes, puesto que es un motor sincrónico, de manera que obtendrá la misma velocidad que la del estator, el cual generara un campo magnético constante, por esta razón se obtiene una relación eficiente de par/ inercia en el motor (López Martínez, 2015).

Figura 7

Motor eléctrico



Nota. La figura representa los componentes que conforma el motor de corriente alterna empleado para motocicletas eléctricas. Tomado de Grin Technologies. (2017). *Direct drive hub motors* [Fotografía]. ebikes. <https://ebikes.ca/learn/hub-motors.html>.

Baterías de ion litio

Los acumuladores, tienen como función almacenar la corriente necesaria y entregar a la unidad de control, para una distribución adecuada de energía; están conformadas por, un ánodo, un cátodo, el electrolito y un separador, dado que estos factores influyen un buen rendimiento y funcionamiento del componente (PELLICER, 1997).

Figura 8

Batería de ion litio



Nota. La figura representa la estructura externa de una batería de ion litio con las conexiones a emplear en el sistema eléctrico. Tomado de Electric Bike Batteries. (2020). *Hot sale low price* [Fotografía]. made in China. <https://m.made-in-china.com/product/Hot-Sale-Low-Price-36V-15ah-Lithium-Ion-Battery-for-Electric-Bike-Batteries-1911812265.html>.

Unidad de control

El controlador, es el encargado de recibir pulsos de la batería, y enviar señales a todos los componentes electrónicos, de manera que controla la potencia o amplificación en todo el sistema (PELLICER, 1997).

Figura 9

Unidad de control



Nota. La figura representa los conductores de cada una de las funciones de los controladores empleados para motocicletas eléctricas. Tomado de H. (2015). *Controlador* [Fotografía].

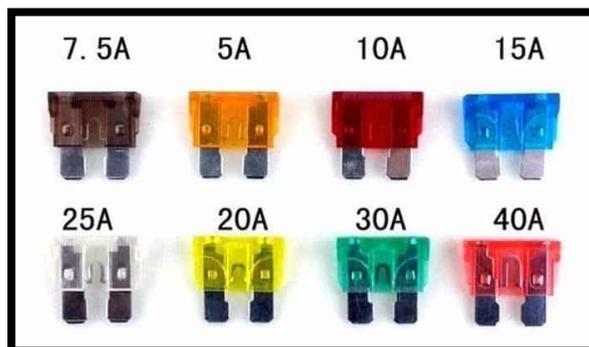
bikelec. <https://www.bikelec.es/blog/controlador/>.

Protector eléctrico

Son los componentes eléctricos, que protegen a los conductores y los elementos del circuito ante un excesivo paso de corriente, lo cual va a depender del material creado para que corte la señal y no permite el funcionamiento correcto de la corriente, en estos casos, deben ser remplazados (Viñas, 2006).

Figura 10

Fusibles enchufables



Nota. La figura representa los valores típicos de corriente permisible en los fusibles según su color de aislante. Tomado de Penna, B. (2021, 15 mayo). *Fusibles utilizados en vehículos* [Fotografía]. ritsasv. <https://www.ritsasv.com/2021/05/15/los-fusibles/>.

El fusible óptimo para proteger un circuito es el que permita el paso de la corriente necesaria y que resista sin de alguna forma llegar a calentarse cuando llegue a su límite, para lo cual existe su clasificación (Viñas, 2006).

Tabla 1

Clasificación de fusibles de automoción

Denominación	Nominal (A)	Color
Fusibles enchufables (universal y maxi)	5	Gris
	20	Azul
	30	Blanco

Nota. Refleja los tipos de fusibles más usuales y su principal aplicación, la cual se diferencian por el color la capacidad de corriente que va a poder abarcar Viñas (2006, p. 22).

Conductores

Se menciona AWG de american wire gauge al tamaño de los conductores que indica según su variación en números del calibre (Floyd, 2007).

Tabla 2

Tamaños American Wire Gauge (AWG)

AWG #	ÁREA mm ² (milésimas in)	RESISTENCIA $\frac{\Omega}{Km}$ a 20°C $\left(\frac{\Omega}{1000\text{ pies}} \text{ a } 20^\circ\text{C}\right)$
10	5,27 (10381)	3.34 (0.9989)

AWG #	ÁREA mm ² (milésimas in)	RESISTENCIA $\frac{\Omega}{Km}$ a 20°C $\left(\frac{\Omega}{1000 \text{ pies}} \text{ a } 20^\circ\text{C}\right)$
14	2.08 (4106.8)	8.45 (2.525)
18	0.823 (1624.3)	20.94 (6.385)

Nota. Calibres utilizados en la parte eléctrica y electrónica del prototipo basado en la referencia AWG de calibre del conductor Floyd (2007, p. 46).

Ley de ohm

Se denomina a la variación que existe entre la tensión mediante un resistor de forma que si aumenta o disminuye la tensión también se reflejará en la corriente, y de igual manera si aumenta o disminuye la resistencia afecta a la corriente como se visualiza en la quinta ecuación (Floyd, 2007).

$$I = \frac{V}{R} \quad (5)$$

Donde:

I= corriente en amperes (A)

V= tensión en volts (V)

R= resistencia en ohms (Ω)

Área y resistencia de un alambre

Para la selección de los alambres, se tiene que verificar cual es el tamaño adecuado para un funcionamiento óptimo, por esta razón se tiene la sexta ecuación (Floyd, 2007).

$$A = d^2 \quad (6)$$

Donde:

$A =$ Área de la sección transversal (mm^2)

$d =$ Diámetro del alambre (mm)

Para calcular la resistencia de los cables se tiene la séptima ecuación.

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (7)$$

Donde:

$R =$ Resistencia de un alambre (Ω)

$\rho =$ Resistividad ($\frac{\Omega}{km}$ a $20^\circ C$)

$l =$ Longitud (mm)

$A =$ Área de la sección transversal (mm^2)

Potencia y energía

Para determinar estos valores, que se encuentran vinculados entre sí, se debe tener en consideración lo que dice Floyd (2007), que la “energía es la capacidad de realizar trabajo, y potencia es la razón de cambio a la cual se utiliza la energía” (p. 98), por lo tanto, se utiliza la sexta ecuación.

$$P = \frac{W}{t} \quad (8)$$

Donde:

$P =$ potencia en watts (W)

$W =$ energía en Joules (J)

$t =$ tiempo en segundos (s)

Para determinar la potencia respecto a otros parámetros se tiene la séptima fórmula.

$$P = I^2 * R \quad (9)$$

Donde:

P = potencia en watts (W)

I = corriente en amperes (A)

R = resistencia en ohms (Ω)

Capítulo III

Análisis del diseño del prototipo sidecar eléctrico mediante software.

La selección de los materiales de cada componente se realizó considerando los requerimientos específicos expresados en los datos obtenidos en referencia al modelado y simulación de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos desarrollados en el software de diseño asistido por computadora.

Diseño mecánico

Para los sistemas mecánicos del vehículo BEV, se generó varias opciones viables para los componentes, ya que comprenden parámetros estandarizados del estudio estático en base al diseño dimensional.

Selección de los sistemas de la motocicleta

Las configuraciones de estudio para el desarrollo del bastidor aplicado al prototipo consideran la configuración a los tipos de bastidores para su determinación en función de una matriz, que consta de aspectos cualitativos y cuantitativos para la selección del material empleado para su modificación.

Tabla 3

Selección de materiales de motocicleta.

Componentes	Factor de selección	Factor de ponderación				Total
		Costo	Peso	Material	Dimensiones	
		0.1	0.2	0.4	0.3	
Bastidor	Simple cuna abierto	x	x	-	-	0.3
	Doble cuna cerrado	x	-	x	x	0.8

Componentes	Factor de selección	Factor de ponderación				Total
		Costo	Peso	Material	Dimensiones	
		0.1	0.2	0.4	0.3	
Platinas	Acero negro	x	x	-	x	0.6
	Acero inoxidable	x	-	x	-	0.5
Varillas	Galvanizada	-	x	x	x	0.9
Roscadas	Acero negro	x	-	x	x	0.8

Nota. La tabla representa la selección de componentes de la motocicleta como son, platinas, varillas roscadas y bastidor mediante factores de ponderación.

De acuerdo a un valor de ponderación sobre 1, el bastidor simple cuna abierto obtuvo un valor de 0.3 y el bastidor doble cuna cerrado de 0.8, por lo que se seleccionó de acuerdo a la geometría y puntos de anclaje en la motocicleta y el sidecar.

En las platinas de acero negro se obtuvo un total de 0.6 y las platinas de acero inoxidable 0.5, debido a que fue necesario ese material para el soporte de las baterías y los controladores dentro de la motocicleta.

Del análisis mediante un valor de ponderación total de 1, las varillas roscadas galvanizadas consiguieron una ponderación de 0.9 y las varillas roscadas en acero negro una ponderación de 0.8, precisas para mantener las baterías fijas a su base.

Se considera que el bastidor del anexo 3 para la motocicleta a partir del cumplimiento de parámetros como material y dimensiones son fundamentales en la disminución del peso evitando pérdidas o factores que influyen en el sistema de tracción eléctrica, gracias al material de fabricación original para pasar a la etapa de productividad primordialmente la adaptación y seguridad de las sujeciones de los elementos eléctricos y electrónicos del prototipo de vehículo BEV.

Figura 11

Bastidor doble cuna cerrado.



Nota. En la figura se visualiza la estructura donde se ubica las baterías, convertidores, y controladores en el bastidor de la motocicleta.

Las platinas de acero negro, está acorde a los parámetros y dimensiones para soportar la carga de las baterías que demandan una gran rigidez, los controladores que permanecen estáticos por cualquier tipo de desconexión y fisura en el cableado del sistema, los puntos de anclaje entre los dos bastidores para una mejor estabilidad de la motocicleta y el sidecar, para mantener estos componentes fijos en la parte interna del bastidor de la motocicleta.

Figura 12

Platinas en las bases de baterías, controladores y puntos de anclaje.



Nota. Los recuadros detallan los soportes para las baterías dando así una mayor estabilidad y los círculos muestran los soportes del convertidor y los controladores, que se encuentran en interacción con el bastidor de la motocicleta.

De este modo las varillas roscadas galvanizadas del anexo 5 en vista a la ejecución de los parámetros como peso y material que son primordiales para la fijación de las baterías a la base considerando la refrigeración y estabilidad necesarias, a la vez forman un solo conjunto compacto en el momento de circulación del prototipo BEV, similar a los vehículos convencionales permitiendo el fácil acceso para el mantenimiento indicado en el manual.

Figura 13

Varillas roscadas galvanizadas fijando baterías.



Nota. La varilla roscada señalada en color rojo se encuentra sosteniendo las baterías mediante tuercas de presión, brindando seguridad y firmeza.

Considerando las diferentes alternativas de los amortiguadores delanteros como telescópicos verticales y de horquillas invertidas los valores de selección de 0.8 y 0.7 respectivamente del valor total de 1, fundado en la implementación en la horquilla superior de la dirección de la motocicleta.

En la sección de amortiguadores posteriores de acuerdo a las bases en el bastidor de la motocicleta se obtiene de 0.7 y 0.6 del valor global de 1 respecto a la configuración de gas o hidráulicos.

Para la elección del valor general de 1 consecuentemente el basculante doble brazo con porcentaje de 0.9 por la amortiguación dependiente de la rueda y el bastidor, en relación al basculante mono brazo con porcentaje de 0.7 que no cumple con los parámetros generales. Del estudio sobre tipos de aros delanteros y posteriores de aspas o radios siendo 1 el total, examinando la sencilla adaptación del motor eléctrico para atrás, en consecuencia, se designa 0.5 y 0.7 en el mismo orden; en la parte delantera fue 0.6 y 0.5 correspondiente al diseño original de la motocicleta.

Los frenos de disco fundamentados en características como mejor disipación de calor y adaptación al motor con valor de 0.9 en los aros de la motocicleta, obviando los frenos de tambor con valor de 0.5 por ser un sistema anticuado en relación al valor global de 1.

La matriz indica 1 para la totalidad de ponderación en el caso de los neumáticos tipo TRAIL indicaron 0.8 mientras que el tipo carretera 1 por mantener su buena adherencia con el asfalto de la vía.

Tabla 4

Selección de los elementos mecánicos de la motocicleta.

Componentes	Factor de selección	Factor de ponderación				Total
		Costo	Peso	Material	Dimensiones	
		0.1	0.2	0.4	0.3	
Amortiguadores	Telescópica vertical	x	-	x	x	0.8
	Delanteros	x	x	x	-	0.7
Amortiguadores	Horquillas invertidas					
	Gas	x	x	x	-	0.7
Posteriores	Hidráulico	-	x	x	-	0.6

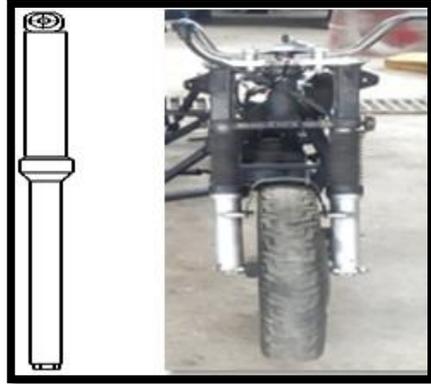
Componentes	Factor de selección	Factor de ponderación				Total
		Costo	Peso	Material	Dimensiones	
		0.1	0.2	0.4	0.3	
Basculante	Mono brazo	-	-	x	x	0.7
	Doble brazo	-	x	x	x	0.9
Aro posterior	Aspas	-	x	-	x	0.5
	Radios	x	x	x	-	0.7
Aro delantero	Aspas	x	x	-	x	0.6
	Radios	x	-	x	-	0.5
Freno delantero	Tambor	x	-	x	-	0.5
	Disco	-	x	x	x	0.9
Freno posterior	Tambor	x	-	x	-	0.5
	Disco	-	x	x	x	0.9
Neumáticos	Trail	x	-	x	x	0.8
	Carretera	x	x	x	x	1

Nota. La varilla roscada señalada en color rojo se encuentra sosteniendo las baterías mediante tuercas de presión, brindando seguridad y firmeza.

Para amortiguar la variación del asfalto o el mal estado de las vías, los amortiguadores delanteros telescópicos verticales detallados en el anexo 7 proporcionan una conducción ergonómica y estable al cumplir con parámetros fundamentales de peso y dimensiones ante el bajo costo de adquisición en venta de repuestos y óptimos para las dimensiones originales de la horquilla superior del sistema de dirección de la motocicleta.

Figura 14

Amortiguadores delanteros de la motocicleta.



Nota. La representación del amortiguador en el lado izquierdo muestra el diseño en 2D, y el lado derecho representa la instalación en las horquillas delanteras del bastidor de la motocicleta.

Los amortiguadores posteriores de gas son elementales para amortiguar la carga de los dos ocupantes en la motocicleta ya que demandan una gran suavidad para mantenerse estable proporcionando confort al conducir por cualquier tipo de vía.

Figura 15

Amortiguadores posteriores de la motocicleta.



Nota. A la izquierda se observa la geometría del amortiguador posterior, a la derecha representa la ubicación y movilidad del amortiguador sin ninguna carga.

El basculante doble brazo posterior en vista a la ejecución de los parámetros como material y dimensiones que es primordial para la ubicación fija del eje del motor eléctrico con sus agregados que conforman el sistema de tracción y freno indispensables para la operación correcta del prototipo tomando en cuenta que no exista libertad de movimiento ya que la potencia es fuerte y puede ocasionar accidentes.

Figura 16

Basculante doble brazo posterior de la motocicleta.

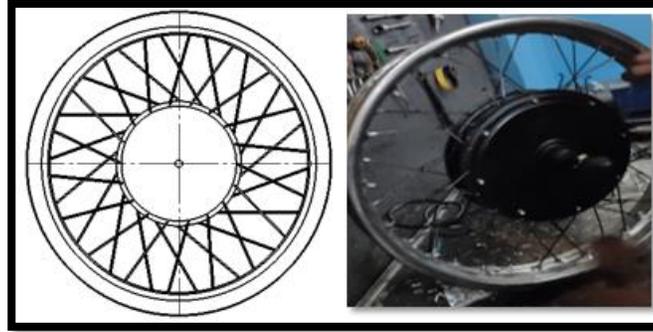


Nota. Del diseño de la estructura de la horquilla o basculante posterior, se adaptó para la sujeción al bastidor de la motocicleta y de los ejes de motores eléctricos.

Examinando la adaptación del perfil del aro con el contorno del motor eléctrico se modificó todos los radios a la distancia que permite centrar el motor; para cumplir con los parámetros como material y dimensiones es fundamental el bajo costo de adquisición en repuestos de motocicletas convencionales.

Figura 17

Aro posterior de radios en la motocicleta.



Nota. Para la adaptación del aro posterior con el motor eléctrico en los aros con radios, se utilizó un método de radios cruzados para así obtener seguridad al momento de la tracción directa del motor eléctrico.

Al aplicar las variables como material y dimensiones del aro delantero de aspas son elementales por la similitud de rin 18 del aro posterior para que exista simetría de la motocicleta, en base al diseño y la distancia entre eje de los amortiguadores delanteros es muy limitado la ampliación de sus dimensiones como alto y ancho.

Figura 18

Aro delantero de aspas en la motocicleta.



Nota. En el aro delantero de la motocicleta se puede constatar la geometría que posee para centrar los amortiguadores delanteros y la instalación del freno disco.

Los indicadores de material y dimensiones permitieron sintetizar sobre la seguridad de los ocupantes debido a las prestaciones que ofertan los frenos de disco al soportar la abrasión de

las pastillas mejorando la conducción y el control del vehículo BEV ante cualquier eventualidad para no sufrir ni causar accidentes de tránsito.

Figura 19

Freno de disco delantero de la motocicleta.



Nota. Se muestra el freno de disco delantero con configuración para hiperventilación con sus respectivas sujeciones en el aro permitiendo un frenado instantáneo.

En el frenado de tipo electrohidráulico se consideró que el freno de disco posterior para la motocicleta se adapte en el lado izquierdo del motor eléctrico permitiendo una disminución de velocidad mecánica y eléctricamente; orientado por aspectos como material y dimensiones.

Figura 20

Freno de disco posterior en la motocicleta.



Nota. El freno de disco posterior se encuentra adaptado al motor eléctrico, conjuntamente con el freno eléctrico, ya que el mecanismo va a estar acoplado a la horquilla posterior.

Los accionamientos de los frenos hidráulicos y electrohidráulicos permiten la respuesta inmediata ante cualquier eventualidad emergente, deteniendo los discos del vehículo mediante la actuación del fluido hacia las pastillas y restringiendo el flujo de corriente hacia los motores eléctricos posteriores.

Figura 21

Mandos del freno delantero y posterior.

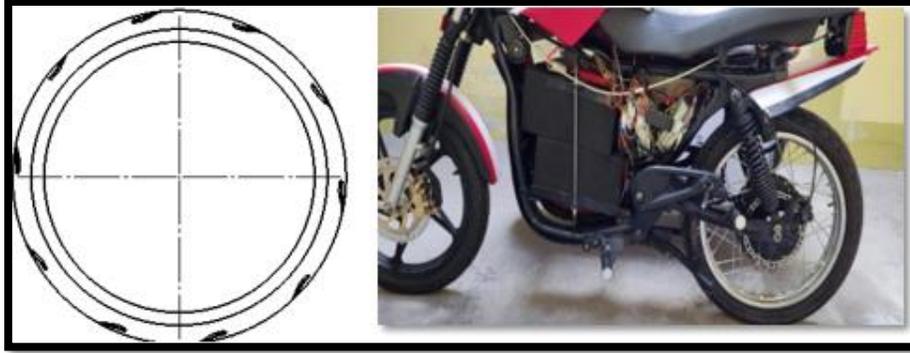


Nota. En la figura se exponen los comandos de los frenos electrohidráulicos instalados en el volante de la motocicleta.

Los neumáticos contienen parámetros como material y dimensiones son elementales para la óptima adherencia con el asfalto de la vía, contando con el labrado que es ideal para varios tipos de terreno en lo concerniente para soportar el peso de los ocupantes de la motocicleta.

Figura 22

Neumáticos de carretera en la motocicleta.



Nota. En la representación de los neumáticos se observa la simetría que permite mantener una altura homogénea en la parte delantera y posterior.

Selección de sistemas sidecar

La tubería redonda de diámetro 22.20 milímetros con espesor de 2 milímetros obtuvo un valor de 0.9 y tubería estructural redonda de diámetro 21.30 milímetros con espesor de 2.65 milímetros una ponderación de 0.5, ya que en el diseño y construcción fue indispensable el de menor diámetro y espesor con la finalidad de disminuir peso del sidecar.

La tubería cuadrada de 30 milímetros con espesor de 1.5 milímetros tiene adquirieron una ponderación de 0.5 y la tubería estructural cuadrada de 30 milímetros con espesor de 2 milímetros una ponderación de 0.7, debido a que se estandarizo todo el bastidor del sidecar se ocupó las tuberías estructurales con espesores de 2 milímetros.

La varilla redonda lisa de diámetro de 8 milímetros, de material ASTM A36M obtuvo una ponderación de 0.7 y la varilla redonda lisa del mismo diámetro y material ASTM A36 una ponderación de 0.8, precisa para soportar el peso del ocupante del sidecar al subir y bajar del móvil.

Del anexo 4 se optó la tubería estructural redonda de 22.20 milímetros con espesor de 2 milímetros ya que cumple con factores como material y dimensiones que son fundamentales en la reducción de peso total del sidecar debido a que este tipo de tubería forma parte de la mayoría de la estructura superior brindando seguridad al habitáculo del ocupante

conjuntamente con las propiedades mecánicas del material que el fabricante indica en acero ASTM A36 para la fabricación mediante los procesos de manufactura como corte, doblado y soldadura; generando un ensamble compacto.

Tabla 5

Selección de materiales del sidecar

Componentes	Factor de selección	Factor de ponderación				Total
		Costo	Peso	Material	Dimensiones	
		0.1	0.2	0.4	0.3	
Tubería	Ø 22.20 mm espesor 2 mm	-	x	x	x	0.9
estructural						
redonda	Ø 21.30 mm espesor 2.65 mm	x	-	x	-	0.5
Tubería	30 mm espesor 1.5 mm	-	x	-	x	0.5
estructural						
cuadrada	30 mm espesor 2 mm	-	-	x	x	0.7
Varilla redonda	Ø 8 mm ASTM A36	-	-	x	x	0.7
lisa	Ø 8 mm ASTM A36	x	-	x	x	0.8

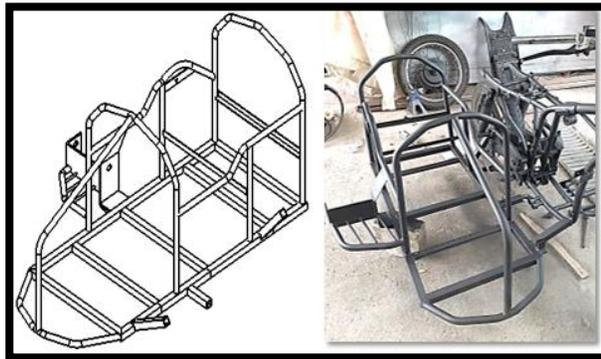
Nota. La tabla representa la selección de los materiales mecánicos que van a conformar el sidecar, para lo cual se hace la elección mediante factores de ponderación como costo, peso, material y dimensiones.

Con las características de la tubería estructural cuadrada de 30 milímetros con espesor de 2 milímetros los indicadores proporcionan analizar el anexo 4 las propiedades mecánicas del

material, para determinar el soporte de cargas superiores y del ocupante, debido a que demandan una gran rigidez y la formación de un solo conjunto sólido para reducir el peso neto del sidecar.

Figura 23

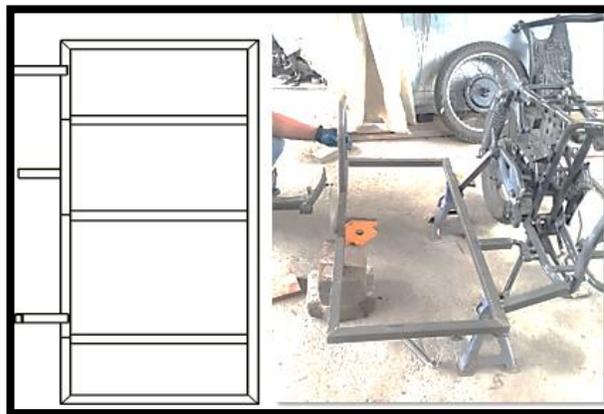
Bastidor superior del sidecar.



Nota. En el diseño en 3D, se detalla las bases compactas, para la fabricación de la estructura de manera que brinde seguridad al ocupante.

Figura 24

Tubería estructural cuadrada ASTM A36.

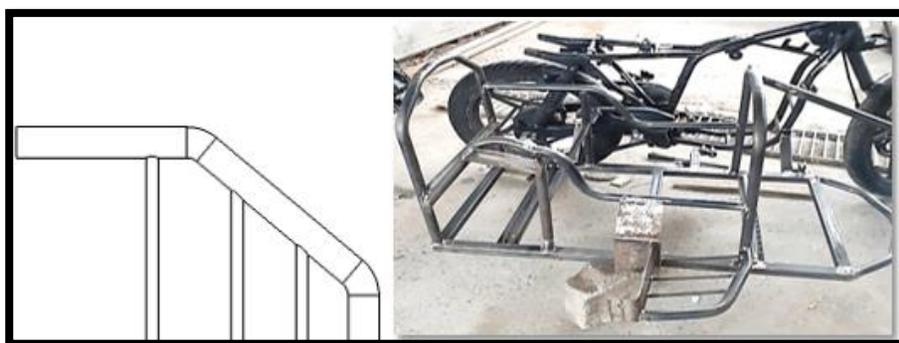


Nota. Para la construcción de la base del sidecar, se realizó con las medidas adecuadas del modelado 2D, de esta manera se elaboraron los acoples para una correcta adaptación a la motocicleta.

La tabla 5 se considera aspectos como peso y material que son primordiales en la selección de la varilla redonda lisa del anexo 6; para el prototipo deben soportar las cargas, cuando el ocupante suba y baje del sidecar ya que es la zona que va a sufrir la carga inicial y final.

Figura 25

Varilla redonda lisa en apoya pie de sidecar.



Nota. Se juntó la base del apoya pie al bastidor del sidecar con las platinas de acero para soportar el peso del ocupante al subirse al sidecar.

Tabla 6

Selección de componentes mecánicos de sidecar.

Componentes	Factor de selección	Factor de ponderación				Total
		Costo	Peso	Material	Dimensiones	
		0.1	0.2	0.4	0.3	1
Basculante	Mono brazo	-	-	x	-	0.4
	Doble brazo	x	x	-	x	0.6

Componentes	Factor de selección	Factor de ponderación				Total
		Costo	Peso	Material	Dimensiones	
		0.1	0.2	0.4	0.3	
Amortiguador	Hidráulico	x	-	x	x	0.8
	Gas	-	x	x	-	0.6
Aro	Radios	x	-	x	x	0.8
	Aspas	-	-	x	x	0.7
Neumático	Trail	x	-	x	-	0.5
	Carretera	-	x	x	x	0.9
Freno	Disco	x	x	x	-	0.7
	Tambor	x	-	-	x	0.4

Nota. Se realiza la selección adecuada de los elementos que conforman los sistemas mecánicos del sidecar, a partir de factores cualitativos y cuantitativos.

Para la selección de los componentes mecánicos del sidecar se realizó una matriz de selección múltiple en el cual se determina dos posibles elementos que pueden conformar el mecanismo.

El basculante mono brazo alcanzó una ponderación de 0.4 y el basculante doble brazo de 0.6, preciso para mantener una buena amortiguación entre la rueda y el bastidor del sidecar.

El amortiguador hidráulico adquirió un valor de 0.8 y el de gas de 0.6, debido a que fue necesario a partir de las bases del bastidor del sidecar, el cual era indispensable para la amortiguación de la estructura.

Los aros de radios obtuvieron un valor de 0.8 y el de aspas de 0.7, dada la necesidad de adaptar el motor eléctrico para tener un buen par y fijeza al piso.

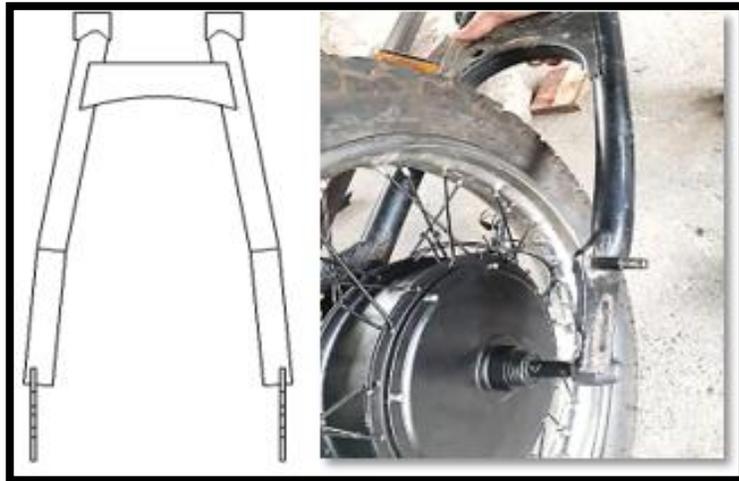
Los neumáticos TRAIL consiguieron un valor 0.5 y los de carretera de 0.9, precisos para mantener una buena adherencia con el asfalto de la vía.

El freno de disco obtuvo una ponderación de 0.7 y el de tambor de 0.4, ya que el sistema de freno de disco es adaptable a la parte lateral del motor eléctrico y permite frenarlo mecánicamente.

Se seleccionó el basculante de doble brazo para el sidecar ya que cumple con los parámetros de peso y dimensiones para una sujeción adecuado al bastidor del sidecar, considerando costo de adquisición y facilidad en la instalación.

Figura 26

Basculante de doble brazo del sidecar.



Nota. De la geometría de la horquilla posterior del sidecar, se realizó la instalación en el motor eléctrico para adaptar en el conjunto del sidecar.

Para el amortiguador hidráulico se empleó los factores como material y dimensiones, elementales para amortiguar la carga del ocupante en el sidecar ya que demandan una gran rigidez para mantenerse estable proporcionando confort a la persona en su trayecto por cualquier tipo de carretera.

Figura 27

Amortiguador hidráulico del sidecar.



Nota. Se diseñó el plano del amortiguador hidráulico, el cual proporcionará la dirección correcta para la instalación del sistema de suspensión del sidecar, considerando los soportes que lo van a sostener, para mejorar el estado de confort del ocupante.

El aro de radios es ideal para el neumático del sidecar, ya que cumple con los parámetros como material, dimensiones y normativas, fundamentales para la instalación del motor eléctrico.

Figura 28

Aro de radios en el sidecar.

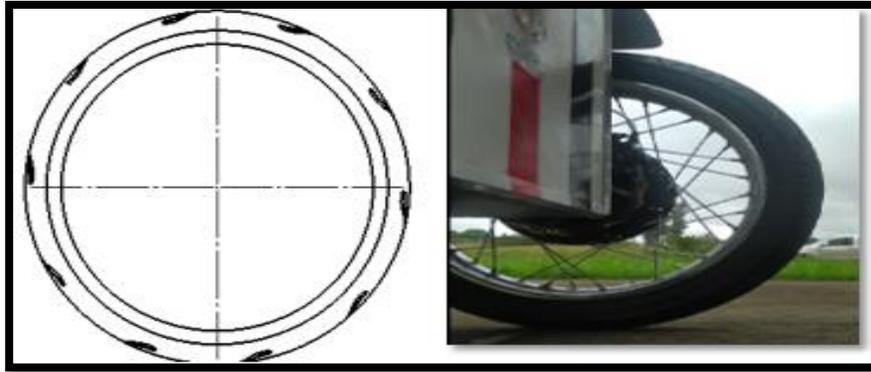


Nota. Se representa el boceto y la adaptación de los radios al motor eléctrico del sidecar.

El neumático de carretera cumple con las medidas que son 140/70 R17 requeridas para la adaptación al aro de radios para que exista simetría de todo el vehículo BEV.

Figura 29

Neumático de carretera en el sidecar.



Nota. La figura representa el diseño del neumático de carretera y la instalación en el lado derecho del sidecar.

El freno de disco para el sidecar desempeña los requisitos de material y dimensiones, dando así una mayor seguridad del ocupante, considerando la adaptación con el motor eléctrico en su contorno para que permita el frenado suave.

Figura 30

Freno de disco en el sidecar.



Nota. La adaptación del freno del disco a la carcasa del motor eléctrico, y la mordaza a la horquilla del sidecar.

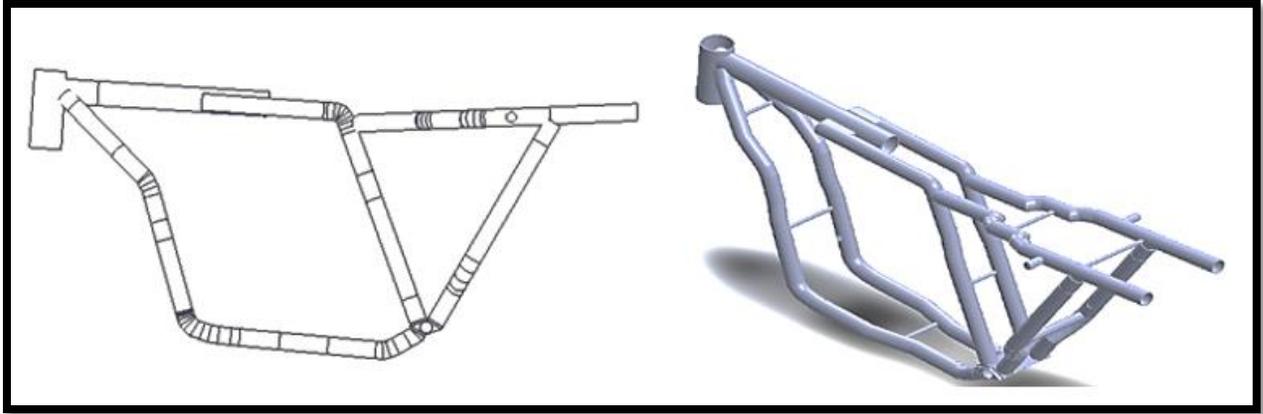
Modelado en 2D y 3D

El diseño que cumple con los estándares y normas para un óptimo funcionamiento del móvil eléctrico de tres ruedas, toma en cuenta los elementos y accesorios instalados en la motocicleta para un desempeño eficiente; se procedió a modelar el chasis en 2D y 3D para apreciar de mejor manera las dimensiones y características de la estructura.

En el diseño de la motocicleta se consideró aspectos importantes como diámetros y espesor del tubo principal; puesto que no debe existir ninguna obstrucción para la distribución de los elementos electrónicos.

Figura 31

Chasis de la motocicleta en 2D y 3D



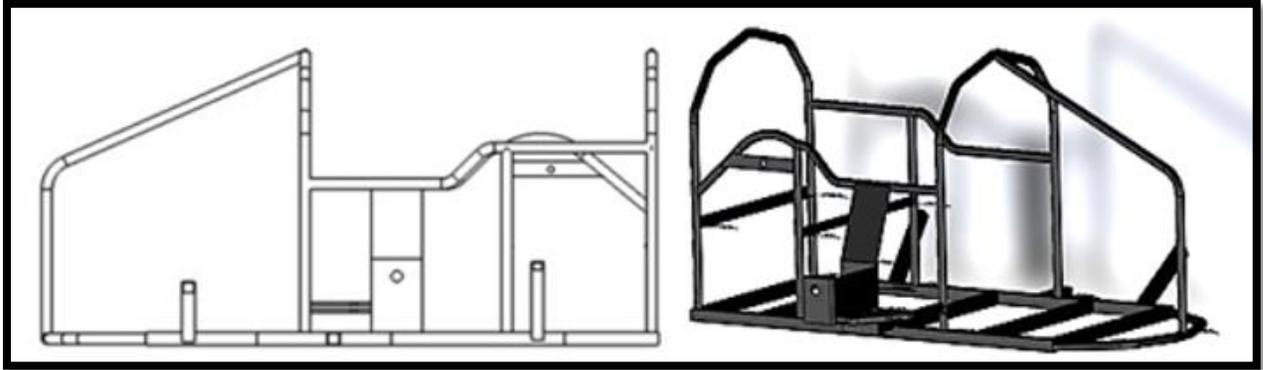
Nota. Se visualiza un diseño bidimensional y tridimensional del bastidor de la motocicleta con modificaciones para la adaptación de los componentes eléctricos y electrónicos.

El modelo 2D del bastidor comprende la base, caras posterior y delantera, derecha, izquierda, frontal inferior, frontal superior, base asiento, placas frontal y lateral, apoya pie de un bastidor de sidecar que está plasmado en una representación gráfica detalla las medidas de la estructura y soldas utilizados en las uniones.

Para el modelo 3D del bastidor de sidecar se desarrolló en software computacional CAD, mediante el ensamble de componentes estructurales, que detalla parámetros realizados en 2D y materiales utilizados para la construcción posterior de cada elemento que conforma el bastidor.

Figura 32

Chasis del sidecar en 2D y 3D



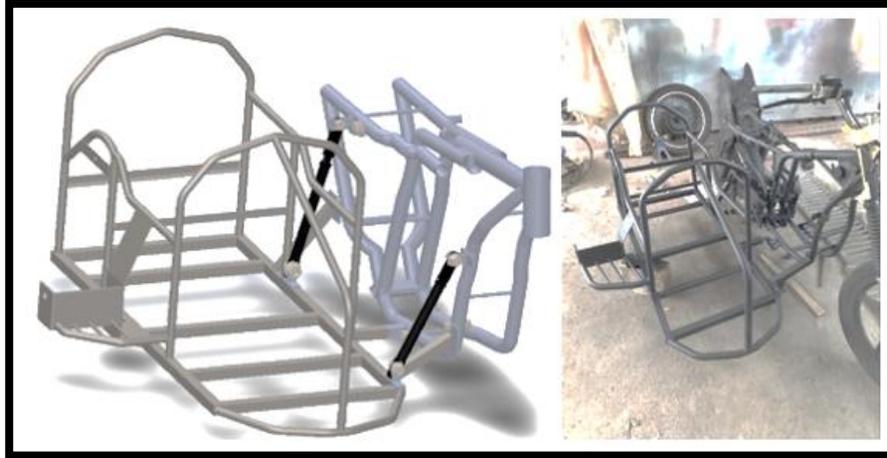
Nota. Diseño en 2D y 3D del bastidor del sidecar con los elementos del mecanismo de sujeción, sistema de suspensión y soporte de cargas.

Para el diseño y construcción de las sujeciones, se observó los bastidores de la motocicleta y sidecar, para una ubicación adecuada, puesto que debe ser fácil de desmontar y no tener inconvenientes al momento de movilizarse en ruta.

El gobierno de fijación para unir el bastidor de la motocicleta con la armazón del sidecar, se realizó varias sujeciones, de manera que absorba los esfuerzos generados por las irregularidades de la superficie de circulación del vehículo eléctrico, las mismas que están acopladas al sistema de amortiguación de la motocicleta, para que cuando tenga un esfuerzo entre los dos componentes no se observe mayor deformación, sin perder las prestaciones de confort para el conductor y el acompañante.

Figura 33

Chasis de la motocicleta con sidecar con mecanismos de sujeción.



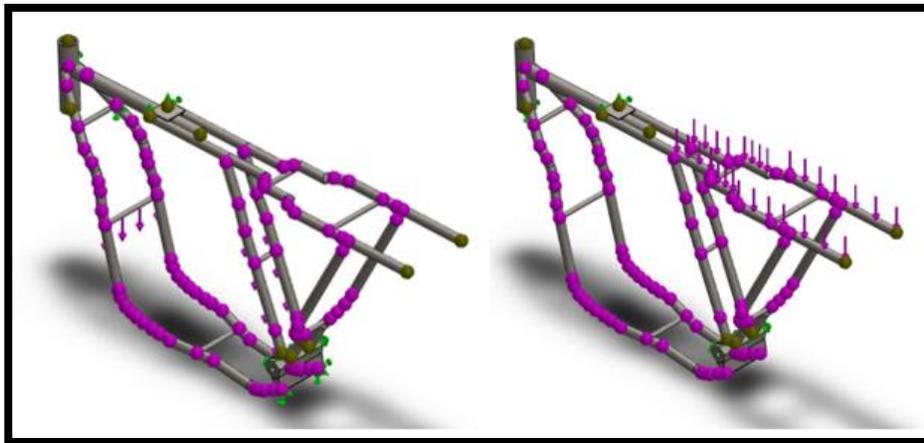
Nota. Del modelado de los armazones adaptado mediante los acoples mecánicos del mecanismo de sujeción, se fabricó y ensambló los componentes mediante con su respectivo empernado.

Simulación de la motocicleta

El análisis estático en la motocicleta, se realizó una simulación computarizada, que permite determinar y visualizar las fuerzas producidas en el bastidor de la motocicleta, al aplicar fuerzas de cargas vivas de 588.6 N y unas cargas muertas de 343.35 N en cada uno de las sujeciones adaptadas en el chasis; esto permite apreciar deformaciones, desplazamientos y factor de seguridad de la estructura del bastidor de la motocicleta.

Figura 34

Distribución de cargas vivas y cargas muertas.

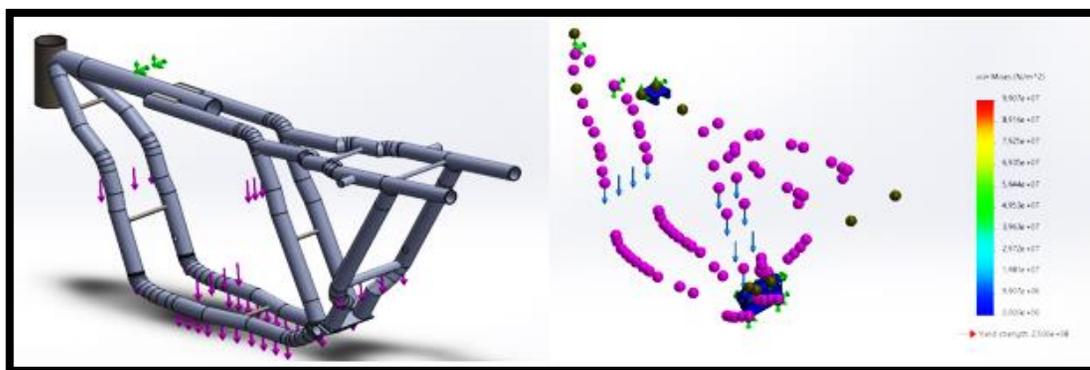


Nota. En la figura se representa las fuerzas ejercidas en el bastidor de la motocicleta para la simulación de esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad.

La tensión producida al aplicar una fuerza de 343.35 N corresponden a las cargas muertas en la sujeción de las baterías, controladores, y otros accesorios que da lugar a una tensión máxima de $9.907 \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$, adecuados para la construcción y desempeño del bastidor conforme material original aplicado en el bastidor doble cuna cerrado de la motocicleta.

Figura 35

Esfuerzo efectivo de Von Mises de motocicleta con cargas muertas.

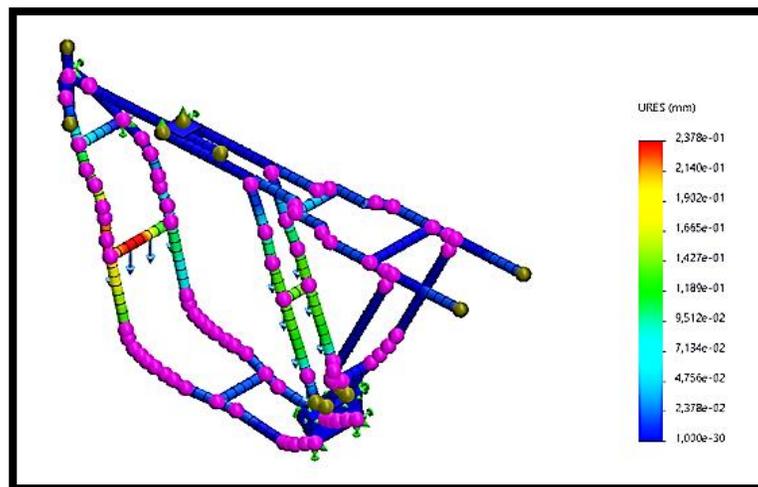


Nota. Los resultados del estudio de esfuerzo efectivo de Von Mises aplicado las cargas muertas al bastidor de la motocicleta; el mayor esfuerzo en la parte inferior se genera donde soporta el peso de las baterías.

El desplazamiento máximo del chasis de la motocicleta es de 0.2378 mm en la zona afectada por las fuerzas de las cargas muertas de las baterías, controladores y accesorios, siendo esta una deformación permisible para la estructura, la cual resistirá el peso aplicado de 343.35 N .

Figura 36

Desplazamiento de la motocicleta con cargas muertas.

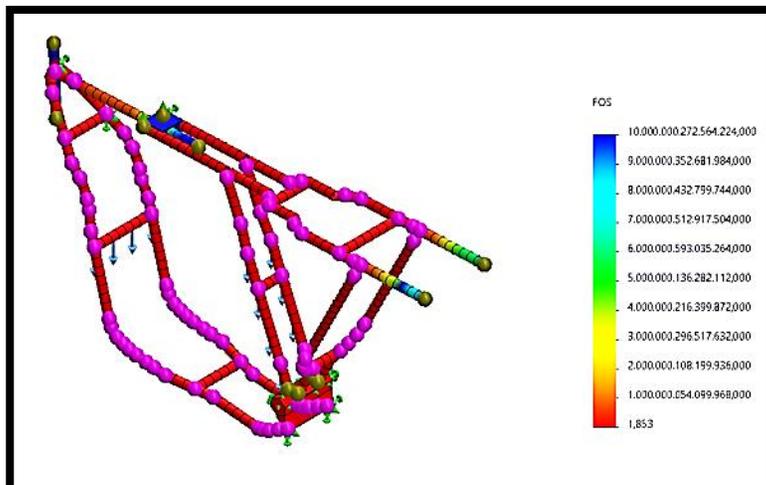


Nota. En el estudio de desplazamientos se verifica mediante una variación de valores al aplicar las cargas muertas a la estructura interna.

El factor de seguridad recomendado para un bastidor de motocicleta debe ser ≥ 1 debido a las prestaciones y propiedades mecánicas de los materiales utilizados, de manera que la simulación del chasis tiene un factor de seguridad (FOS) máximo de 1.853, dando así la certeza que tendrá un funcionamiento eficaz.

Figura 37

Factor de seguridad de la motocicleta con cargas muertas.

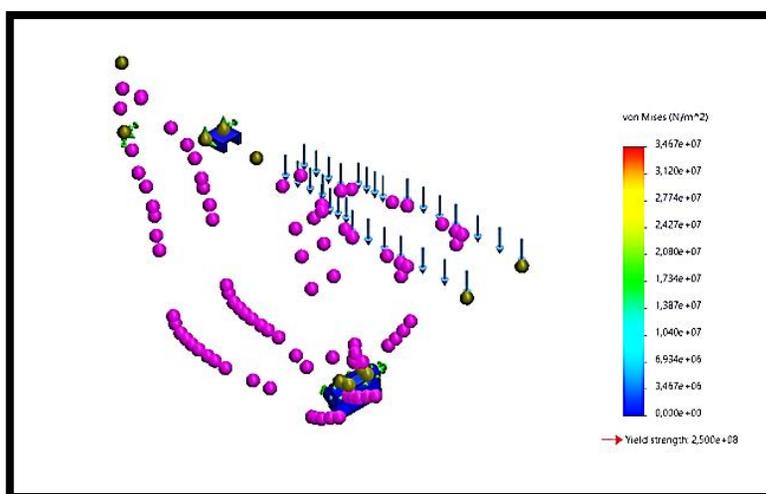


Nota. Al realizar el estudio el bastidor se encuentra con un óptimo factor de seguridad según el diseño del fabricante.

En el bastidor también se van a generar fuerzas de cargas vivas de 588.6 N la sujeción del asiento, dando como resultado una tensión máxima de $3.467 * 10^7 \frac{N}{m^2}$ que se considera adecuado para la construcción y desempeño del bastidor.

Figura 38

Esfuerzo efectivo de Von Mises de la motocicleta con cargas vivas.

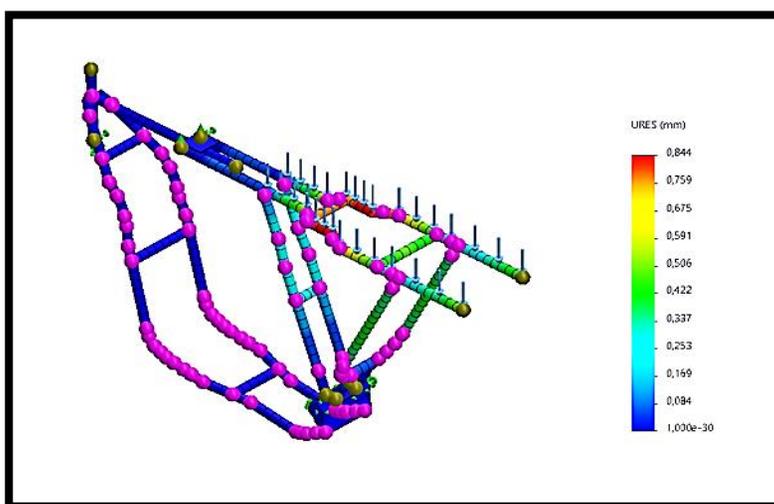


Nota. Se realizó el estudio de esfuerzo de Von Mises en la base del asiento aplicando el peso de los ocupantes, obteniendo un valor mínimo.

El desplazamiento máximo del bastidor de la motocicleta es de 0.844 mm incidiendo las fuerzas de las cargas vivas que ejercen en el soporte del asiento, siendo esta una deformación permitida de la estructura, la que está capacitada para resistir una mayor carga.

Figura 39

Desplazamiento de la motocicleta con cargas vivas.

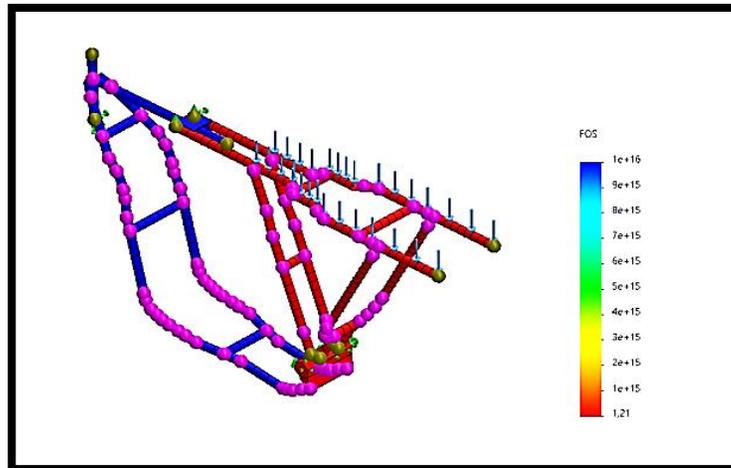


Nota. Por la influencia de las cargas aplicadas existe un desplazamiento considerable en la parte posterior del chasis.

De la simulación por ingeniería asistida por computador se obtiene un factor de seguridad de 1.21, puesto que supera los índices de seguridad para el conductor y los acompañantes.

Figura 40

Factor de seguridad de la motocicleta con cargas vivas.



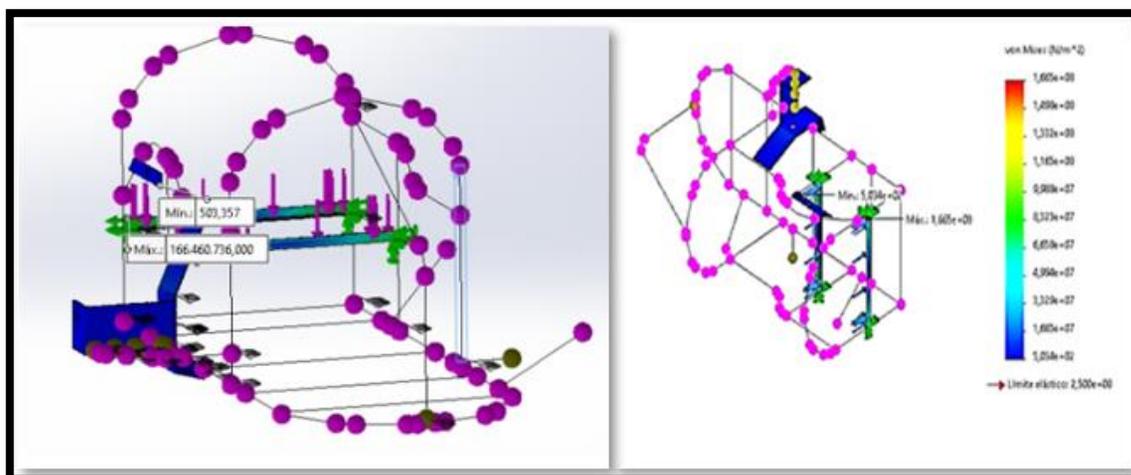
Nota. Aplicando las fuerzas de cargas vivas, el soporte del asiento tiene un coeficiente de seguridad adecuado para la sostenibilidad de los ocupantes.

Simulación del sidecar

En la representación del bastidor figura 41, se visualiza los esfuerzos máximos de 166 MPa y esfuerzos mínimos de 0.503 MPa , a través de la simulación computarizada por CAE aplicando la teoría de Von Mises, los valores no superan la fluencia del material de construcción de 250 MPa , por lo cual no existirá deformaciones por las cargas.

Figura 41

Esfuerzo efectivo de Von Mises aplicando cargas vivas.

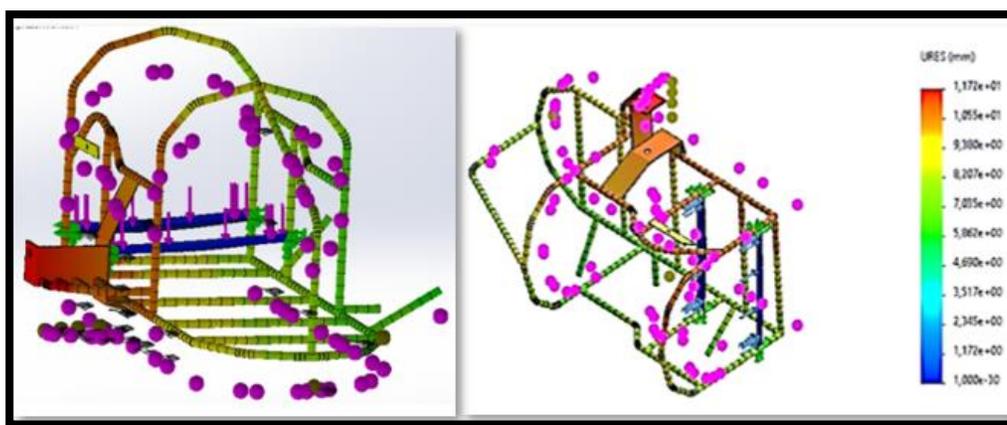


Nota. En la figura se observa la distribución de cargas en la parte superior de la base del asiento del ocupante en la estructura y la representación gráfica de los valores obtenidos.

En la figura 42 se observa el desplazamiento máximo de 11.72 mm se produce en la base del asiento del sidecar; ya que en la parte central de la estructura es donde esta aplicada la mayoría de las cargas muertas.

Figura 42

Desplazamiento aplicando cargas vivas.

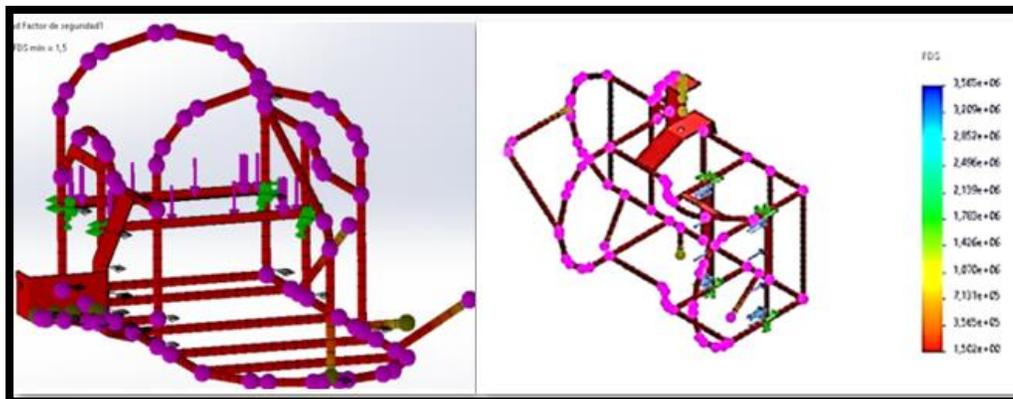


Nota. El perfil experimento el desplazamiento moderado al soportar la carga viva del ocupante siendo un factor accesible para el dimensionamiento en la estructura.

El factor de seguridad máximo de 3.5 y mínimo de 1.5 figura 43, resultado da una respuesta favorable al diseño, el coeficiente de seguridad de ≥ 1 supera el límite se obtiene un modelo seguro para la construcción el prototipo BEV.

Figura 43

Factor de seguridad de sidecar con cargas vivas.

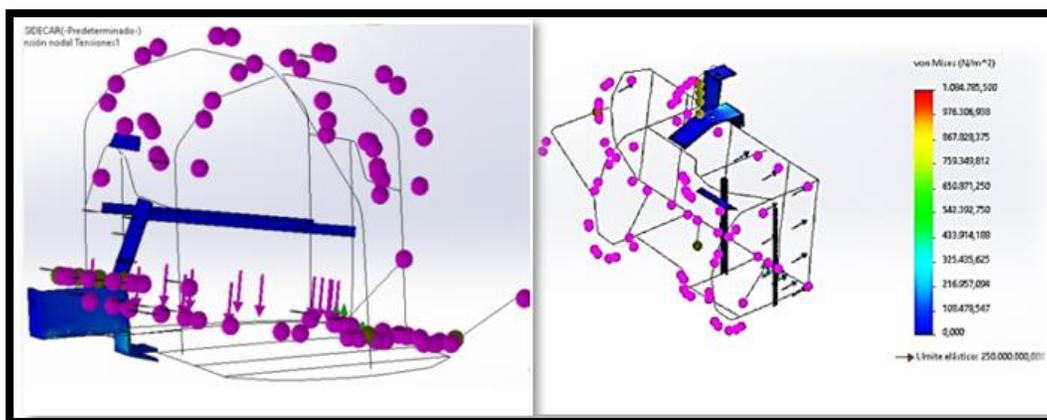


Nota. En la figura se observa el FDS (factor de seguridad) mínimo y el máximo, equivalente a un diseño adecuado para resistir la aplicación de las fuerzas

Uno de los esfuerzos máximos del batidor del sidecar es de 1.085 MPa , calculado por el programa CAE mediante la teoría de Von Mises, valor que no supera la fluencia del material que es de 250 MPa .

Figura 44

Esfuerzo efectivo de Von Mises de sidecar con cargas muertas.

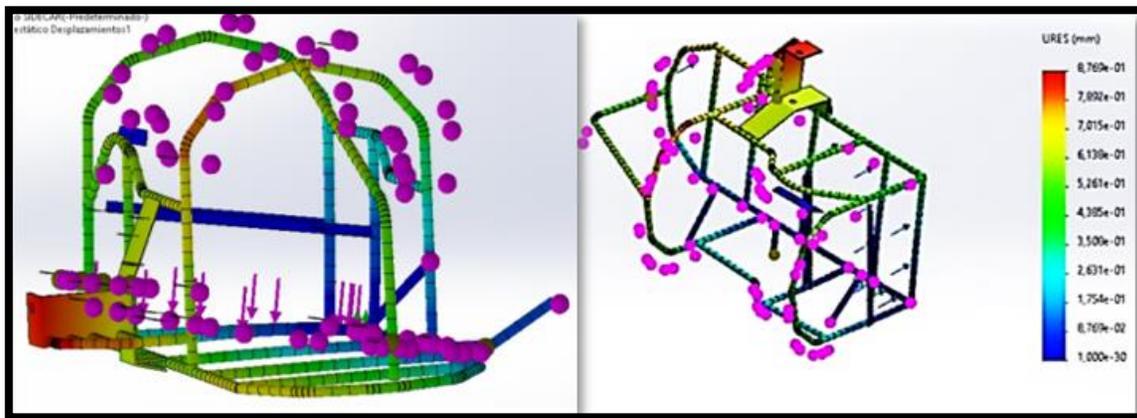


Nota. Se detalla las cargas distribuidas en la parte superior de la base del sidecar que soporta el peso de la caja de herramientas.

Para la simulación del desplazamiento se generó en el sistema de software libre por computador figura 45, se obtiene un máximo desplazamiento de 0.87 mm; siendo este un valor mínimo para las fuerzas que interactúan con el bastidor.

Figura 45

Desplazamiento del sidecar con cargas muertas.

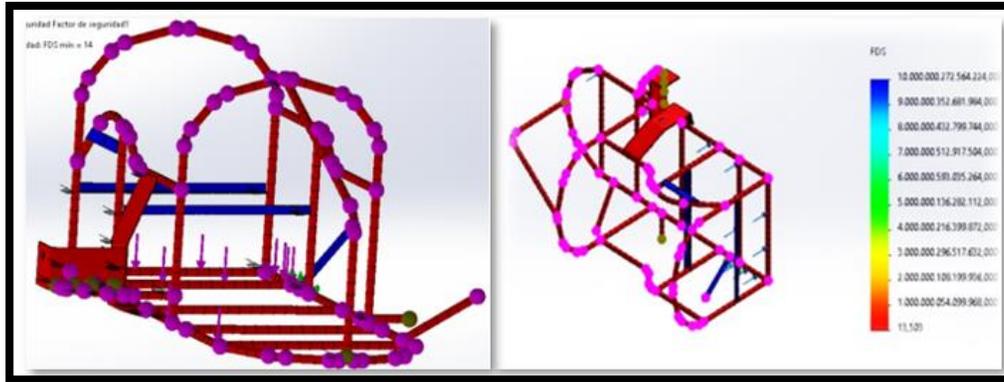


Nota. El desplazamiento efectuado en la zona inferior del asiento presenta un desnivel por tolerar el almacenamiento de útiles de mantenimiento.

El coeficiente de seguridad en el bastidor del sidecar es de 13.5 como máximo y de 10 como mínimo, este resultado da una respuesta favorable al diseño, ya que el coeficiente de seguridad establece que toda estructura debe tener un índice ≥ 1 debido a las prestaciones de los materiales.

Figura 46

Factor de seguridad del sidecar cargas muertas.



Nota. La superficie de la estructura proporciona un factor de seguridad apropiado, que permite al diseño la estabilidad mecánica.

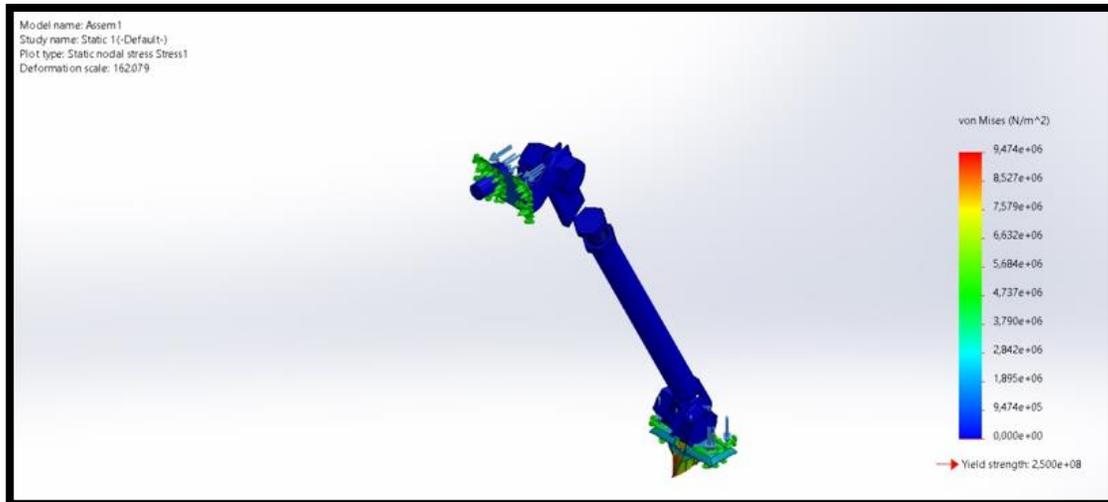
Simulación de las sujeciones

Para el análisis estático de las sujeciones se tomó en cuenta varios aspectos importantes como son todas las fuerzas que van actuar como son cargas vivas y cargas muertas al mismo tiempo, ya que aquí se va a concentrar la mayor cantidad de esfuerzos generados por los bastidores de la motocicleta y el sidecar.

Los resultados obtenidos del esfuerzo en las sujeciones son positivos, ya que tiene un desplazamiento máximo de $9.47 * 10^6 \frac{N}{m^2}$ y un mínimo de 0, figura 47, la viga se mantiene en azul, esto quiere decir que va a soportar toda la carga ejercida ya que no presta ningún esfuerzo al ser realizado este estudio.

Figura 47

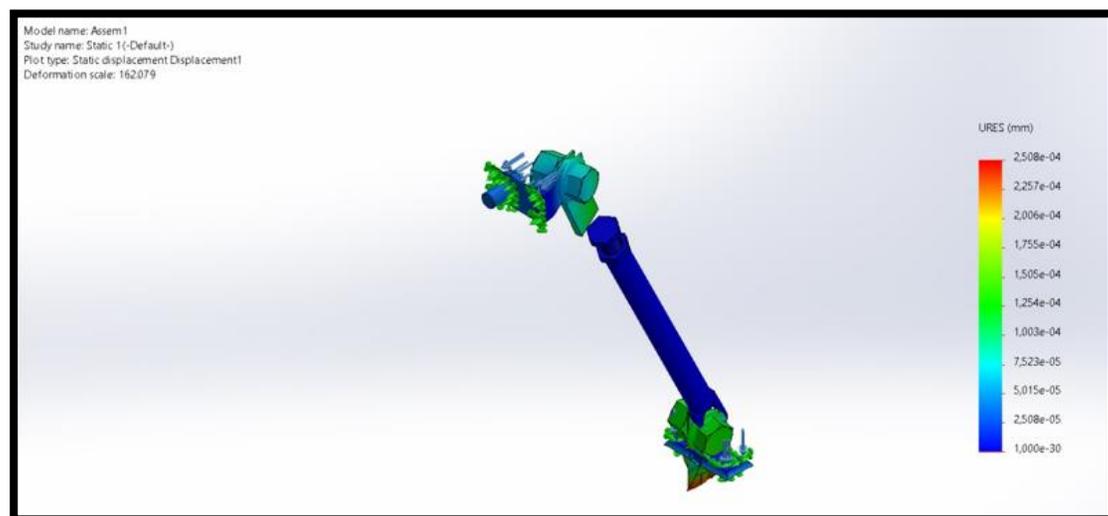
Esfuerzo efectivo en las sujeciones con cargas vivas y cargas muertas.



Nota. Se aplica las fuerzas producidas para el sidecar y la motocicleta, dando como resultado un esfuerzo mínimo en el mecanismo de sujeción.

Figura 48

Desplazamiento en las sujeciones con cargas vivas y cargas muertas

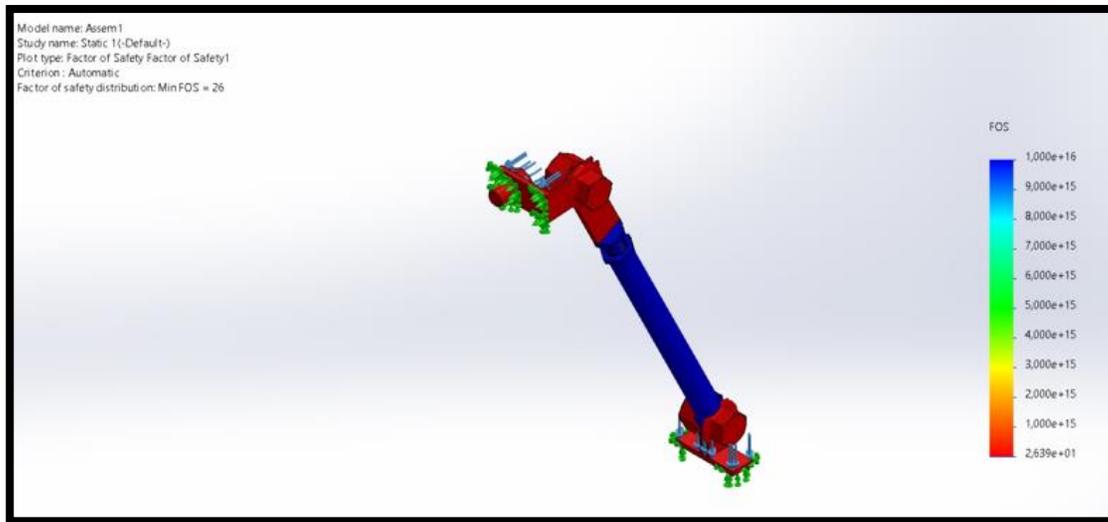


Nota. La variación de desplazamiento que existen en los puntos de anclaje de la motocicleta y el sidecar, es debido a los movimientos longitudinales y transversales que se generan al momento de impulsar el vehículo BEV.

Debido a que en las sujeciones se van a descargar todas las cargas vivas y muertas, se debe aplicar todas las fuerzas que interactuaban en la motocicleta y del sidecar al mismo tiempo, para realizar un estudio efectivo, presenta un desplazamiento máximo de $2.508 * 10^{-4} mm$, en conclusión, se comprueba que se tiene un diseño de unas buenas prestaciones.

Figura 49

Factor de seguridad en las sujeciones con cargas vivas y cargas muertas



Nota. El empernado y los puntos de anclaje están sometidos a valores críticos de FOS (coeficiente de seguridad), ya que es la sección donde se une la para fija con la móvil.

Para obtener un buen resultado de los mecanismos de sujeciones, se debe tener en cuenta que el coeficiente de seguridad (FOS) en cualquier diseño debe ser mayor o igual a 1 para tener unas buenas prestaciones del mecanismo; por lo tanto, al realizar las pruebas aplicando cargas vivas de 1177.2 N, y cargas muertas de 686.7 N, se obtuvo un factor de seguridad de 26.39, esto quiere decir, que la viga o sujeciones se encuentran diseñadas para soportar una mayor carga y mejora las prestaciones del diseño para el acople de la motocicleta con sidecar.

Diseño eléctrico y electrónico

Los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo BEV, se generó la opción más viable para los componentes que involucran parámetros estandarizados en la operación correcta del sistema de tracción.

Selección de materiales

Las configuraciones de estudio para el desarrollo de los componentes aplicado al prototipo consideran la configuración a los tipos de elementos eléctricos y electrónicos para su determinación en función de una matriz que considera características para la selección del material empleado para su instalación y conexión.

Tabla 7

Matriz de selección de motores eléctricos

Factor de selección	Motor eléctrico 1	Motor eléctrico 2	Motor eléctrico 3
Tamaño de rueda mm (in)	177.8 (7)	152.4 (6)	127 (5)
Peso (kg)	11.95	13	5.87
Potencia (w)	1500	2000	500
Velocidad ($\frac{Km}{h}$)	45 – 50	45 – 65	35 – 45

Nota. Esta tabla muestra los datos técnicos de los motores eléctricos y la comparación entre valores de funcionamiento.

Considerando las prestaciones necesarias para los motores eléctricos con características de potencia de 2000 watts y velocidad promedio de 45 a 65 kilómetro por hora, por lo que referente al sistema de tracción eléctrica es adaptable al aro de la motocicleta y sidecar permitiendo una tracción directa para la motocicleta y el sidecar a partir del cumplimiento de

parámetros como peso y tamaño de rueda son fundamentales en la potencia y velocidad, viable para desarrollar el prototipo con la fuerza de empuje desde la parte posterior con todos los tres ocupantes a bordo.

Figura 50

Motores eléctricos de la motocicleta y sidecar.



Nota. En la figura se representa la estructura del motor eléctrico de 2000W sin la adaptación al aro, en el cual se visualiza las conexiones de las fases de tensión.

Congruente a las funciones de los controladores con características de corriente en el rango de 26 a 35 amperes y tensión de 36 a 48 voltios, por lo que referente para la correcta demanda de corriente de los motores eléctricos.

Tabla 8

Matriz de selección de controladores

Factor de selección	Controlador 1	Controlador 2	Controlador 3
Nº de funciones	23	22	25

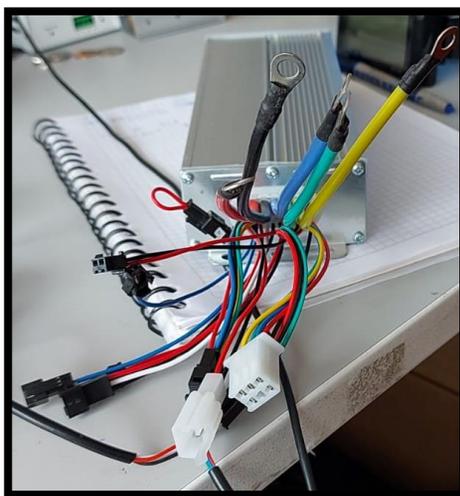
Factor de selección	Controlador 1	Controlador 2	Controlador 3
Potencia (w)	800 – 1600	450 – 1200	800 – 2000
Corriente (A)	30	25	26 – 35
Tensión (v)	48	36 – 60	36 – 48

Nota. Se observa las especificaciones técnicas de las alternativas de los controladores, para una adecuada elección y buen funcionamiento con los otros componentes eléctricos.

Se considera que los controladores del anexo 9 para la motocicleta y el sidecar a partir del cumplimiento de parámetros como número de funciones y potencia son fundamentales en la comunicación de información entre los dos controladores y la demanda de tensión y corriente con respecto a las baterías.

Figura 51

Controladores de la motocicleta y sidecar.



Nota. El controlador funciona con una elevada tensión, de manera que contiene conectores, en el que representan las funciones que contiene y sus conexiones a otros sistemas.

Tabla 9

Matriz de selección de las baterías.

Factor de selección	Batería 1	Batería 2
Parámetro	Ion litio	Ácido Plomo
Tensión (v)	48	48
Corriente (A)	32.2	30.2
Peso (Kg)	13	17
Baterías orgánicas	Si	No

Nota. De las dos opciones de las baterías, se presentan parámetros esenciales para el funcionamiento del controlador.

Esta tabla muestra los datos técnicos de cada una de las baterías y la comparación entre valores máximos de funcionamiento.

Según los parámetros necesarios para los controladores y los motores eléctricos con características de corriente 32.2 amperios y tensión de 48 voltios, por lo que referente para la correcta demanda de corriente y funcionamiento de los componentes eléctricos y electrónicos de todo el sistema, se considera que las baterías del anexo 10 para la motocicleta y el sidecar a partir del cumplimiento de parámetros y peso son fundamentales en la operación correcta de los controladores y los motores eléctricos, desempeña con valores similares entre los componentes principales del sistema de tracción eléctrica.

Figura 52

Baterías ion litio del prototipo BEV.



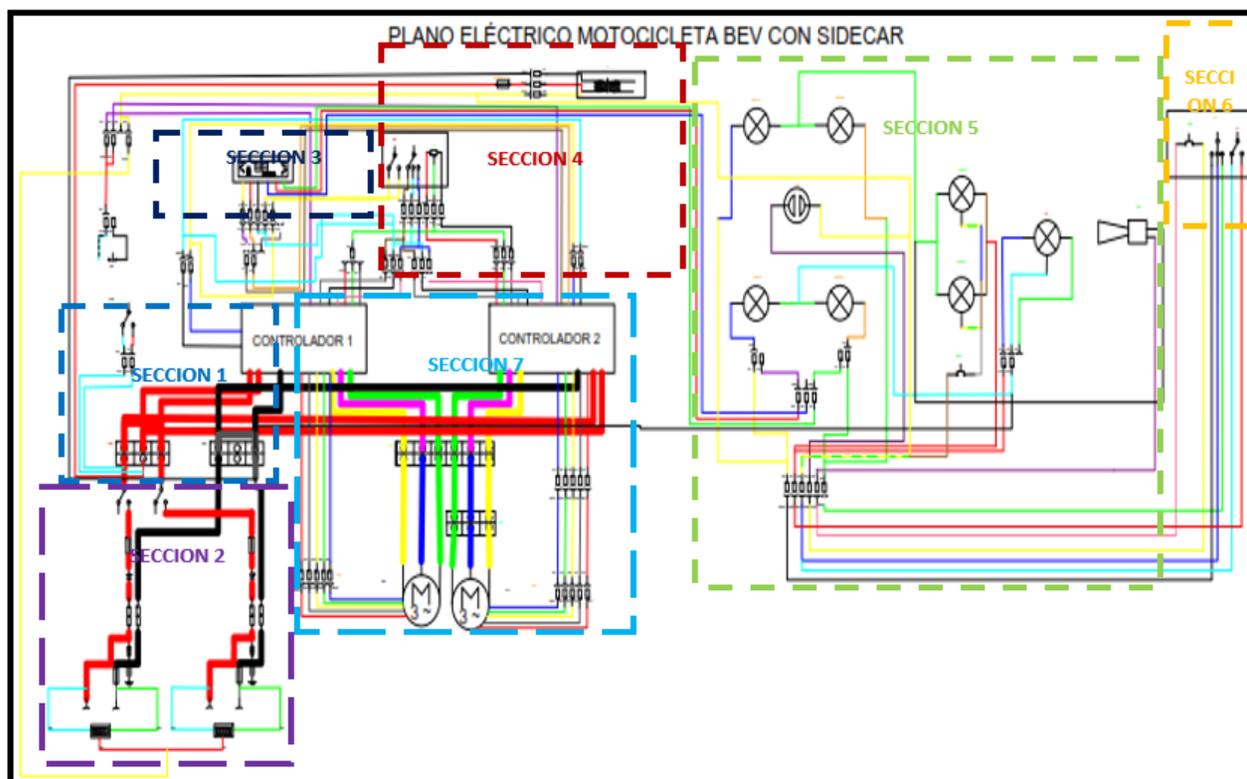
Nota. La figura representa una de las baterías de 48V a 32.2 A y sus respectivos conectores, ya que contiene una corriente elevada, deberá contener conductores de mayor calibre para una mayor fluidez de corriente.

Diseño de conexiones

A través del diseño asistido por computador se realiza la representación esquemática de las conexiones eléctricas – electrónicas del sistema eléctrico por batería de la motocicleta con sidecar.

Figura 53

Diseño de conexiones eléctricas.



Nota. La figura representa las conexiones eléctricas del prototipo de vehículo BEV con sus accesorios mediante un plano eléctrico.

En la sección 1 del conector del switch de encendido, se acciona mediante la llave a la posición ON a la derecha, permitiendo el paso de corriente desde las baterías de 48 voltios, 32.2 amperios a través de conductores de calibre 10 AWG de color rojo y negro a partir de las borneras del mismo color, en la sección 2 se conecta el área de alta tensión que involucra dos disyuntores, dos fusibles de 40 amperios, dos diodos, dos conectores con clavijas iguales y desde las baterías se conectan conductores de calibre 18 AWG hacia los indicadores de tensión de cada batería y conductores de calibre 14 AWG con fusible de 20 amperios en el conductor de color negro hacia los conectores hembra positivo y negativo designado para los cargadores de las baterías.

Se activa el panel de control sección 3 conectado con los dos controladores donde se visualiza las funciones que cumplen como el indicador de las baterías, modo de operación, tensión del

sistema, indicador de kilometraje recorrido, indicador de velocidad mediante conductores de calibre 18 AWG en colores azul, negro, café, naranja y del panel de control de colores azul, rojo y verde hacia la sección 5.

En la sección 4 se ubica la conexión del transformador de tensión de 48 voltios a 12 voltios mediante cables calibre 18 AWG con colores amarillo, rojo y negro interconectados con la sección 2 para permitir la operación correcta hacia los accesorios al evitar una sobretensión y afecte los componentes eléctricos y electrónicos.

Los mandos de selector de velocidad, aceleración, sentido de giro de la sección 4 para mediante conductores de calibre 18 AWG en colores amarillo, café, blanco, azul, rojo, negro y verde hacia los dos controladores, en la sección 5 se encuentra conectados los accesorios como luces, direccionales, bocina con los direccionamientos de la sección 6 como selector de velocidades, interruptor de luz, pulsador de bocina mediante conductores de calibre 18 AWG con colores rosado, amarillo, negro, azul, verde, blanco y rojo.

En la sección 7 del controlador 1 y controlador 2 se conecta conductores de color verde, morado y amarillo de calibre 10 AWG a la bornera de motores, para la motocicleta se conecta conductores verde, azul y amarillo hacia el motor eléctrico de 2000 watts, para el sidecar se conecta conductores de color verde, azul y amarillo hacia la bornera del sidecar y posteriormente hacia el motor eléctrico de 2000 watts, de igual manera desde los dos controladores se conectan conductores de color rojo, negro, amarillo, verde, azul hacia los sensores hall en los motores eléctricos.

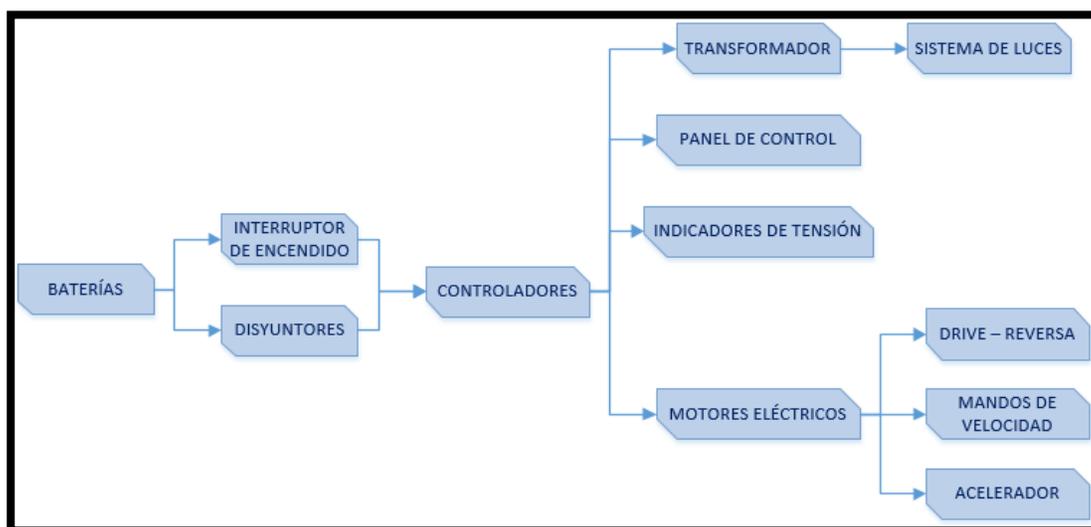
Accionamiento del sistema

El sistema se activa a partir de las baterías, emite la señal al interruptor de encendido y disyuntores que permite el paso de corriente a los controladores que son el procesador de la información del vehículo de tres ruedas, mediante las funciones envía la señal al transformador,

sistema de luces, panel de control, indicadores de tensión y motores eléctricos finalmente la corriente aborda al mando de drive – reversa, mandos de velocidad, acelerador para el funcionamiento del móvil.

Figura 54

Accionamiento del sistema



Nota. La estructura a partir del diagrama de bloques presenta las entradas y salidas del procesamiento de señales, en el cual se verifica el accionamiento del sistema.

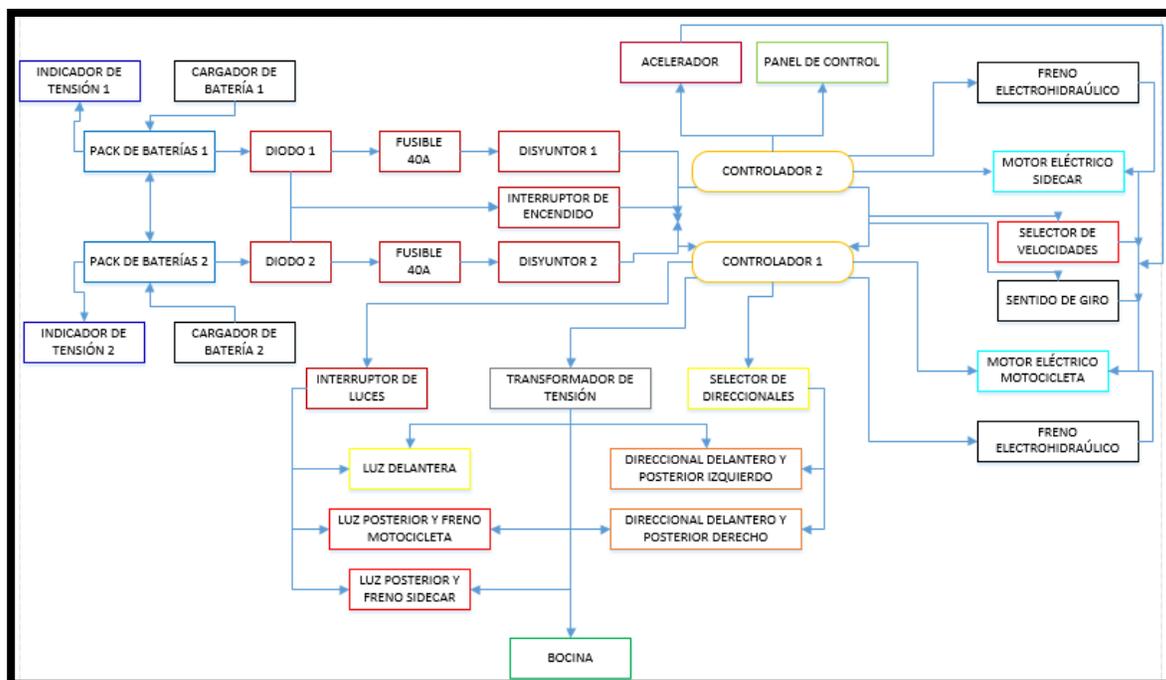
Funcionamiento del sistema

El diagrama de bloques del funcionamiento del sistema eléctrico – electrónico del vehículo BEV, a través de los packs de baterías proporcionan y reciben la energía hacia los indicadores de tensión y cargadores de baterías respectivamente, los diodos impiden el retorno de corriente indicando el sentido hacia los fusibles que permiten el paso para activar el sistema mediante los disyuntores y el interruptor de encendido que reciben la señal de los controladores de igual importancia que los mandos como acelerador, panel de control, freno electrohidráulico, selector de velocidades, sentido de giro que operan contigo a los motores eléctricos; de los

controladores se vincula un transformador de tensión que trabaja con las señales que reciben los mandos de alumbrado y bocina.

Figura 55

Diagrama de bloques del prototipo BEV.



Nota. El diagramado completo de funcionamiento del sistema eléctrico – electrónico de la motocicleta con sidecar eléctrico.

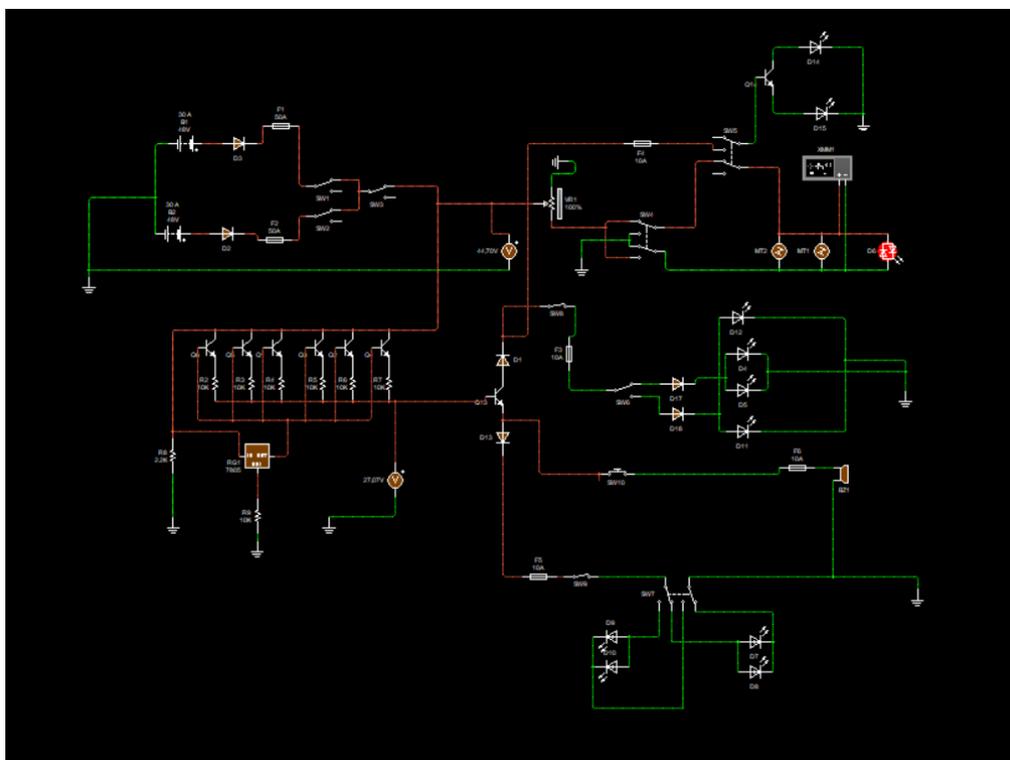
Simulación

El funcionamiento del sistema eléctrico de la motocicleta con sidecar; es necesario accionar al mismo tiempo los disyuntores y el interruptor de la llave, de manera que active los controladores, alimentando los actuadores como motores, panel de control, sistema de alumbrado, selectores de velocidad (I – II – III) y mandos (drive – reversa). El sistema de tracción eléctrica cuenta con indicadores de tensión de baterías y un transformador de 48 a 12

voltios de tal forma de alimentar el sistema de alumbrado y señalización del vehículo de tres ruedas.

Figura 56

Circuito eléctrico – electrónico del vehículo de tres ruedas.



Nota. Simulación del circuito de la motocicleta con sidecar eléctrica, así como se detallan los sistemas y funcionamiento de los componentes eléctricos – electrónicos.

La configuración de los packs de baterías considera una conexión en paralelo de tal manera de sumar su intensidad de corriente, con el fin de obtener un mejor desempeño en cuanto a torque del móvil e incrementando su capacidad A – h para alcanzar una mejor autonomía en ruta, a través de un controlador que convierte la tensión de baterías de DC a AC para el accionamiento de los motores eléctricos intervenido por un mando de aceleración el cual suministra energía al sistema de movimiento BEV, el desplazamiento de la moto y sidecar esta en relación al accionamiento de un mando que selecciona las posiciones drive o reversa.

El sistema de alumbrado funciona a través de un transformador de 48 a 12 voltios para evitar la sobrealimentación a los mandos y consumidores de energía, en la simulación se enlazo diodos en paralelo con interruptores de dos posiciones, por consiguiente, este sistema es el que presenta mayor demanda de corriente y por tal motivo el desempeño del vehículo eléctrico se verá afectado, las direccionales se estimó la unión en paralelo de la parte delantera y posterior que conforman este sistema conjuntamente con el panel de control que proporciona la indicación hacia donde se dirige su movimiento como prevención para los vehículos de alrededor.

Los sistemas de frenos electrohidráulicos disminuyen la velocidad del prototipo de forma eléctrica y mecánica, de esta manera reducir las distancias de frenado, mejorando su eficiencia y esfuerzos al conductor del BEV tres ruedas.

Capítulo IV

Construcción y pruebas del prototipo del vehículo BEV con sidecar desmontable.

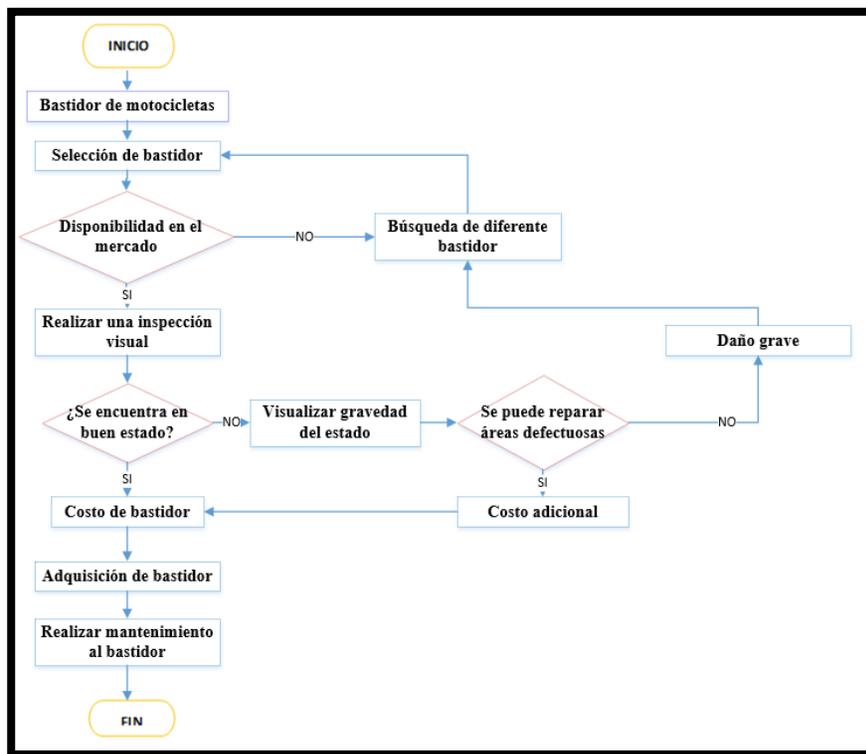
Para la construcción se realizó diagramas de flujo conforme a la secuencia de procesos y el cumplimiento del protocolo de pruebas de campo enfocadas al rendimiento de la motocicleta con sidecar eléctrico.

Selección del bastidor de una motocicleta convencional

Se consideró una selección de bastidor de dos configuraciones que son las designadas generalmente para vehículos L4 MTOS desde su origen, siendo indispensable una motocicleta convencional que se adapte a las necesidades requeridas para el óptimo funcionamiento junto a un sidecar desmontable eléctrico.

Figura 57

Selección de bastidor de motocicleta convencional.



Nota. El proceso necesario para la adquisición del bastidor de una motocicleta convencional, con parámetros importantes como disponibilidad, estado y costo.

Adaptación del bastidor

El bastidor de doble cuna cerrado, se realiza una serie de uniones de los componentes necesarios para la adaptación en la motocicleta con el bastidor del sidecar, de acuerdo a la geometría del bastidor de la motocicleta según longitudes lineales, medida de ángulos y coordenadas polares en el entorno de diseño obteniendo una estructura acorde a la realidad, de tipo tubular redonda con mayor enfoque en las partes designadas para el anclaje del bastidor del sidecar.

Tabla 10

Ficha técnica de la motocicleta eléctrica con sidecar.

FICHA TÉCNICA DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA CON SIDECAR	
ESPECIFICACIONES GENERALES	
Suspensión frontal	Telescópico 130 mm
Suspensión posterior	Doble amortiguador gas
Largo x ancho x alto	2055 mm x 1650 mm x 1165 mm
Distancia entre ejes	1350 mm
Despeje del suelo	150 mm
Peso en seco	155 kg
FRENOS, LLANTAS Y SISTEMA ELÉCTRICO	
Frenos delanteros y posteriores	Disco
Llanta delantera	90/90 x R18

FICHA TÉCNICA DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA CON SIDECAR

Llanta posterior

120/80 x R18

Faro

35 watts

Nota. En la ficha técnica se visualiza las medidas y las características del chasis de la motocicleta eléctrica.

Para la modificación se colocó estructura tubular inferior de dimensiones milimétricas desarrollados en el modelado 3D y fabricados mediante procesos de doblado y corte, alcanzando la estructura definida de forma romboide con el material de acero ASTM A36 dada la elevada capacidad para resistir cargas de torsión, de compresión y de tracción que poseen dichos perfiles.

Figura 58

Bastidor original de motocicleta y modelado 3D.



Nota. Se presentan los componentes tubulares y estructurales iniciales de la motocicleta antes de su respectiva modificación para la adaptación de los componentes eléctricos y electrónicos. El proceso de unión entre los distintos perfiles tubulares aplicó un método de soldadura SMAW formando en su totalidad un solo conjunto después de realizar el modelado de la misma forma

aplicado el material y el método de unión por soldaduras en el diseño asistido por computador del ensamble estructural final del prototipo.

Figura 59

Bastidor modificado según modelado en 3D.



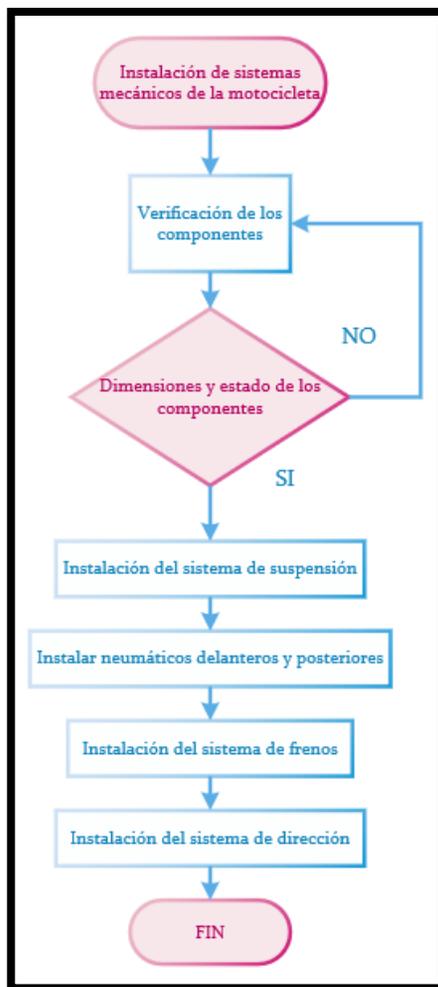
Nota. En la tubería estructural redonda se visualiza las modificaciones del bastidor de la motocicleta eléctrica para la adaptación de los sistemas eléctricos – electrónicos.

Instalación de sistemas mecánicos de la motocicleta.

Los sistemas automotrices de la motocicleta como suspensión, de dirección, neumáticos y frenos a partir de los procesos desarrollados para la adquisición de cada componente que integrará en la motocicleta de acuerdo el sistema motriz de tracción eléctrica, considerando aspectos de funcionamiento.

Figura 60

Instalación de sistemas mecánicos.



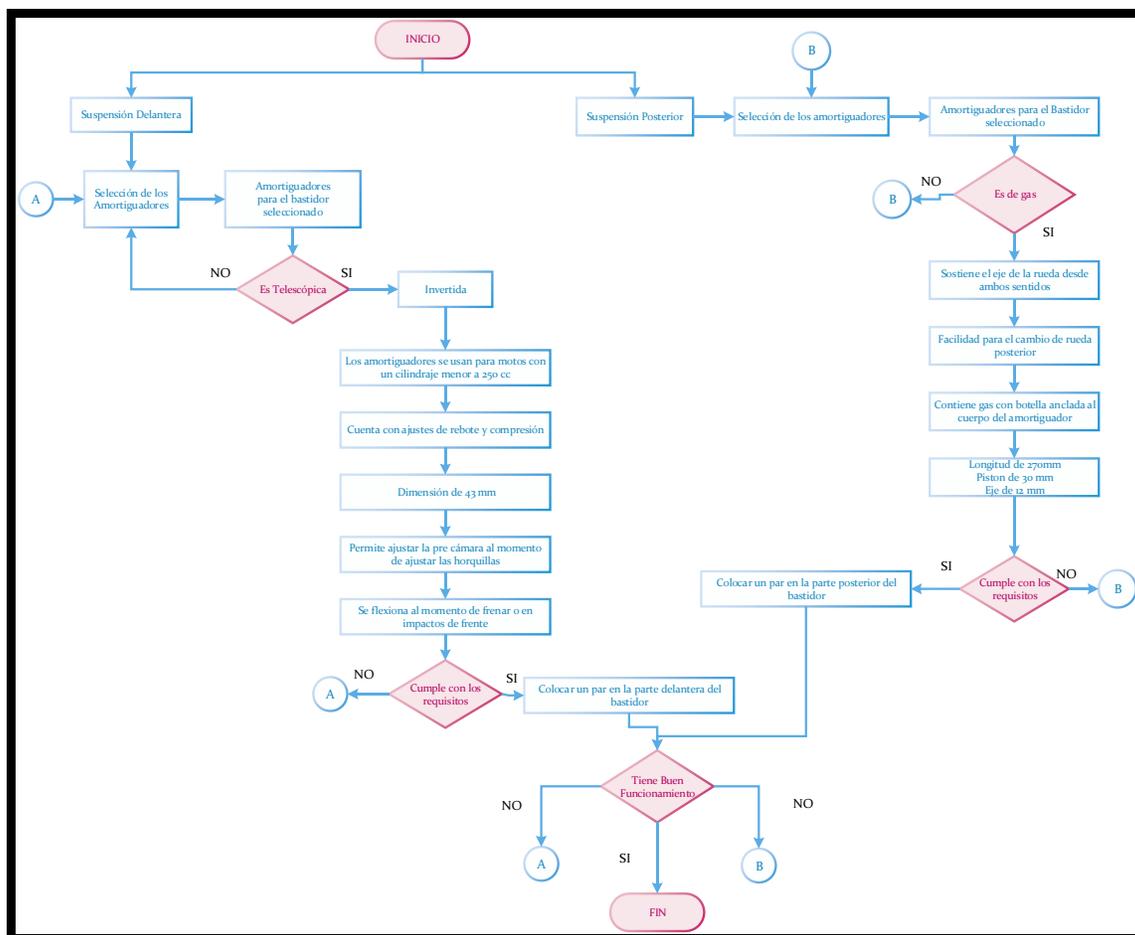
Nota. Es el proceso para la instalación de los sistemas mecánicos de cada uno de los componentes de la motocicleta.

Sistema de suspensión.

La motocicleta requiere de un sistema de suspensión delantera y posterior que cumpla con parámetros como estabilidad, ergonomía y confort a los ocupantes cabe destacar que el efecto de amortiguación evita generar demasiadas vibraciones al momento de pasar por irregularidades en la vía.

Figura 61

Selección de suspensión delantera y posterior.



Nota. Para el sistemas de suspensión se utilizó parámetros que cumplen los amortiguadores delanteros telescópicos y posteriores de gas en el proceso de selección.

Figura 62

Instalación de los amortiguadores delanteros y posteriores.



Nota. Se comprueba la instalación de los amortiguadores delanteros y posteriores que están sujetos a las horquillas y a los ejes de los aros.

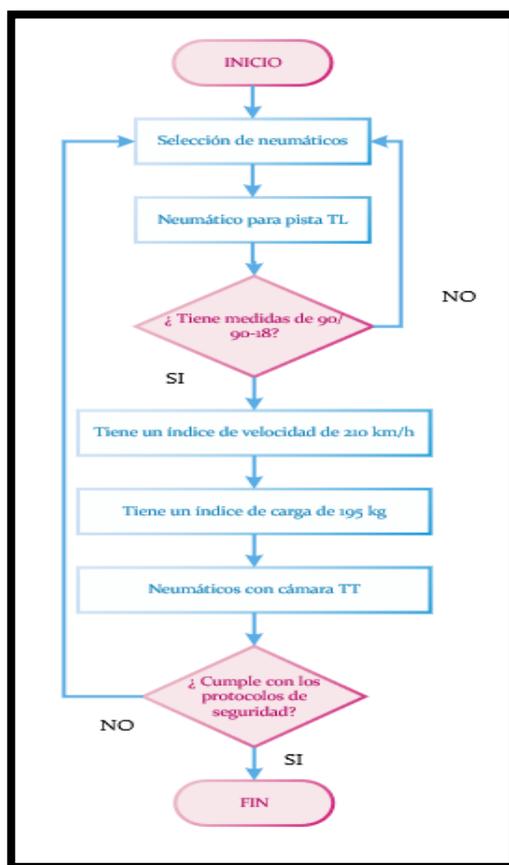
Los amortiguadores absorberán las fuerzas de impacto del suelo, la fuerza al momento del frenado y la fuerza en el sistema de dirección proporcionando la suavidad a los ocupantes.

Neumático posterior

Los neumáticos de carretera resultan convenientes, por la gran adherencia con cualquier tipo de terreno, son una parte fundamental y necesaria al momento de adquirir una motocicleta ya que de esto dependerá la tracción del motor eléctrico.

Figura 63

Selección del neumático posterior.



Nota. Matriz de selección del neumático más óptimo para los aros y el motor eléctrico.

En la instalación del neumático se considera parámetros como diámetro por la altura original de la motocicleta y labrado siendo una de las características primordiales para un buen desempeño del motor eléctrico y evitar las pérdidas de fricción con el pavimento.

Figura 64

Neumático posterior



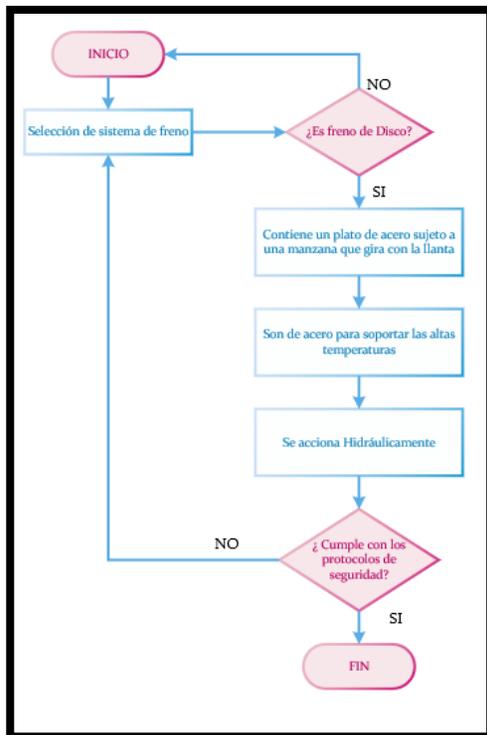
Nota. Instalación del neumático en el aro posterior, y en la horquilla basculante de la motocicleta.

Sistema de frenos

Factores como la velocidad y la carga de los ocupantes son indispensables para la selección de un sistema de frenos óptimo por seguridad y confort de la persona en la motocicleta de tres ruedas.

Figura 65

Selección de sistema de frenos.



Nota. Sistema de selección de frenado en el que se elige el más óptimo y eficiente.

En la instalación del sistema de frenos de disco es ideal por la disipación de calor, peso y la configuración geométrica de fácil adaptación a la carcasa del motor eléctrico, fue necesario adaptar la mordaza para la parte posterior manteniendo el disco centrado.

Figura 66

Instalación de los frenos de disco



Nota. Instalación de los frenos de disco en la parte delantera y posterior de la motocicleta.

Sistema de dirección

Se instaló la misma dirección convencional de la motocicleta conectado a la horquilla del eje delantero y esto provoca sentir las vibraciones y golpeteos que se ocasionen en el neumático, así no varié el ángulo de incidencia de la llanta ya que van conectadas conjuntamente con la amortiguación.

Figura 67

Sistemas de dirección de la motocicleta.



Nota. En la figura se visualiza que el sistema de dirección que está sujeto por unos pasadores, el cual va a sostener de una forma firme.

Elaboración del bastidor del sidecar

Para la creación y modificación se considera las medidas del ocupante como ancho, largo y alto, al finalizar genere buen estado de confort, ergonomía evitando perder velocidad, autonomía y rendimiento del vehículo eléctrico.

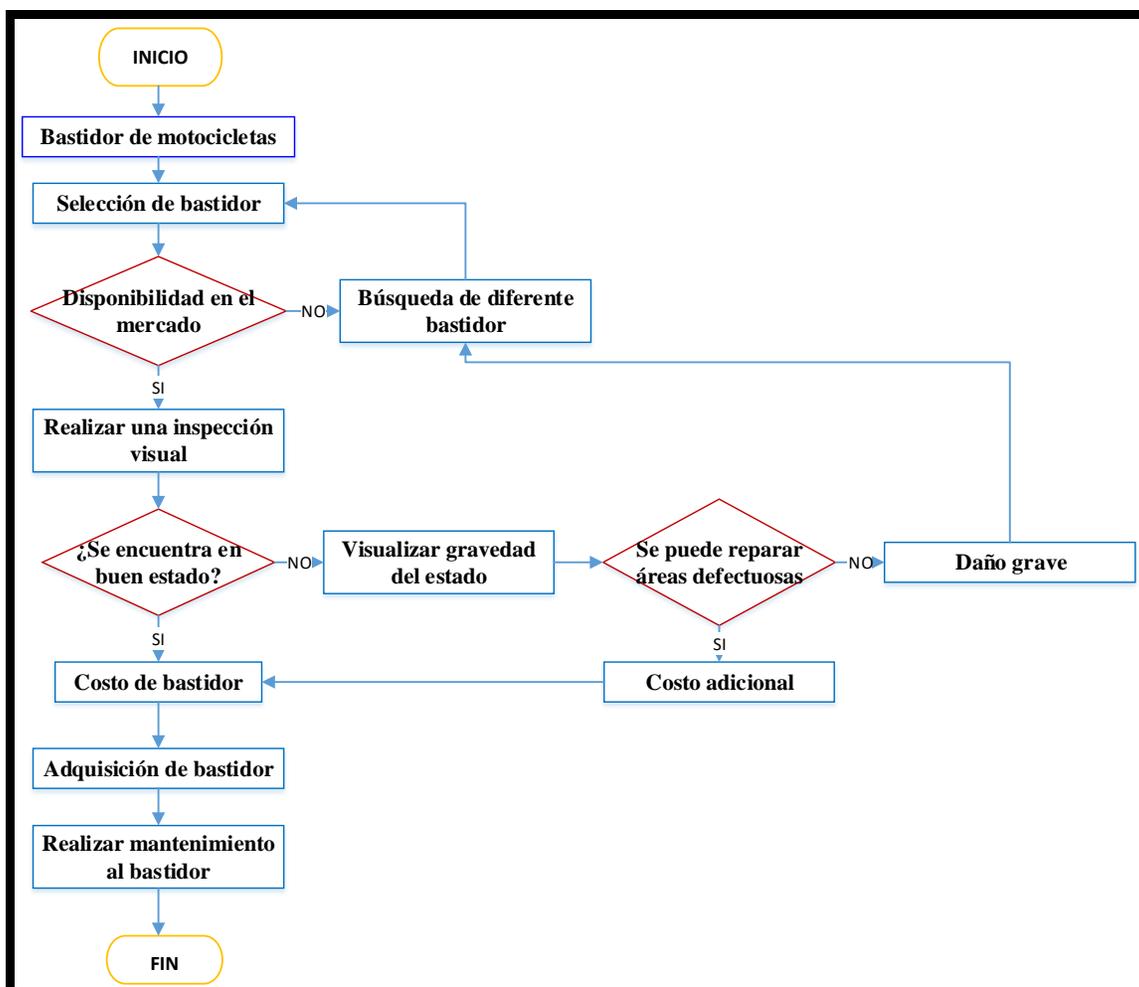
Bastidor

A partir del modelado en 3D del diseño se seleccionó la tubería estructural cuadrada de 30 x 30 milímetros con espesor de 2 milímetros y tubería estructural redonda de 22.20 milímetros

con espesor de 2 milímetros en acero ASTM A36, aplicando los procesos de manufactura como corte y soldadura para la tubería estructural cuadrada que conforman la base del sidecar junto con los apoyos fijos para el ensamble con la motocicleta, de tal forma que en su totalidad sea una estructura rectangular consiguiendo una elevada rigidez.

Figura 68

Secuencia de elaboración del sidecar.



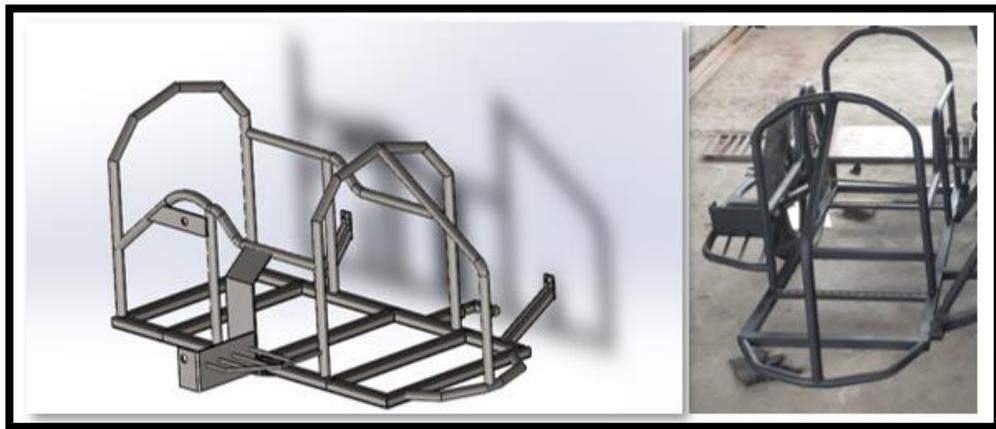
Nota. Es el proceso para el óptimo desarrollo de la fabricación de la estructura del sidecar.

Para la construcción del bastidor, se utilizaron equipos como la amoladora, dobladora y suelda; en el doblado se utilizaron perfiles redondos y con radios mayores para tener un doblado sin

quiebre; para la suelda se seleccionó electrodos E6011 que tiene una resistencia a la tracción de $60.000 \frac{lb}{in^2}$, y trabaja con corriente continua; según los planos y diseño, a fin de llegar a lo derivado en las simulaciones desarrolladas.

Figura 69

Modelado y construcción estructural de sidecar



Nota. Es un modelado en 3D del ensamble y la construcción final de la estructura del sidecar detallando las sujeciones y adaptaciones del bastidor definitivo del sidecar.

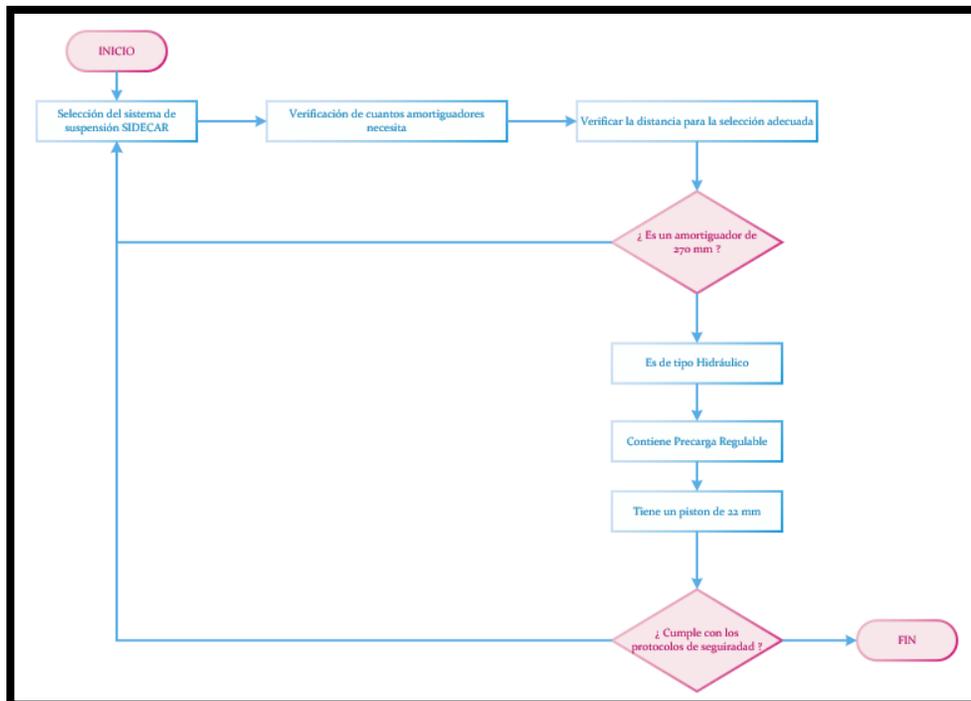
Instalación de los sistemas mecánicos del sidecar.

Sistema de suspensión.

En el sistema de suspensión el amortiguador hidráulico seleccionado soporta la carga del ocupante a su vez le otorga confort además mantiene estable el sidecar.

Figura 70

Selección de sistema de suspensión de sidecar.



Nota. Pasos para una correcta elección del sistema de suspensión que oferte confort a las personas.

La instalación correcta del amortiguador hidráulico requiere la fijación con pernos en la estructura y horquilla del sidecar los que soportaran todo el esfuerzo entre el conjunto.

Figura 71

Representación de la intalación del amortiguador del sidecar.



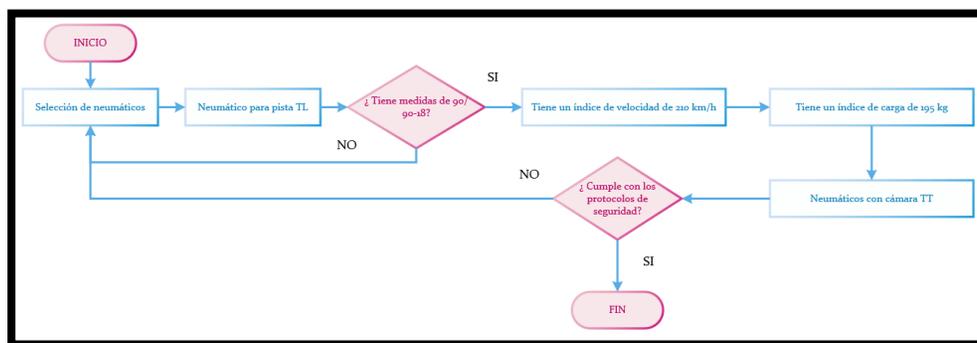
Nota. Se visualiza la correcta instalación en los puntos de anclaje del amortiguador posterior con el bastidor y horquilla del sidecar.

Neumático

Debido a las dimensiones y el tipo de suspensión que ocupa la motocicleta eléctrica se seleccionó la misma medida de neumático para el sidecar evitando un desfase al momento de ensamblar el prototipo.

Figura 72

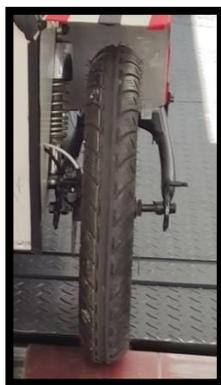
Diagrama de flujo para neumático lateral.



Nota. En el diagrama de flujo se selecciona la mejor categoría de los neumáticos del sidecar.

Figura 73

Instalación del neumático en el sidecar



Nota. En la figura se visualiza la instalación del neumático sujeto a la horquilla en el sentido correcto de labrado.

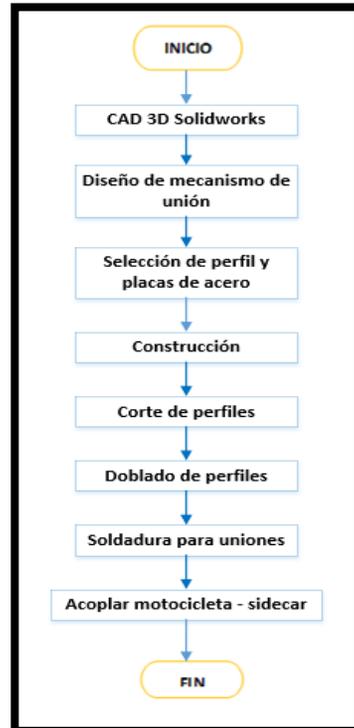
Aspectos generales a considerar en la instalación del neumático son la numeración 90/90 R18 coincidente con el aro de radios para que el desgaste sea proporcional en el par de neumáticos del vehículo de tres ruedas.

Mecanismos de unión de la motocicleta con el sidecar.

Desarrollando el mecanismo de unión del sidecar a la motocicleta convencional se estimó el procedimiento de la figura 73, a partir de la estructura de la motocicleta para ubicar las bases de acoplamiento, mediante pernos que fijan los dos bastidores.

Figura 74

Procedimiento de fabricación del mecanismo de unión.



Nota. El proceso de manufactura para la elaboración de cada base donde se ubican las uniones entre los dos bastidores.

Figura 75

Mecanismo de unión del sidecar.



Nota. El modelado en 3D representas de tres bases para las uniones de la estructura del sidecar hacia la motocicleta.

Considerar que para la simetría la nivelación de los bastidores es de suma importancia de tal manera de que el centro de gravedad se encuentre exactamente equivalente a ambos lados.

Figura 76

Mecanismo de unión entre la motocicleta y el sidecar.

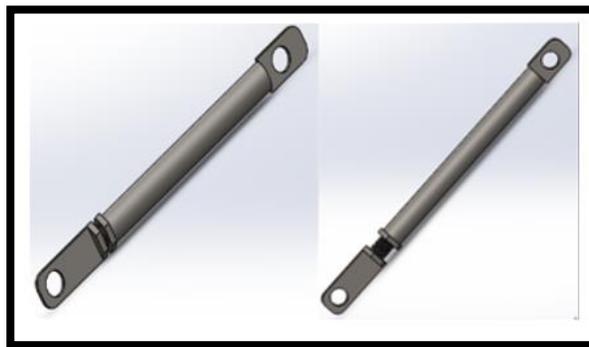


Nota. Se representa las diferentes sujeciones y acoples, que sirve para anclar la motocicleta con el sidecar.

Es un mecanismo que genera un equilibrio de pesos entre la motocicleta y el sidecar manteniéndolo estable hasta con tres ocupantes en rutas con curvas pronunciadas y pendientes con elevados grados de inclinación, basado en figuras e ilustraciones de internet; se considera desde la geometría de la motocicleta elaborando platinas de anclaje en el lado derecho por el contrario del sidecar en el lado izquierdo sujetados mediante pernos en ambas bases de los bastidores.

Figura 77

Mecanismos de equilibrio del sidecar



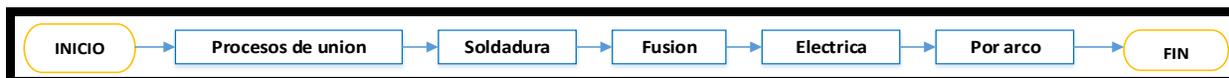
Nota. Es un modelado en 3D de los mecanismos de equilibrio entre sidecar y motocicleta.

Sueldas de las sujeciones

Para la adaptación de las sujeciones a la motocicleta y al sidecar se realizó una elección de suelda, el cual va a interactuar con el material ASTM A36, que cuenta con un límite de elasticidad mínimo de 250 MPa, y con un límite de resistencia de 400 a 550 MPa, debido a que se seleccionó el electrodo E6011.

Figura 78

Proceso de soldadura.



Nota. Es el proceso de soldadura aplicado para cada uno de los componentes tubulares modificados en el bastidor de la motocicleta, el sidecar y sus debidas sujeciones.

Instalación de los componentes eléctricos y electrónicos

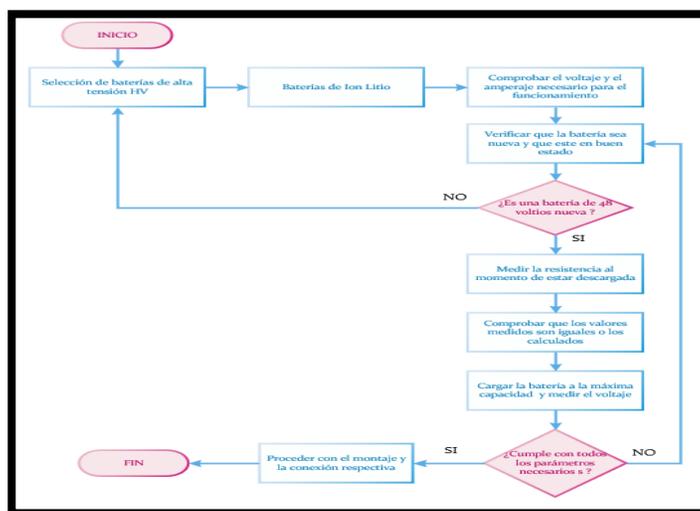
La instalación de los componentes del prototipo se realizó con soportes para los elementos eléctricos – electrónicos, determinado para el volante de la motocicleta por su geometría y fácil acceso.

Baterías de alta tensión HV

De los datos técnicos del motor eléctrico se dimensionó las baterías de alta tensión HV de igual forma a partir de la capacitancia del controlador con la finalidad de evitar sobretensiones en la operación del prototipo BEV.

Figura 79

Selección de baterías de alta tensión.



Nota. En el diagrama de flujo se realiza la selección de la batería apropiada para el vehículo BEV.

En la instalación de las baterías de alta tensión se optó por una ubicación en el área de mayor accesibilidad en el caso de mantenimiento, elaborando un soporte con las platinas de acero negro con la misión de sujetar las dos al mismo tiempo.

Figura 80

Instalación de las baterías de ion litio en el bastidor.



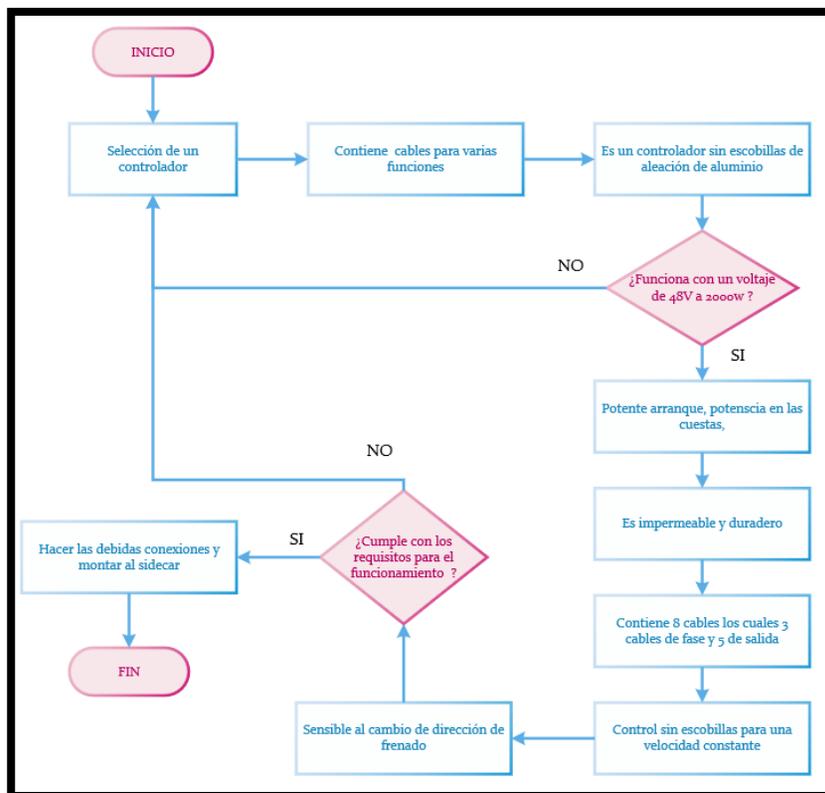
Nota. Se realiza la instalación de una batería en el bastidor de la motocicleta, verificando que las conexiones queden de forma segura y cómoda para la manipulación del operario.

Controlador electrónico

La capacidad de corriente, número de funciones que indica el fabricante en su funcionamiento es indispensable para la adquisición del controlador electrónico estos parámetros influyen en las baterías y los actuadores ocupados en el proyecto.

Figura 81

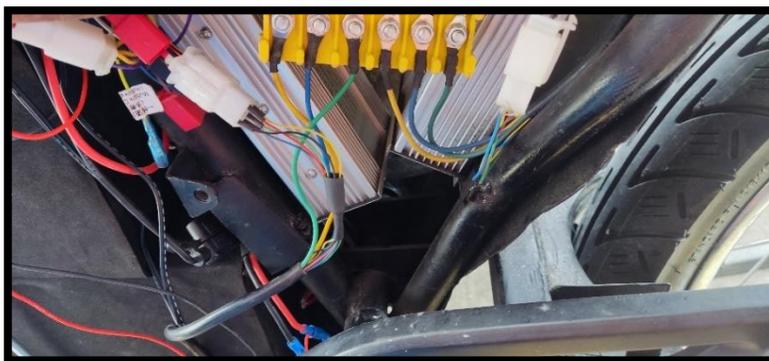
Selección del controlador electrónico.



Nota. En la selección del controlador se tiene que verificar que cumpla con los parámetros para que no haya inconvenientes al recibir y enviar la señal a los diferentes sistemas y actuadores del prototipo.

Figura 82

Instalación de los controladores en el bastidor



Nota. En la instalación de los controladores se efectúa una correcta instalación de los dos controladores con todas sus conexiones para tener un óptimo funcionamiento del sistema eléctrico – electrónico.

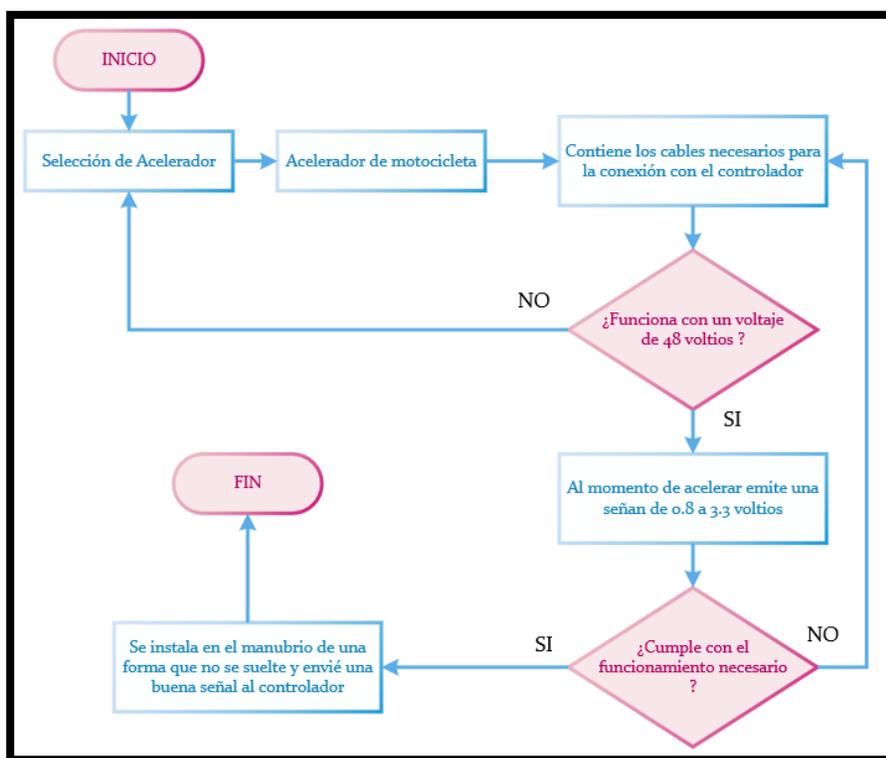
Se construyó bases con materiales apropiados para los controladores electrónicos, se designó un lugar específico para las conexiones de los conductores, de tal manera se realice de manera óptima la transmitan las señales hacia los componente eléctricos y electrónicos.

Acelerador

Al momento de seleccionar el acelerador se realiza una prueba de voltajes que determina el envío y recepción de la señal al controlador a su vez al motor comprobando su funcionalidad para la respuesta optima del sistema de tracción.

Figura 83

Elección del acelerador.



Nota. En la selección del acelerador se debe tener en cuenta la función primordial que es enviar una señal de tensión a los controladores electrónicos.

El acelerador por su geometría se ubica en el volante fijándolo con pernos para que gire libremente al enviar la señal de tensión directamente hacia los dos controladores con el propósito de dar movimiento a los dos motores eléctricos al mismo tiempo.

Figura 84

Instalación del acelerador en el volante.



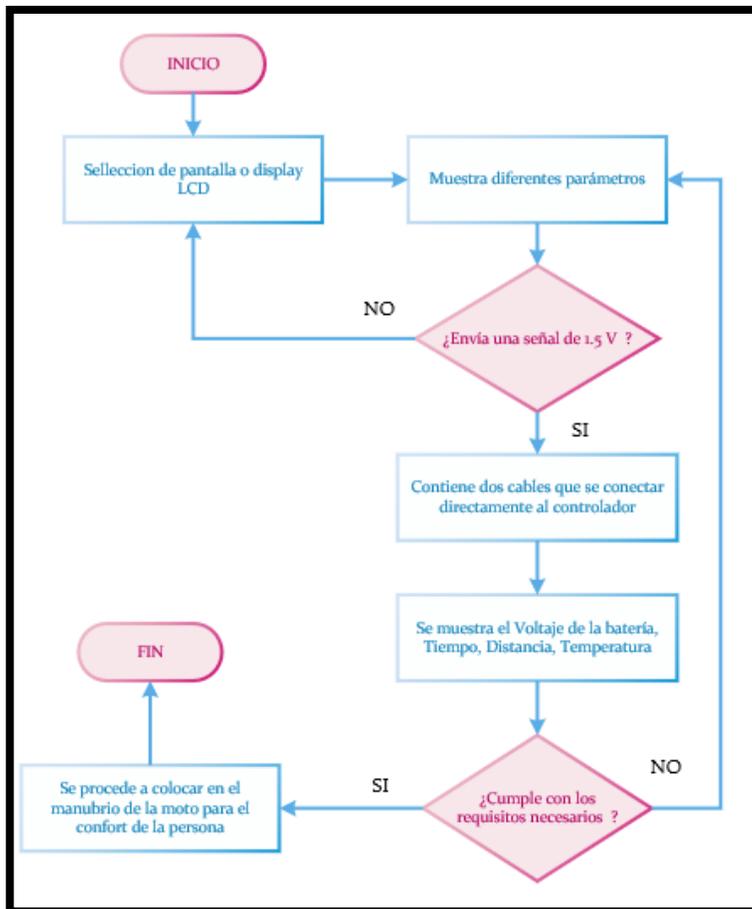
Nota. El acelerador se instaló en el volante de la motocicleta con su respectivo cableado para la conexión al controlador.

Panel de control

Uno de los parámetros esenciales de un vehículo eléctrico, es la pantalla LCD, donde se despliega los valores de estado de carga, distancia recorrida, tensión de funcionamiento, velocidad e sistema de alumbrado, durante conducción en ruta, como sistema de visualización del sistema eléctrico de tracción.

Figura 85

Selección del panel de control

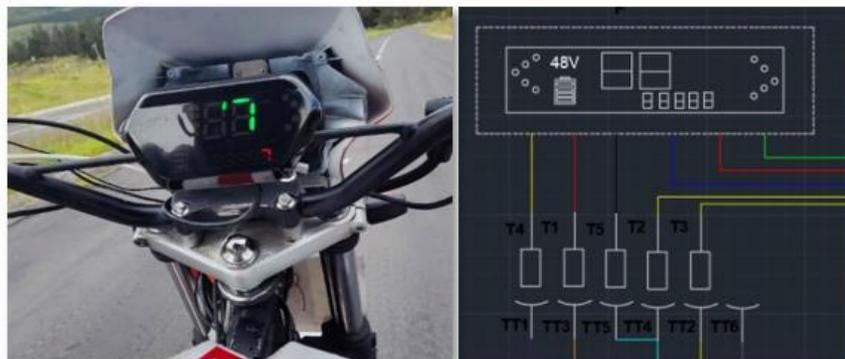


Nota. Se selecciona la mejor pantalla o Display LCD con todos los indicadores para el confort de la persona.

El panel de control se ubicó en el volante para su visualización directa, las conexiones que van a los controladores se colocaron por un lado del sistema de dirección para evitar fallas por picos de tensión y corriente.

Figura 86

Instalación del panel de control.



Nota. Para la adaptación y lectura de los indicadores de la motocicleta se realizó la instalación de la pantalla LCD o panel de control funcional, tomando en cuenta los conectores que contiene.

Sistema de alumbrado

En el sistema se considera los mandos y alumbrado según la normativa NTE INEN 2560 para la selección, que establece para luces direccionales, luces guía, cambio de luces y una luz de stop, para la visualización de los conductores y prever cualquier accidente.

Figura 87

Instalación del mando de control de las luces



Nota. Se realiza la instalación de los mandos de control de las luces, direccionales y bocina en la cual se evidencia que están en lugar cómodo para la buena manipulación del operario.

Tabla 11

Distribución del sistema de alumbrado

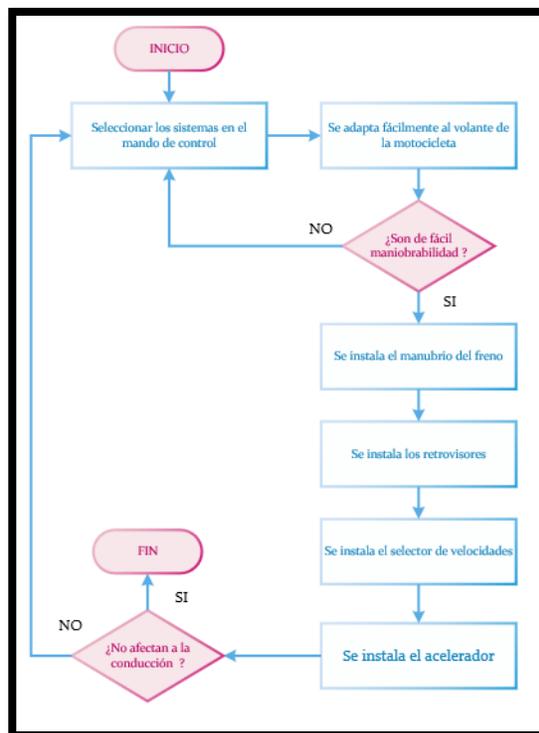
Consumo del sistema de alumbrado			
Accesorios	Potencia (w)	Tensión (v)	Intensidad (A)
Direcciones	18	12	1.5
Luz delantera	35	12	2.91
Luz posterior	21	12	1.75

Nota. En la tabla se detalla el consumo de cada uno de los accesorios del sistema de alumbrado.

Mandos de control

Figura 88

Selección de los mandos de control.



Nota. Para la colocación de los mandos de control se debe tener en cuenta la fácil maniobrabilidad para el operario.

Los mandos de control en conjunto con la pantalla LCD deben adaptarse entre ellos para que el funcionamiento sea adecuado; el mando del freno es el que envía la señal a cada uno de los controladores al mismo tiempo hacia el motor indicando que se debe desacelerar electrónicamente; los mandos de las luces se conectan directamente con el controlador ya que es una fase independiente con respecto al motor, para la instalación y manipulación de los mandos de control se debe precautelar por las diferentes conexiones que contienen los controladores.

Figura 89

Instalación de los mandos de control.



Nota. En la figura se presenta la instalación de todos los mandos de control y funcionando correctamente.

Fabricación e instalación del carenado en los bastidores

Terminada las adaptaciones para las sujeciones de los elementos eléctricos y electrónicos en el prototipo eléctrico, se procede a realizar el carenado en fibra de vidrio tipo E con las medidas necesarias para tener un acabado superficial sin imperfecciones, se realiza un modelado en material reciclado con las medidas exactas en los dos bastidores por separados, también se tuvo presente la ubicación de cada componente con su respectiva sujeción para evitar la deformación del carenado.

Figura 90

Diseño de las molduras en material reciclable



Nota. Se visualiza el uso del material reciclable para el moldeo de las diferentes fibras, considerando las medidas adecuadas para que no interfieran con la movilización de los componentes mecánicos, según el diseño de acuerdo a los bastidores de móvil eléctrico.

Figura 91

Realización de la fibra de vidrio.



Nota. El conformador de la estructura de las piezas con fibra de vidrio, verificando que tenga una buena capa para que no haya deformaciones.

Para la realización de la fibra de vidrio se provee procesos de seguridad al manipular este material se utiliza guantes y gafas de protección, ya que en el desarrollo se desprenden

fragmentos pequeños que pueden ingresar en la piel de los fabricantes; la preparación de cada una de las capas contiene un compuesto de cobalto con resina que se coloca encima de cada tramo de la fibra. Se debe colocar con extrema precaución la fibra de vidrio para que no haya ningún desperfecto o medidas falsas para su respectiva colocación en los bastidores, la fabricación de los moldes se procede a la instalación de la fibra de vidrio en los bastidores teniendo en cuenta los soportes de sujeción evitando el descuadre del componente al momento de la unión con los bastidores.

Figura 92

Colocación de la fibra de vidrio en los bastidores.



Nota. Instalación de la fibra de vidrio, en el bastidor de la motocicleta como en el sidecar, para que su estética sea la adecuada.

Finalmente se desarrolló los acabados superficiales basado en una matriz de colores y logos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y de la carrera de Ingeniería Automotriz presentando un modelo de prototipo totalmente eléctrico.

Figura 93

Motocicleta con sidecar BEV.



Nota. La figura del lado izquierdo representa el modelado en 3D y en el lado derecho se verifica el prototipo BEV real.

Pruebas de autonomía

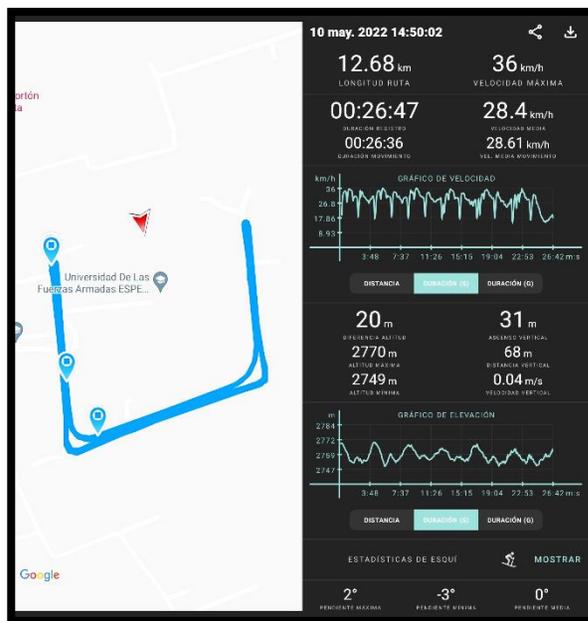
Se consideraron parámetros que son como: rutas, velocidades, ocupantes, número de baterías ocupadas, distancia, tiempo para la toma de datos.

Prueba 1 en ruta 1

En referencia a la primera prueba de ruta en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara, con parámetros para el análisis como peso, número de ocupantes, baterías, porcentaje de carga de baterías.

Figura 94

Resultados prueba 1 de ruta con batería 1.



Nota. La representación de la ruta y los resultados de valores como distancia, tiempo y velocidad.

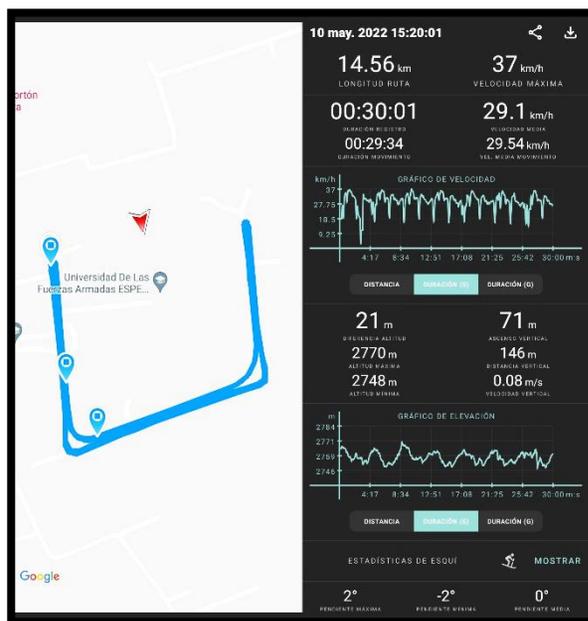
Se visualiza una longitud de ruta de 12,68 kilómetros a una velocidad promedio de $28,61 \frac{Km}{h}$ se evidencia en la gráfica de velocidad vs tiempo los puntos máximos se produjeron cuando la velocidad alcanzó $36 \frac{Km}{h}$ y el punto mínimo a los $16 \frac{Km}{h}$, mediante la influencia del frenado junto con la variación de la velocidad en curvas, en línea recta y en pendientes existentes en la ruta, en un tiempo máximo de 26 minutos con 36 segundos, óptimo para utilizar en la zona urbana de la ciudad de Latacunga.

En los resultados obtenidos el rendimiento favorable del prototipo BEV se refleja en su autonomía y velocidad máxima alcanzada a través de la incidencia del porcentaje de batería del 50%, la prueba fue realizada hasta el 25% de su carga total con la demanda de movilizar a 2 ocupantes con un peso adicional al vehículo de 120 kg.

Prueba 2 en ruta 1

Figura 95

Resultados prueba 2 de ruta con batería 2.



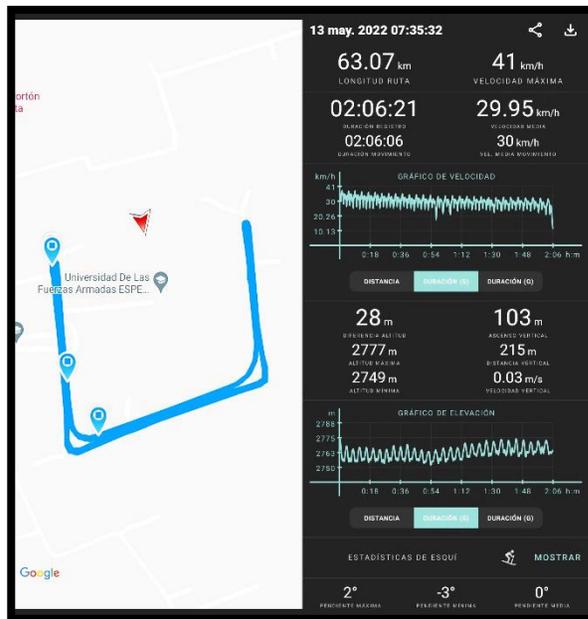
Nota. La variación en las gráficas de velocidad y elevación vs tiempo en la ruta establecida.

En la figura 95 se observa una longitud de ruta de 14,56 km a una velocidad media de 29,54 $\frac{Km}{h}$ se constata que la velocidad máxima alcanzada es de 37 $\frac{Km}{h}$ y la velocidad mínima alcanzada fue de 12 $\frac{Km}{h}$, similar a la anterior prueba con la batería 1 de iguales parámetros como tensión y corriente, se culminó la ruta en un tiempo de 29 minutos con 34 segundos obteniendo una mínima variación de la misma ruta, pero con cada una de las baterías.

Prueba 3 en ruta 1

Figura 96

Resultados prueba 3 de ruta con las 2 baterías.



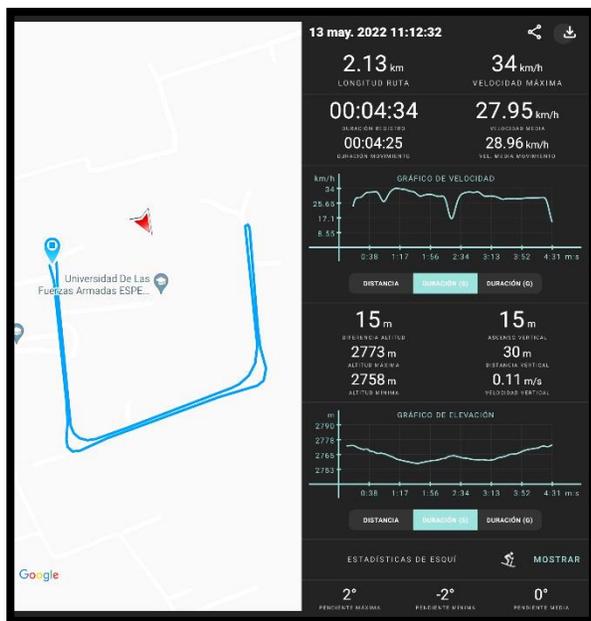
Nota. La autonomía total a través de la distancia y el tiempo recorrido en la ruta.

En la figura 96 se denota la longitud de ruta de 63,07 km mediante una velocidad promedio de $30 \frac{Km}{h}$, al analizar el gráfico se refleja como velocidad máxima se logró los $41 \frac{Km}{h}$ y la velocidad mínima es de $20,26 \frac{Km}{h}$, en la gráfica la variación de velocidad con respecto al tiempo presenta un rango moderado debido a la operación del prototipo con las 2 baterías y una velocidad relativamente constante que proporcione una duración de 2 horas, 6 minutos con 6 segundos obteniendo de este modo la autonomía total del prototipo BEV, a partir de parámetros como la carga de baterías al 100%, el peso de 2 ocupantes de 60 kg cada uno.

Prueba 4 en ruta 1

Figura 97

Resultados prueba 4.



Nota. La figura indica los datos y graficas obtenidos de distancia, velocidad, y elevación con respecto al tiempo transcurrido para la prueba.

Para la prueba 4 se descargaron las baterías hasta el 25% para posteriormente cargar durante 1 hora, dando como resultado una longitud de ruta de 2,13 km en un tiempo de 4 minutos con 25 segundos desarrollado a una velocidad de $28,96 \frac{Km}{h}$, en el tiempo transcurrido se reconoce que los puntos mínimos resultan de la disminución de velocidad por el frenado en las curvas de la ruta llegando al mínimo de $17,1 \frac{Km}{h}$ y un máximo de $34 \frac{Km}{h}$.

Prueba 5 en ruta 1

Figura 98

Resultados prueba 5.



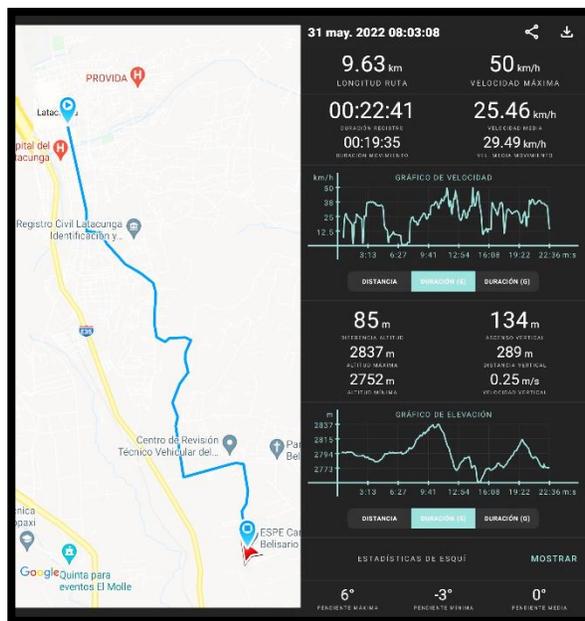
Nota. Se determina la longitud y velocidad a través de la ruta desarrollado con una velocidad variable.

Para la prueba 5 se cargó las baterías durante 2 horas, obteniendo una longitud de ruta de 6 kilómetros en un tiempo de duración de 13 minutos con 53 segundos generado mediante una velocidad de $25,93 \frac{Km}{h}$, a través del tiempo se realiza un análisis respecto a los anteriores resultados con la variación de 1 hora adicional de carga de las baterías en la que nos proporciona el triple de distancia y duración, por tal razón al aumentar el tiempo de carga aumenta en 10% el nivel de las baterías.

Prueba 6 en ruta 2

Figura 99

Resultados prueba 6 en la ruta 2.



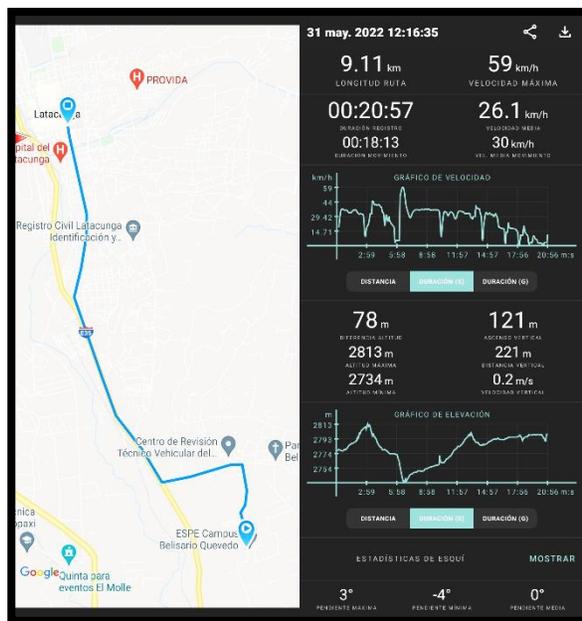
Nota. Se señala las variantes de velocidad con respecto al tiempo de duración en cumplir la ruta establecida.

Mediante la prueba 6 partiendo desde el campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara hacia el campus centro ESPE sede Latacunga, en este caso se generó una longitud de 9,63 kilómetros a una velocidad de $29,49 \frac{Km}{h}$ dentro del sector urbano direccionado en la ruta en donde existe reductores de velocidad, semáforos y el cruce de transeúntes, vehículos estacionados que inciden en la gráfica de velocidad donde se refleja la variación en los picos altos y bajos de los valores, mostrando una velocidad máxima de $50 \frac{Km}{h}$ en un tiempo transcurrido de 19 minutos con 35 segundos considerando la carga total de las baterías al 100% y con 2 ocupantes.

Prueba 7 en ruta 3

Figura 100

Resultados prueba 7 en la ruta 3.



Nota. La variante de velocidad con respecto al tiempo de duración en cumplir la ruta establecida.

Se representa una longitud de ruta de 9,11 kilómetros a una velocidad promedio de $30 \frac{Km}{h}$ donde la ruta hace referencia desde el campus centro ESPE sede Latacunga hacia el campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara debido a la ruta en el sector urbano y perimetral donde se indica los límites de velocidad de 50 y $90 \frac{Km}{h}$ respectivamente para vehículos livianos, en la gráfica de velocidad vs tiempo se distinguen velocidades máximas de $59 \frac{Km}{h}$, en comparación con los indicadores que reducen la velocidad promedio en esta prueba únicamente son los semáforos logrando un menor tiempo de llegada respecto a la anterior ruta en 18 minutos con 13 segundos debido a que es una menor distancia de recorrido.

Prueba 8 de vacío

Figura 101

Prueba de vacío del prototipo BEV.



Nota. La figura presenta la separación de las ruedas del suelo mediante una base metálica para desarrollar la prueba de vacío.

En la prueba de vacío se registró valores de longitud de ruta 1000 kilómetros con parámetros iniciales como una velocidad constante de $60 \frac{Km}{h}$ y la ausencia de ocupantes, la fricción del neumático con el asfalto, restricción del viento, soportar el peso del prototipo debido a que se encuentran los motores eléctricos suspendidos en el aire mediante una base metálica, estos parámetros influyen en los resultados de las pruebas ya que son limitantes para la libre movilización del vehículo BEV de esta manera no existirán pérdidas en el sistema de tracción eléctrica, proporcionando una duración de 18 horas hasta descargar completamente las baterías.

Prueba 9 determinar torque y potencia en dinamómetro.

Para la realización de estas pruebas se debe proceder a cumplir ciertos parámetros de seguridad que es la buena sujeción de la motocicleta.

Figura 102

Ubicación de la motocicleta con sidecar eléctrico en dinamómetro

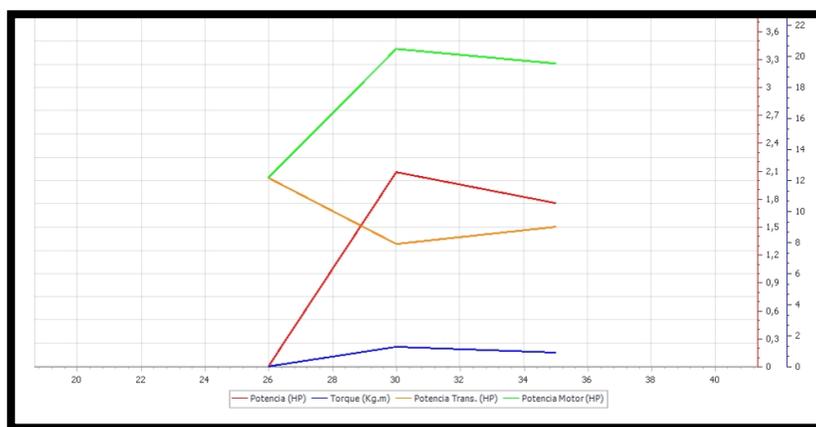


Nota. La ubicación de los dos neumáticos con los rodillos giratorios para las respectivas pruebas.

A través de un software especializado en las pruebas se obtuvieron los valores y las correspondientes graficas de torque y potencia, para la prueba se realizó con los cambios de velocidad que posee la motocicleta en los motores eléctricos

Figura 103

Resultados de las pruebas de torque y potencia



Nota. Graficas de los resultados finales en la cual se identifican torque y potencia en un determinado tiempo.

Tabla 12*Ensayo de torque y potencia*

Ensayo de Torque y Potencia				
RPM	Potencia (HP)	Potencia motor (HP)	Potencia Transmisión (HP)	Torque (kg.m)
26	0	2.0	2.0	0
30	2	3.4	1.3	1.3
35	2	3.3	1.5	0.9
Promedio	2	3.4	2.0	1.3

Nota. en la tabla se muestra los diferentes resultados que se obtuvieron a distintas revoluciones, obteniendo un promedio entre las pruebas realizadas.

En la prueba con una revolución en las ruedas de 1200 r. p. m. se generó una potencia máxima de 2 horse power semejantes a 1500 watts analizando que es diferente a los 2000 watts mencionados en la ficha técnica de los motores eléctricos y el torque máximo de 1,3 kilogramo metro o lo mismo que es 12,75 Newton metro en el sistema internacional.

La potencia en color rojo a partir de 26 rpm la potencia es 0 hp, a 30 rpm alcanza 2 hp y se mantiene hasta 35 rpm; La potencia de motor en verde desde las 26 rpm produce 2 hp, a 30 rpm obtiene 3,4 hp y en 35 rpm disminuye hasta 3,3 hp; El torque en azul a las 26 rpm es 0 hp, a las 30 rpm consiguió 1.3kgfm mientras que a 35 rpm desciende a 0,9 kgfm, de lo que se deduce que en los cambios de revolución de 30 a 35 se mantiene momentáneamente la potencia y torque para posteriormente descender.

Tabulación de pruebas en cada ruta destinada

Para el desarrollo del control de tracción de la motocicleta con sidecar eléctrico y para comprobar su correcto funcionamiento, mediante softwares se permitió realizar el protocolo de pruebas, donde se realizó el análisis de resultados que se obtuvieron.

Tabla 13

Tabulación de datos obtenidos de vehículo BEV.

Investigación del sistema de tracción de motocicleta con sidecar BEV mediante la construcción de un prototipo vehículo categoría L4 mtos eléctrico.						
PRUEBA 1						
OCUPANTES	PESO (Kg)	BATERÍA	CARGA BATERÍA (%)	VELOCIDAD (Km/h)	DISTANCIA (Km)	TIEMPO
2	120	1	50	36	12,68	0:26:47
2	120	1	50	40	12,68	0:25:59
2	120	1	50	44	12,68	0:25:11
2	120	1	50	48	12,68	0:24:23
2	120	1	50	52	12,68	0:23:35
PRUEBA 2						
OCUPANTES	PESO (Kg)	BATERÍA	CARGA BATERÍA (%)	VELOCIDAD (Km/h)	DISTANCIA (Km)	TIEMPO
2	120	1	50	35	14,56	0:30:01
2	120	1	50	40	14,56	0:29:15
2	120	1	50	45	14,56	0:28:29
2	120	1	50	50	14,56	0:27:43
PRUEBA 3						
OCUPANTES	PESO (Kg)	BATERÍAS	CARGA BATERÍA (%)	VELOCIDAD (Km/h)	DISTANCIA (Km)	TIEMPO
2	120	2	100	40	63,07	2:06:21

Investigación del sistema de tracción de motocicleta con sidecar BEV mediante la construcción de un prototipo vehículo categoría L4 mtos eléctrico.

2	120	2	100	45	63,07	2:01:20
2	120	2	100	50	63,07	1:56:19
2	120	2	100	55	63,07	1:51:18
2	120	2	100	60	63,07	1:46:17

PRUEBA 4

OCUPANTES	PESO (Kg)	BATERÍAS	CARGA BATERÍA (%)	VELOCIDAD (Km/h)	DISTANCIA (Km)	TIEMPO
2	120	2	75	40	55,86	1:43:34
2	120	2	75	45	55,86	1:32:34
2	120	2	75	50	55,86	1:56:19
2	120	2	75	55	55,86	1:51:18
2	120	2	75	60	55,86	1:46:17

PRUEBA 5

OCUPANTES	PESO (Kg)	BATERÍAS	CARGA BATERÍA (%)	VELOCIDAD (Km/h)	DISTANCIA (Km)	TIEMPO
2	120	2	100	40	9,63	0:32:45
2	120	2	100	45	9,63	0:29:08
2	120	2	100	50	9,63	0:26:11
2	120	2	100	55	9,63	0:24:36
2	120	2	100	50	9,63	0:22:41
2	120	2	100	60	9,63	0:20:57

PRUEBA 6

OCUPANTES	PESO (Kg)	BATERÍAS	CARGA BATERÍA (%)	VELOCIDAD (Km/h)	DISTANCIA (Km)	TIEMPO
-----------	-----------	----------	-------------------	------------------	----------------	--------

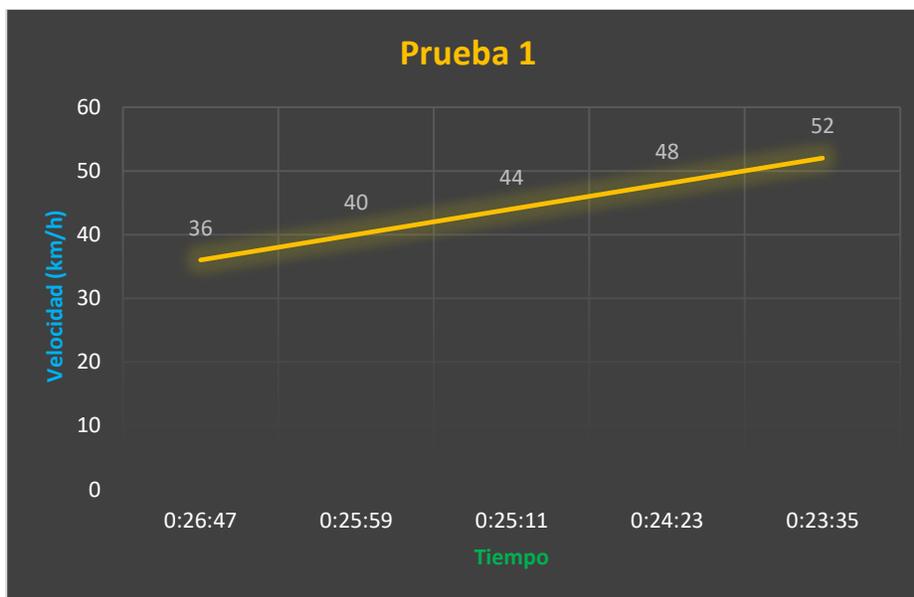
Investigación del sistema de tracción de motocicleta con sidecar BEV mediante la construcción de un prototipo vehículo categoría L4 mtos eléctrico.						
2	120	2	75	40	8,15	0:28:56
2	120	2	75	45	8,15	0:24:22
2	120	2	75	50	8,15	0:19:48
2	120	2	75	55	8,15	0:17:26
2	120	2	75	50	8,15	0:15:04
2	120	2	75	60	8,15	0:11:04

Nota. La tabla representa los valores obtenidos de velocidad, distancia, tiempo y porcentaje de descarga de baterías en cada una de las rutas establecidas para las pruebas.

A través de los datos de la tabla 10, se puede realizar el análisis de cada una de las pruebas desarrolladas para el vehículo BEV en la ciudad de Latacunga en las rutas designadas, la longitud recorrida en la vía perimetral y en el centro de la ciudad son idénticas, teniendo un rendimiento similar en los trayectos, considerando los parámetros iniciales de las pruebas como número de ocupantes, peso de los ocupantes, número de baterías accionadas y porcentaje de carga de baterías de igual forma la selección del modo de operación de la tracción eléctrica a través de los mandos de control; el sentido F drive para dirigirse hacia adelante, la selección de velocidad dependiendo de la demanda de velocidad en I, II y III dentro de la ruta y la variación en el acelerador según se encuentre en línea recta, curvas y ascenso y descenso de pendientes.

Figura 104

Diagrama de velocidad vs tiempo para prueba 1

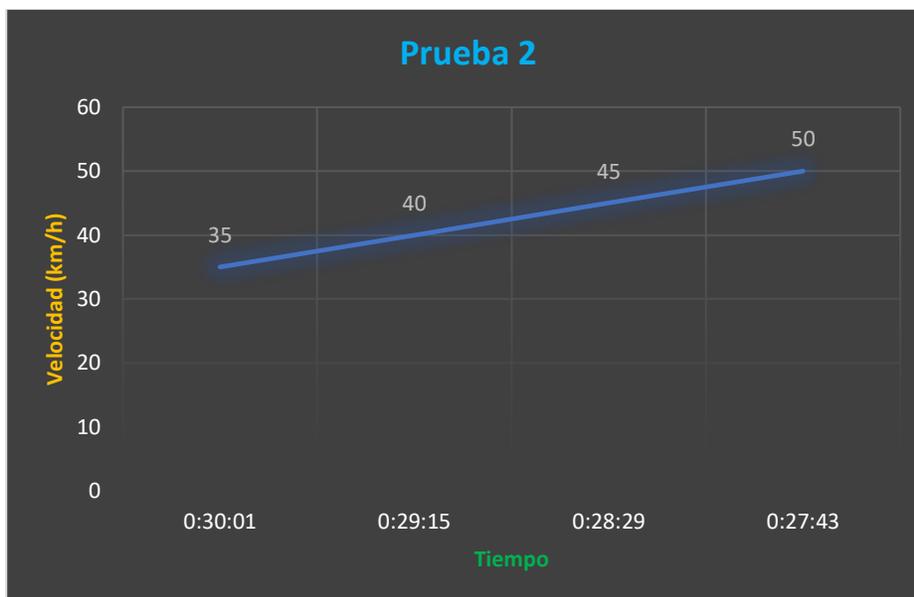


Nota. Se representa una variación de velocidad vs tiempo generado en la prueba 1 mediante la tabulación de datos.

A través de los resultados obtenidos en la ruta 1 se obtuvo la variación del tiempo desde la primera vuelta a los 26 minutos con 47 segundos a una velocidad de $36 \frac{Km}{h}$, la segunda vuelta a los 25 minutos con 59 segundos a una velocidad de $40 \frac{Km}{h}$, la tercera vuelta a los 25 minutos con 11 segundos a una velocidad de $44 \frac{Km}{h}$, la cuarta vuelta a los 24 minutos con 23 segundos a una velocidad de $48 \frac{Km}{h}$, la quinta vuelta a los 23 minutos con 35 segundos a una velocidad de $52 \frac{Km}{h}$, donde se denota que a menor tiempo transcurrido la prueba mayor velocidad se genera y viceversa en la distancia total de la ruta de 12,68 kilómetros.

Figura 105

Diagrama de velocidad vs tiempo para prueba 2

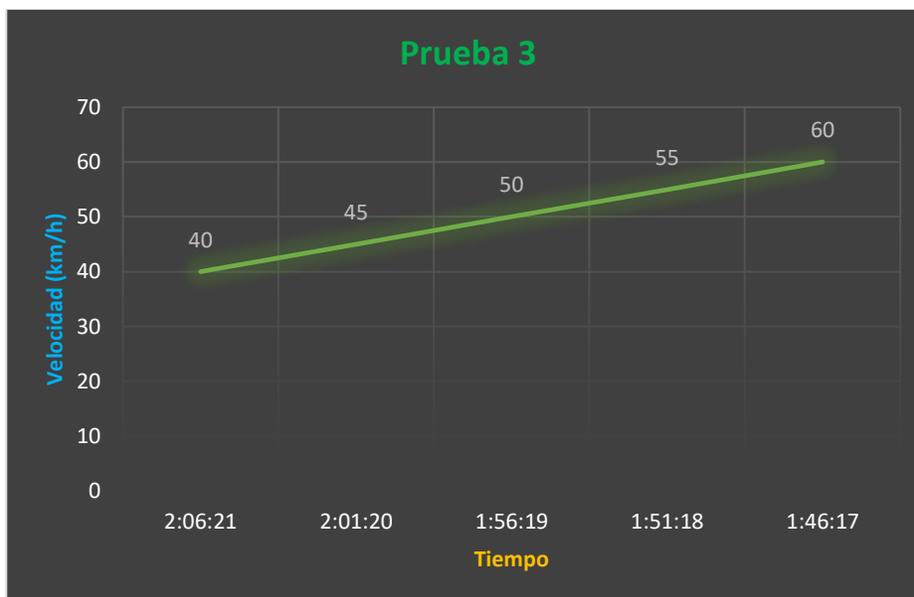


Nota. La variación creciente de la velocidad contra el tiempo empleado en el transcurso de la ruta 1.

Gracias a los resultados de la tabla 10 se constata la variación de las velocidades de $35 \frac{Km}{h}$ se logró un tiempo de 30 minutos con 01 segundos, de $40 \frac{Km}{h}$ en un tiempo de 29 minutos con 15 segundos, de $45 \frac{Km}{h}$ en un tiempo de 28 minutos con 29 segundos, de $50 \frac{Km}{h}$ en un tiempo de 27 minutos con 43 segundos, donde se visualiza de forma creciente el aumento de la velocidad con respecto al tiempo el cual disminuye debido a factores como viento, frenado, conocimiento de la ruta que tiene una distancia de 14,56 km.

Figura 106

Diagrama de velocidad vs tiempo para prueba 3

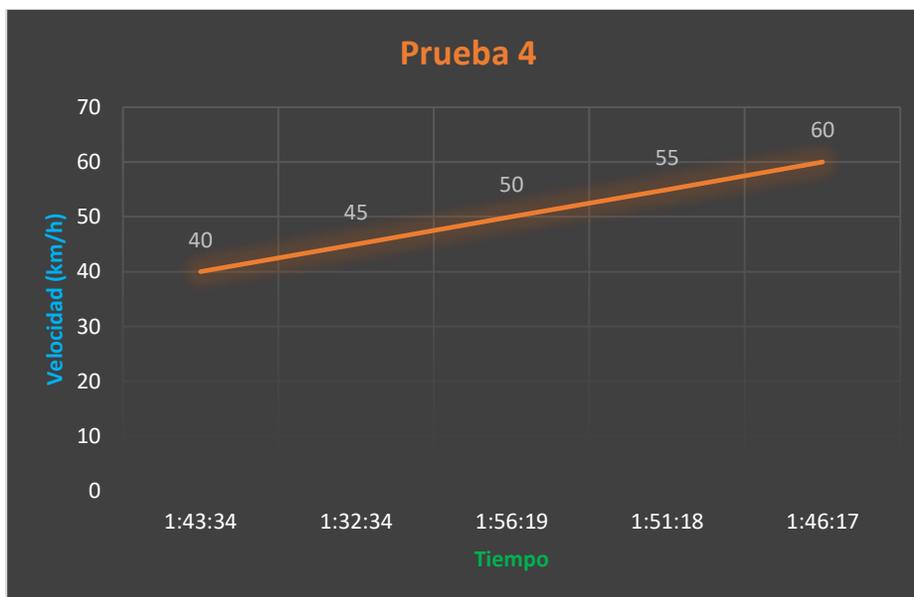


Nota. El aumento de velocidad del prototipo respecto al tiempo que culmina la prueba.

Por medio de los resultados conseguidos en una longitud de ruta de 63,07 km para determinar la autonomía se verifica una variación de los tiempos como primer dato a las 2 horas 06 minutos con 21 segundos a una velocidad de $40 \frac{Km}{h}$, segundo dato a las 2 horas 01 minuto con 20 segundos a una velocidad de $45 \frac{Km}{h}$, tercer dato a 1 hora 56 minutos con 19 segundos a una velocidad de $50 \frac{Km}{h}$, cuarto dato a 1 hora 51 minutos con 18 segundos a una velocidad de $55 \frac{Km}{h}$, último dato a 1 hora 46 minutos con 17 segundos a una velocidad de $60 \frac{Km}{h}$.

Figura 107

Diagrama de velocidad vs tiempo para prueba 4

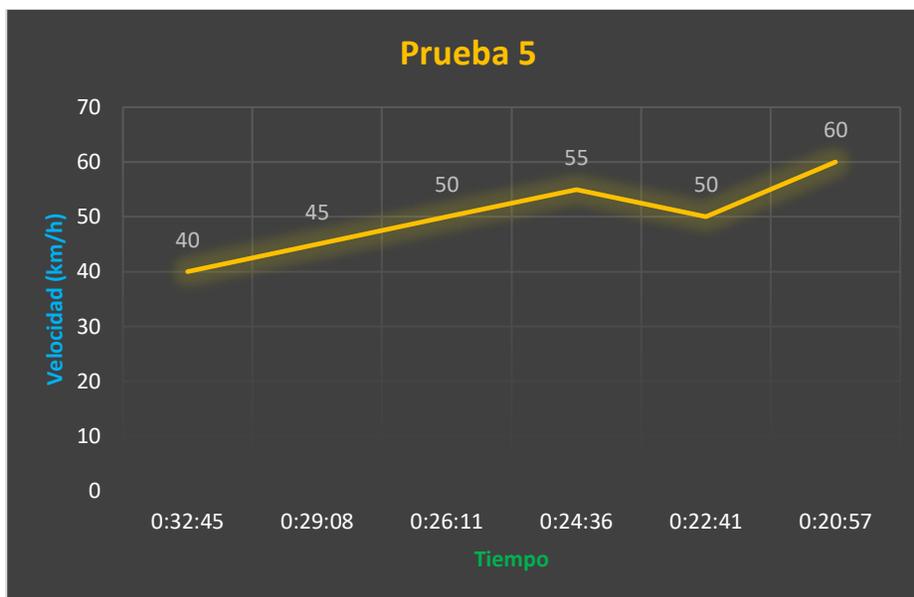


Nota. La variación de velocidad vs tiempo según los datos registrados en la prueba 4.

Mediante los resultados registrados para la prueba 4 se consiguió una variación del tiempo desde 1 hora 43 minutos con 34 segundos alcanzo una velocidad de $40 \frac{Km}{h}$, 1 hora 32 minutos con 34 segundos alcanzo una velocidad de $45 \frac{Km}{h}$, 1 hora 56 minutos con 19 segundos alcanzo una velocidad de $50 \frac{Km}{h}$, 1 hora 51 minutos con 18 segundos alcanzo una velocidad de $55 \frac{Km}{h}$, 1 hora 46 minutos con 17 segundos alcanzo una velocidad de $60 \frac{Km}{h}$, donde se analiza que en una longitud de ruta de 55,86 kilómetros a menor tiempo transcurrido confiere menor velocidad.

Figura 108

Diagrama de velocidad vs tiempo para prueba 5

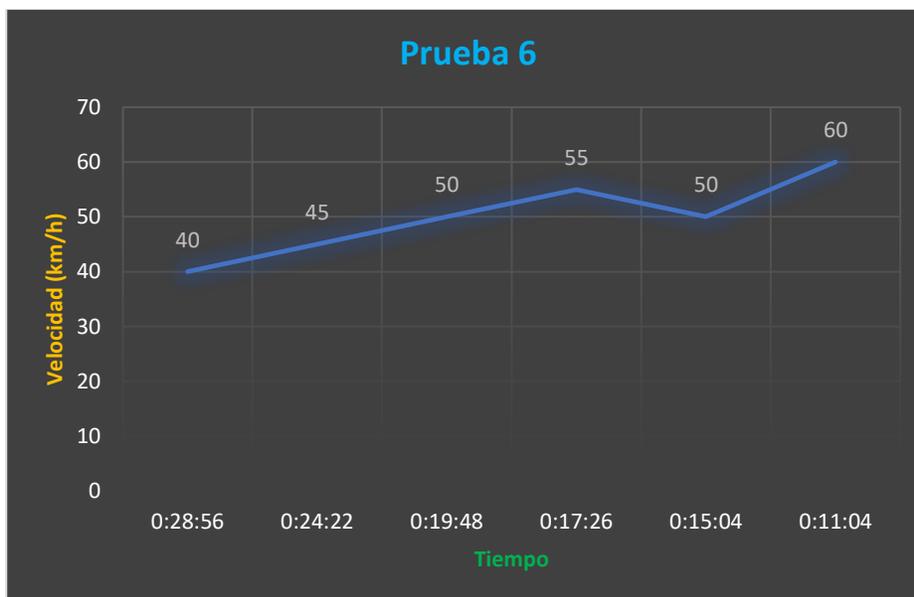


Nota. La variante creciente y decreciente de la velocidad contra el tiempo desarrollados en los registros de la tabla 10.

Gracias a los datos de la tabla 10 se constata en la distancia de 9,63 km la variación de las velocidades de $40 \frac{Km}{h}$ se logró un tiempo de 32 minutos con 45 segundos, de $45 \frac{Km}{h}$ en un tiempo de 29 minutos con 08 segundos, de $50 \frac{Km}{h}$ en un tiempo de 26 minutos con 11 segundos, de $55 \frac{Km}{h}$ en un tiempo de 24 minutos con 36 segundos, de $50 \frac{Km}{h}$ en un tiempo de 22 minutos con 41 segundos, de $60 \frac{Km}{h}$ en un tiempo de 20 minutos con 57 segundos, donde se visualiza de forma variable el aumento y disminución de la velocidad con respecto al tiempo el cual disminuye a los 22 minutos con 41 segundos debido a que la velocidad llegó a $50 \frac{Km}{h}$ afectados en la gráfica por factores físicos que se produjeron en la ruta.

Figura 109

Diagrama de velocidad vs tiempo para prueba 6



Nota. La variación de velocidad del vehículo respecto al tiempo que finalizó la prueba.

Por medio de los resultados tabulados en una longitud de ruta de 8,15 km se verifica una variación de los tiempos como primer valor a los 28 minutos con 56 segundos a una velocidad de $40 \frac{Km}{h}$, segundo valor a los 24 minutos con 22 segundos a una velocidad de $45 \frac{Km}{h}$, tercer valor a los 19 minutos con 48 segundos a una velocidad de $50 \frac{Km}{h}$, cuarto valor a los 17 minutos con 26 segundos a una velocidad de $55 \frac{Km}{h}$, quinto valor a los 15 minutos con 04 segundos a una velocidad de $50 \frac{Km}{h}$, último dato a los 11 minutos con 04 segundos a una velocidad de $60 \frac{Km}{h}$, la variación se desarrolló debido a la descarga de las baterías y a la demanda del motor eléctrico en transportar a los ocupantes.

Capítulo V

Marco administrativo

Recursos

Para realizar la presente investigación de una manera ordenada, metódica y concisa se realizará a continuación un análisis de los recursos humanos, tecnológicos y materiales que se necesitó y la optimización de los mismos.

Recursos humanos

Los recursos humanos que intervinieron en la realización y construcción de la presente investigación se muestran en la Tabla.

Tabla 14

Recursos humanos.

Ord.	Descripción	Cantidad	Función
1	Sr. Gavilanes Córdova Alex Daniel	1	Investigador
2	Sr. López Alomoto Kevin Omar	1	Investigador
			Colaborador Científico
3	Ing. Leonidas Antonio Quiroz Erazo	1	Asesor de vehículos eléctricos
			Investigador

Nota. La tabla demuestra los recursos humanos que intervinieron en la presente investigación

Recursos tecnológicos

Para la presente investigación se necesitaron varios artefactos tecnológicos que se muestran en la tabla

Tabla 15*Recursos tecnológicos.*

Ord.	Detalle	Cantidad	Costo
2	Computadoras	2	\$ 0
2	Instalación de sistemas de simulación CAD	2	\$ 40
2	Instalación de sistema de simulación de circuitos	2	\$ 4
TOTAL			\$ 44.00

Nota. Costo de la instalación de los sistemas para la simulación del vehículo eléctrico.

Recursos materiales

En la presente investigación se necesitó materiales primordiales que se detallan en la Tabla 12.

Tabla 16*Recursos materiales.*

Ord.	Cantidad	Detalle	Costos unitarios	Costo total USD
1	2	Kit de TRACCIÓN BEV	\$ 1.400.00	\$ 2.800.00
2	1	Imprevistos	\$ 200.00	\$ 200.00
3	1	Juego de luces	\$ 60.00	\$ 60.00
4	1	Juego de retrovisores	\$ 5.00	\$ 5.00
5	1	Fibra de vidrio	\$ 100.00	\$ 100.00
6	3	Neumáticos con tubos	\$ 30.00	\$ 90.00

Ord.	Cantidad	Detalle	Costos unitarios	Costo total USD
7	3	Aros Rin 18	\$ 30.00	\$ 90.00
8	5	Amortiguadores	\$ 40.00	\$ 200.00
TOTAL				\$ 3545.00

Nota. Gastos necesarios para la construcción de la presente investigación.

Presupuesto

Costo neto del proyecto

El precio total del proyecto titulado como: "INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE TRACCIÓN DE MOTOCICLETA CON SIDECAR BEV MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO VEHÍCULO CATEGORÍA L4 MTOS ELÉCTRICO." resulta de la suma total de los recursos utilizados más la movilización.

Tabla 17

Costo neto del proyecto.

Descripción	Costo total USD
Recursos materiales	\$3.545,00
Recursos tecnológicos	\$44,00
TOTAL	\$ 3.589,00

Nota. En la tabla se muestra el costo neto de la presente investigación.

Conclusiones

- Se fundamentó teóricamente el sistema de tracción de la motocicleta con sidecar BEV a través de fuentes bibliográficas confiables, de acuerdo con las prestaciones deseadas para el prototipo, consiguiéndose establecer la selección y especificación de los componentes, considerando los comercializados en el país y los importados.
- El diseño del prototipo BEV se sustentó a través de herramientas CAD y sus simulaciones de las partes involucradas, fundamentalmente la parte mecánica, permitiendo obtener resultados significativos como esfuerzos de deformación, factor de seguridad, desplazamientos. Factores que nos indicaron no rediseñar por completo ningún componente debido a su resistencia a esfuerzos ya que se eligieron con el material adecuado en base a la geometría desarrollada.
- El análisis estático del prototipo BEV desarrollado en las bases que soportan las cargas puntuales en la motocicleta y en el sidecar con ayuda del diseño asistido por computador, permitió establecer los esfuerzos de deformación, evidenciando un esfuerzo de 99,07 MPa y 166 MPa, comprendiendo que ninguno de los valores supera el esfuerzo último a fluencia del material de 250 MPa.
- Al mecanismo de sujeción que une la motocicleta con el sidecar, se aplicó cargas vivas y cargas muertas en los puntos de anclaje, de modo que se obtuvo un coeficiente de seguridad de 26.39 superando considerablemente los estándares de diseño.
- En la simulación de la herramienta de simulación eléctrica y electrónica para los sistemas de tracción eléctrica y accesorios, se identificó la función de los controladores utilizados, al ser de similares características se evitó un problema de comunicación entre los dos motores eléctricos.
- Se estableció un proceso para la instalación de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos los cuales se encuentran expresados en diagramas de flujo, considerando

parámetros importantes a la hora de la elaboración del prototipo BEV, mismos que se encuentran descritos en el trabajo de investigación.

- El dimensionamiento mediante la normativa ISO de los elementos que conforman el sistema de tracción eléctrica nos aseguró una alta fiabilidad y disponibilidad del sistema, de forma que para los mantenimientos necesarios sea factible reemplazar los componentes que presenten averías.
- En las pruebas realizadas al prototipo BEV se pudo determinar la autonomía de 63,07 kilómetros con una velocidad máxima de $41 \frac{Km}{h}$ al activar las 2 baterías con cargas muertas de 2 ocupantes de 120 *kg*, que supera a la autonomía que promocionan las motocicletas eléctricas comerciales en el Ecuador.
- Para las pruebas desarrolladas entre los dos campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas al existir una variación en las rutas se constató que existe una distancia mayor por la vía perimetral de 9,63 kilómetros, pero en la ruta opuesta se pudo alcanzar una mayor velocidad de $59 \frac{Km}{h}$ por lo tanto se la transito en un tiempo menor de 20 minutos con 57 segundos, lo que deduce a utilizar la ruta de ida y vuelta desde el campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara hacia el campus centro.
- La variación de velocidad depende de la resistencia del viento, el inicio de una pendiente, la proximidad a curvas y señales de tránsito, la cual se evidencia en las pruebas de ruta donde el rango fue de 36 a $60 \frac{Km}{h}$, según el tiempo recorrido que produjo una desaceleración del móvil.
- Por medio de las pruebas ejecutadas en el dinamómetro se constató una potencia de 1500 watts reales para cada motor eléctrico donde se diferenció el valor de 2000 watts nominales proporcionado en la ficha técnica del motor adquirido debido a pérdidas de potencia por el peso del prototipo y porque los fabricantes asemejan valores generales para la designación en las especificaciones de los productos.

Recomendaciones

- A fin de repotenciar el funcionamiento de la motocicleta con sidecar BEV es necesario la incorporación de un sistema de freno regenerativo, el cual se podrá obtener a través del cambio del controlador por uno programable que tiene como funcionalidad recargar las baterías en un 10%, al momento de estar en operación.
- Cabe anotar que el mercado de partes y componentes de vehículos con energía eléctrica están en permanente investigación, avance e innovación; conforme diseños que se enmarcan en la lógica de sostenibilidad y/o ambientalmente sustentable por lo tanto se recomienda dar continuidad al diseño y construcción de automotores ya que sustituyen el uso de combustibles fósiles.
- Investigar los avances tecnológicos que permanentemente buscan una mayor eficiencia para el diseño de automotores con consumo de energías limpias, contribuyendo a las estrategias de mitigación al cambio climático.
- Es importante profundizar en la investigación del diseño estructural a fin de procurar alternativas de diseño que busquen eficientes mecanismos de funcionamiento que consideren las fuerzas aerodinámicas de su carrocería.
- En consideración de que los componentes eléctricos del automotor diseñado y construido es menester recomendar el poner en funcionamiento periódico a fin de evitar el deterioro y agotamiento de los dispositivos que se da por falta de uso.
- El catálogo elaborado de la “motocicleta con sidecar BEV” contiene las recomendaciones generales que deben ser estrictamente aplicadas a fin de que se dé el uso adecuado que determina el óptimo tiempo de vida útil.
- Dar un mantenimiento periódico al prototipo BEV en cuestión a fin de garantizar la detección temprana de desperfectos y/o desgastes normales que puedan comprometer la afectación a otros mecanismos de funcionamiento sistémico.

- Es importante desarrollar investigaciones que prevean el mejoramiento de la calidad de los materiales utilizados para la construcción de la “motocicleta con sidecar BEV” considerando parámetros como peso específico, maleabilidad, resistencia, y durabilidad; los mismos que afectarán positivamente en la funcionalidad técnica, física y económica
- A fin de buscar mayor eficiencia en el diseño es recomendable ahondar en estudios que contemplen pruebas estáticas que permitan evaluar todos los parámetros de eficiencia mecánica, encontrando nuevas alternativas que prevean minimizar los errores que se puedan dar por agotamiento de los materiales utilizados.
- A fin de evitar posibles desgastes o agotamiento en las partes y piezas y/o componentes deben ser previamente evaluadas para garantizar la compatibilidad con el sistema existente, dando un posible mantenimiento preventivo y predictivo para un buen funcionamiento.
- Es importante promover la manufactura innovadora de partes y piezas, que al momento requieren la importación y adquisición de mercados internacionales a fin de abaratar los costes de construcción de automotores eléctricos en el país.

Bibliografía

AEADE. (2019). *ASOCIACIÓN DE EMPRESAS AUTOMOTRICES DEL ECUADOR*.

AEADE. (2020). *Sector Automotor en cifras*. www.aeade.net

Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2019). *PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA*.

Asistencia, T. (2020, Julio 12). *Historia del sidecar*. Historia Del Sidecar.

<https://www.ada.es/noticias-ada/historia-del-sidecar/>

Basset Salom, L. (2016). *Leyes de esfuerzos y funciones de desplazamiento a lo largo de una barra* (pp. 2–5).

Berja, J. (2020). *DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENADO DE UNA MOTOCICLETA PARA CIRCULACIÓN EN CARRETERA*. Universidad Politécnica de València.

Casajús, L. (2012). Tipos de chasis de motocicleta. *Centro Zaragoza*, 51(1), 1–4.

Chile, P. de E. de. (2016). *TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS*.

[https://energia.gob.cl/electromovilidad/img/8.TiposvehiculosBEV,PHEV,FCEV\(Animada\).pdf](https://energia.gob.cl/electromovilidad/img/8.TiposvehiculosBEV,PHEV,FCEV(Animada).pdf)

CINAE. (2021). *Boletín Vehículos Nuevos*.

Dovico, S. (2017). *Lateral Dynamics of a Sidecar Vehicle Definition of a simplified model and parameters optimization*. Politécnico di Milano.

Durán, M., Aguilera, J., Guerrero-Ramírez, G., Claudio, A., Vela, L. G., & Gudiño-Lau, J. (2010). Modelado del Sistema de Tracción para un Vehículo Eléctrico. *Congreso Anual, de La Asociación de México de Control Automático*, 400–480.

- Fernández, E., Coello, M., P., O., & Salamea, V. (2016). Diseño e Implementación de un Prototipo de Motocicleta Eléctrica, para movilidad de Estudiantes. *XXIII SEMINARIO ANUAL DE AUTOMÁTICA, ELECTRÓNICA INDUSTRIAL E INSTRUMENTACIÓN*, 1–7. <https://www.researchgate.net/publication/308033417%0ADiseño>
- Floyd, T. L. (2007). *Principios de Circuitos Eléctricos* (Octava). www.pearsoneducacion.net/Floyd
- García, M. (2014). *La Necesidad de Movilidad y el Medioambiente en las Grandes Ciudades: Propuesta de un Nuevo Servicio de Alquiler de Motos Eléctricas*. Universidad Pontificia Icaicade Comillas Madrid.
- García, Víctor. (2017). *DISEÑO Y DESARROLLO DE LA SUSPENSIÓN TRASERA DE UNA MOTOCICLETA PARA LA COMPETICIÓN MOTOSTUDENT*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación.
- Hibbeler, R. C. (2017). *Mecánica de Materiales* (Pearson, Ed.; Novena).
- INEC. (2019).
- Kaleg, S., Hapid, A., & Kurnia, M. R. (2015). Electric vehicle conversion based on distance, speed and cost requirements. *Energy Procedia*, 68, 446–454. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.03.276>
- López Martínez, J. M. (2015). *Vehículos híbridos y eléctricos: diseño del tren propulsor*. Dextra Editorial.
- Luis, E., Delgado, C., Pantoja, M., & Pantoja, A. (2014). El Hombre y la Máquina. *Redalyc.Org*, 45(1), 88–97. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47838946011>
- Mañez, G., Bermúdez, E., & Araya, M. (2018). *MOVILIDAD ELÉCTRICA*. <http://movelatam.org/transicion/>

- Mecánico Automotriz. (2014, Noviembre 11). *Manual Amortiguación Trasera*. Amortiguador Trasero.
- Mezquíriz, F., & Carrera, V. (2016). *DISEÑO DE UNA SUSPENSIÓN DEL TIPO TELELEVER*. Universidad Pública de Navarra.
- Mis Motos Eléctricas. (2013). *Características generales de las motos eléctricas*. Motos Eléctricas Actuales, Todos Los Modelos, Caros, Baratos, Rápidas, Lentas, Pequeñas y Grandes. <https://www.mismotoselectricas.com/caracteristicas-generales-motos-electricas-304.html#comments>
- NTE-INEN. (2016). *CLASIFICACIÓN VEHICULAR*.
- Palao, O. (2019). *Análisis, diseño y simulación del estudio energético de una motocicleta eléctrica de competición*. Universitat Politècnica de Valencia.
- PELLICER, E. (1997). *AUTOMÓVILES ELÉCTRICOS* (primera). INO Reproducciones, SA. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/205232?page=36>
- Pérez, Á. (2018, Enero 2). Una marca ecuatoriana fabrica motos eléctricas. *El Telégrafo*, 1. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/1/una-marca-ecuatoriana-fabrica-motos-electricas>
- Piccardo, J., & Prieto, A. (2012). *VEHÍCULO ELÉCTRICO DE PRODUCCIÓN NACIONAL*. Universidad de Buenos Aires.
- COMEX, 1 (2018).
- Suescum, A. (2019). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE MOTOS ELÉCTRICAS COMO ALTERNATIVA DE TRASPORTACIÓN PRIVADA EN LA CIUDAD DE DAULE*. Universidad de Guayaquil.

Twenergy. (2019, Diciembre 4). *Las motos eléctricas y sus ventajas*. Coches Eléctricos.

<https://twenergy.com/coches-electricos/el-aceleron-de-las-motos-electricas/>

Ugarteche, O., León, C., & OBELA. (2020). Vehículos eléctricos en América Latina.

Observatorio Económico Latinoamericano, 8(1), 1–3.

Viñas, S. (2006). *Circuitos eléctricos del automóvil*. S.A. EDICIONES PARANINFO.

Anexos