



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

Carrera Ingeniería en Mecánica Automotriz

Dimensionamiento de batería y cargador para una moto eléctrica

Trabajo de titulación previo a la
obtención del Título de Ingeniero
Mecánico Automotriz

AUTOR:

David Joel Granda Ramírez

DIRECTORA:

Ing. Christian Andrés Caraguay Correa, Mg.Sc.

Loja - Ecuador

2023

Certificación.

Loja, 16 de enero de 2023

Ing. Christian Andrés Caraguay Correa, Mg. Sc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Dimensionamiento de batería y cargador para una moto eléctrica**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Mecánico Automotriz**, de la autoría del estudiante **David Joel Granda Ramírez**, con **cédula de identidad Nro. 1105921652**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Christian Andrés Caraguay Correa, Mg. Sc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría.

Yo, **David Joel Granda Ramírez**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma

Cédula de Identidad: 1105921652

Fecha: 15 de febrero de 2023

Correo electrónico: david.granda@unl.edu.ec

Teléfono: 0960495126

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo **David Joel Granda Ramírez** declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Dimensionamiento de batería y cargador para una moto eléctrica**, como requisito para optar el título de **Ingeniero Mecánico Automotriz**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los quince días del mes de febrero del dos mil veintitrés.

Firma:

Autor: David Joel Granda Ramírez

Cédula: 1105921652

Dirección: Loja (Daniel Álvarez)

Correo electrónico: david.granda@unl.edu.ec

Teléfono: 07-2680845 / 072680845/0960495126

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo Titulación: Ing. Christian Andrés Caraguay Correa, Mg.

Dedicatoria.

Dedico con el corazón mi Trabajo de Titulación a mi madre, padre, hermana y hermano que me ha apoyado a lo largo de este camino de conocimientos y retos. Gracias a sus bendiciones y ánimos he logrado llegar al punto en donde estoy. Por eso dedico mi trabajo a ellos por su paciencia y amor.

David Joel Granda Ramírez

Agradecimiento.

Primeramente, quiero agradecer a Dios por darme la gracia del conocimiento y la experiencia de vivir una carrera universitaria, gracias a mis profesores por siempre impartirme de sus conocimientos, gracias a mi tutor del Trabajo de Titulación por sus enseñanzas y guías, gracias infinitas a mi familia y amigos por siempre apoyarme.

David Joel Granda Ramírez

Índice de contenido.

Portada	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenido.....	vii
Índice de tablas.....	xiv
Índice de figura.....	xv
Índice de anexos	xvii
Glosario	xviii
1 Título	1
2 Resumen.....	2
2.1 Abstract.....	3
3 Introducción.....	4
4 Marco Teórico.	5
4.1 Historia de las Motocicletas Eléctricas.....	5
4.2 Tecnología Clave de los Vehículos EV.....	7
4.2.1 Electrónica de Potencia y Máquinas Eléctricas.....	7
4.2.2 Sistemas de Almacenamiento de Energía.	7
4.2.3 Gestión Térmica.	7
4.3 Clasificación de las Baterías.....	8

4.3.1	La Batería de Plomo y Ácido.	9
4.3.2	Baterías de Níquel y Cadmio.	9
4.3.3	Baterías de Electrolito Inmovilizador.	9
4.3.4	Baterías de Li-ion.	10
4.3.5	Batería de LiPo.	10
4.3.6	Baterías NMC.	11
4.3.7	Baterías LFP.	12
4.3.8	Baterías Ni-MH.	13
4.4	Principio de Funcionamiento de Baterías de Moto Eléctrica.	14
4.5	Parámetros Importantes de la Batería.	15
4.6	Estados de Carga de la Batería.	17
4.6.1	Relación Carga Lenta – Rápida.	17
4.6.2	Funcionamiento.	18
4.7	Fórmulas para Seleccionar la Batería.	20
4.7.1	Capacidad de Carga de la Batería.	20
4.7.2	Energía Almacenada.	20
4.7.3	Fórmula para Calcular el Número de Celdas.	21
4.7.4	Cálculo del voltaje en función del número de celdas.	21
4.7.5	SoC (State of Charge)- Estado de carga.	21
4.7.6	Autonomía SoC en Km.	21
4.7.7	Consumo en Conducción.	22
4.7.8	Energía Neta.	22

4.7.9	DoD (Deep of Discharge).	22
4.7.10	Tiempo de carga.	23
4.7.11	Fórmula de la Densidad Energética de la Batería.	23
4.8	Cargadores de Baterías.	23
4.8.1	Tipos de Cargadores.	23
4.9	Fórmula de Especificaciones de Salida de Voltaje.	26
4.10	Corriente a la Salida.	27
4.11	Modos de Carga de la Batería.	27
4.11.1	Modo 1.	27
4.11.2	Modo 2 – Modo de Carga Convencional.	28
4.11.3	Modo 3 – Carga Semi-Rápida.	28
4.11.4	Modo 4 – Carga Rápida.	29
4.12	Ciclo de Conducción.	30
5	Metodología.	31
5.1	Flujograma del Proceso.	32
5.2	Equipos e Instrumentos.	33
5.2.1	Multímetro.	33
5.2.2	Osciloscopio.	33
5.2.3	Batería.	33
5.2.4	Cargador de batería.	33
5.2.5	Arduino.	34
5.2.6	Computador.	34

5.2.7	Torque PRO.....	34
5.2.8	Programa de Diseño Inventor.....	34
5.2.9	Programa de Simulación ANSYS	34
5.2.10	Sensor de Corriente.	34
5.2.11	Programa Labview.	35
5.3	Dimensionamiento de la Batería.....	35
5.3.1	Características de las Baterías.	35
5.3.2	Kilómetros que se puede recorrer con esta batería a lo largo de toda su vida útil	
	36	
5.3.3	Cálculo del Consumo en Conducción.	36
5.3.4	Energía Necesaria.....	37
5.3.5	Energía Batería Bruta.	37
5.3.6	Cálculo de la Densidad de cada Batería.	37
5.3.7	Dimensionamiento de la Batería Acorde al Número de celdas.....	38
5.3.8	Cálculo del Número de Celdas en Serie en Pilas NMC.	38
5.3.9	Cálculo del Número de Celdas en Paralelo, Potencia y Energía en Pila NMC..	38
5.3.10	Cálculo del Número de Celdas en Serie en Pilas LFP.	39
5.3.11	Cálculo del Número de Celdas en Paralelo, Potencia y Energía en Pila LFP....	39
5.3.12	Diferentes Disposiciones de las Celdas de la Batería.	39
5.3.13	Baterías en el Mercado con Disposición de celdas de 17s10p con 1.84 kW de	
	Aporte de Energía.....	41
5.4	Dimensionamiento Cargador.....	42

5.4.1	Voltaje de Cargador SK0207.	42
5.4.2	Corriente de Salida del Cargador SK0207.	42
5.4.3	Tiempo de Carga SK0207.	43
5.4.4	Voltaje de Cargador YL0801.	43
5.4.5	Corriente de Salida del Cargador YL0801.	43
5.4.6	Tiempo de Carga YL0801.	43
5.4.7	Voltaje de Cargador AM0203.	44
5.4.8	Corriente de Salida del Cargador AM0203.	44
5.4.9	Tiempo de Carga AM0203.	44
5.5	Modelado del Sistema de Aislamiento.	44
5.5.1	Análisis de la Normativa Aplicable.	44
5.5.2	Ensayos de Seguridad y Fiabilidad.	45
5.6	Focalización de Criterios para Selección de Material para Cubierta de Batería por Medio de “Expert Choice”.	46
5.6.1	VARIABLES A CONSIDERAR PARA EVALUACIÓN DEL MATERIAL.	46
5.6.2	Los Materiales a Evaluar.	47
5.6.3	Resultado del Análisis en Expert Choice.	47
5.7	Selección de Material Mediante el Programa Ces Edupack.	48
5.7.1	Parámetros que se Consideraron Para la Elección del Aluminio.	49
5.7.2	Análisis en Expert Choice Para la Elección del Aluminio.	51
5.7.3	Análisis del Acero Inoxidable en Ces Edupack.	51
5.7.4	Análisis en Expert Choice Para la Elección del Acero Inoxidable.	53

5.7.5	Análisis de Precios con Ayuda del Software Ces Edupack.	54
5.8	Modelado y Fabricación del Sistema Aislante de la Batería.	55
5.8.1	Análisis de Resistencia de la Carcasa.	56
5.8.2	Análisis de Vibración de la Carcasa.....	57
5.8.3	Mecanismo de anclaje de la batería.....	59
5.8.4	Soporte de Mecanismo de Anclaje de Batería.	60
5.8.5	Carga externa de la batería.	61
5.9	Parámetros de Funcionamiento de la Batería SK0207.	61
5.9.1	Factores a Considerar Antes de las Pruebas y la Obtención de las Gráficas.	61
5.9.2	Identificación y Caracterización de Pines para Obtención de Datos.	62
5.9.3	Obtención de Datos por medio de la Red de Comunicación 485 A y 485 B.	65
5.9.4	Conversión de Velocidad de Transmisión de Información.....	66
5.9.5	Circuito de Conversión de Datos.	67
5.9.6	Lectura de Datos en ASCII y Transformación a Decimal.	68
5.10	Desarrollo de la Programación para la Adquisición de Datos en LabView	70
5.10.1	Identificación de la temperatura de la batería.	70
5.10.2	Identificación del %SoC de la batería.	72
5.10.3	Identificación del voltaje de la batería.	73
5.10.4	Identificación de la corriente de la batería.	75
5.10.5	Sistema de adquisición de datos basado el sistema de comunicación ModBus RS485 completo.	76
5.11	Pruebas Para la Adquisición de Datos de Funcionamiento de la Batería.	77

6	Resultados.	79
6.1	Selección de la Batería.	79
6.2	Selección de Cargador Para Batería.	80
6.3	Disposición de la batería y fabricación de la carcasa de la batería.....	82
6.4	Resultados de Adquisición de Datos de la Batería.	84
7	Discusión.	87
8	Conclusiones.	89
9	Recomendaciones.	91
10	Bibliografía.	92
11	Anexos	100

Índice de tablas:

Tabla 1. Características de los Diferentes Tipos de Baterías.	13
Tabla 2. Nomenclatura que Define la Capacidad de Carga de la Batería.	16
Tabla3. Efectos de una Carga Lenta 0.5-0.7 A, en Relación con una Carga Rápida 0.7-1 A. 17	
Tabla 4. Clasificación de la Protección IP.	26
Tabla 5. Cuadro Resumen de las Características de Trabajo de las celdas Propuestas.....	37
Tabla 6. Distribución de Celdas Acorde a su Material.....	40
Tabla 7. Características de las Baterías que Podrían ser Utilizadas en la Moto.....	41
Tabla 8. Cuadro Resumen de la Densidad de las Baterías Estudiadas.....	42
Tabla 9. Características de los Materiales a Evaluar.....	47
Tabla 10. Propiedades del Aluminio de Acuerdo a su Norma.	50
Tabla 11. Propiedades del Acero Inoxidable de Acuerdo a su Norma.....	53
Tabla 12. Frecuencias Naturales de carcasa de batería	58
Tabla 13. Caracterización de los Pines del Cable de Batería.	63
Tabla 14. Características del Cableado del Módulo.....	64
Tabla 15. Características de los Pines del Panel de Instrumentos.....	65
Tabla 16. Diagrama de Bloques y Panel de Visualización del Indicador de Temperatura.	71
Tabla 17. Diagrama de Bloques y Panel de Visualización del Indicador del SoC.....	73
Tabla 18. Diagrama de Bloques y Panel de Visualización del Indicador de Voltaje.....	74
Tabla 19. Diagrama de Bloques y Panel de Visualización del Indicador de Corriente.	76
Tabla 20. Diagrama de Bloques y Panel de Visualización del Indicador de Todo el Sistema.	77
Tabla 21. Cuadro Resumen de las Características de las Baterías.	79
Tabla 22. Cuadro Resumen de las Características de los Cargadores.....	81
Tabla 23. Datos Adquiridos por Medio de la Red R485 Modbus RTU con Carga de Batería Mayor a 90%.....	84
Tabla 24. Datos Adquiridos por Medio de la Red R485 Modbus RTU con Carga de Batería Menor a 50%.....	85

Índice de figura:

Figura 1. <i>Motocicleta Eléctrica Socovel.</i>	5
Figura 2. <i>Peugeot Scoter -Sléctrica 1996.</i>	6
Figura 3. <i>Harley-Davidson LiveWire 2018.</i>	6
Figura 4. <i>Capacidad de la Batería en Función del Tiempo a Distintas Temperaturas.</i>	8
Figura 5. <i>Esquema de Carga y Descarga de la Batería de Ion-Litio.</i>	10
Figura 6. <i>Porcentajes de Magnesio, Níquel y cobalto de Baterías NMC, NCA y LCO.</i>	12
Figura 7. <i>Proceso de Polarización de la Pila Zn-Cu.</i>	15
Figura 8. <i>Respuesta de la Degradación de la Batería con una Intensidad de Carga de 5 A.</i> 19	
Figura 9. <i>Respuesta de la Degradación de la Batería con una Intensidad de Carga de 1 A.</i> 19	
Figura 10. <i>Cargador a Bordo en la Parte Izquierda, a la Derecha Cargador Externo.</i>	23
Figura 11. <i>Topología de Flujo de Corrientes de Cargador Unidireccional y Bidireccional.</i> 24	
Figura 12. <i>Modo Uno de Carga Batería con Conector Schuko.</i>	27
Figura 13. <i>Modo Dos de Carga – Carga Lenta.</i>	28
Figura 14. <i>Modo tres de carga – carga semi rápida.</i>	29
Figura 15. <i>Modo Cuatro – Carga Rápida.</i>	29
Figura 16. <i>Ciclo de Conducción EPA UDDS.</i>	30
Figura 17. <i>Flujograma Para Llevar a Cabo el Desarrollo de Inicio a Fin del Proyecto de Tesis.</i>	32
Figura 18. <i>Ruta de Prueba la cual Corresponde a toda la “Avenida Lateral del Paso Ángel F. Rojas”.</i>	35
Figura 19. <i>Criterios de Valorización para los Materiales.</i>	46
Figura 20. <i>Resultado del Análisis de Expert Choice</i>	48
Figura 21. <i>Interfaz de Ces Edupack 2019.</i>	49
Figura 22. <i>Filtrado de Materiales Basándonos en la Normativa de la INEN.</i>	50
Figura 23. <i>Resultados del Análisis de Materiales de Aluminios en "Expert Choice".</i>	51

Figura 24. <i>Universo de Materiales de CES Edupack, donde Resaltan el Acero Inoxidable y Aluminio.</i>	52
Figura 25. <i>Filtrado de Materiales Basándonos en los Aceros Inoxidables más Comercializados.</i>	52
Figura 26. <i>Resultados del Análisis de Materiales de Aceros Inoxidables en "Expert Choice".</i>	53
Figura 27. <i>Análisis de Precios y Resistividad Eléctrica.</i>	54
Figura 28. <i>Propuestas de Diseño Planteadas para Carcasa de Batería.</i>	55
Figura 29. <i>Evaluación de Modelos de Carcasa de Batería.</i>	56
Figura 30. <i>Análisis de Resistencia de la Carcasa ante un Impacto de la Batería.</i>	57
Figura 31. <i>Análisis de Vibración a la Carcasa de la Batería en ANSYS</i>	58
Figura 32. <i>Mecanismo de Anclaje de la Batería en el Programa de Inventor.</i>	60
Figura 33. <i>Soporte de Sistema de Anclaje de Batería.</i>	60
Figura 34. <i>Extensión para Cargar la Batería</i>	61
Figura 35. <i>Maqueta para Adquisición de Datos de Funcionamiento de la Batería.</i>	62
Figura 36. <i>Cable de Alimentación de la Batería.</i>	62
Figura 37. <i>Conexiones del Controlador.</i>	63
Figura 38. <i>Socket del Panel de Instrumentos</i>	64
Figura 39. <i>Gráficas de los Pines 485 A y 485 B.</i>	66
Figura 40. <i>Circuito Integrado MAX485.</i>	66
Figura 41. <i>Diagrama de Conexión del Conversor de RS485 a TTL.</i>	67
Figura 42. <i>Interfaz del Programa " MikroBasic PRO for PIC".</i>	68
Figura 43. <i>Programación Completa en Labview y Trama de Datos.</i>	69
Figura 44. <i>Sensor de Corriente.</i>	70
Figura 45. <i>Prueba Para la Adquisición de Datos de Temperatura de Batería.</i>	70

Figura 46. <i>Prueba Para la Adquisición de Datos de SoC de Batería.</i>	72
Figura 47. <i>Adquisición de Datos para Obtener Curva de Voltaje.</i>	74
Figura 48. <i>Esquema Eléctrico, Circuito y Sensor de Corriente.</i>	75
Figura 49. <i>Maqueta para Adquisición de Datos.</i>	78
Figura 50. <i>Relación de Peso y Densidad Energética de las celdas NMC y LFP.</i>	80
Figura 51. <i>Características de los Cargadores.</i>	81
Figura 52. <i>Diseño de la Carcasa de la Batería.</i>	82
Figura 53. <i>Sistema de Anclaje de la Batería.</i>	83
Figura 54. <i>Extensión del Cable de Carga.</i>	84

Índice de anexos:

Anexo 1. Modelado en Inventor de la Batería SK0207 de SuperSoco.	100
Anexo 2. Toma para el Trazado de Ruta con Ayuda del Programa Torque.	100
Anexo 3. Carcasa Construida Para la Batería.	101
Anexo 4. Dispositivo de Anclaje de Batería con la Carcasa.....	101
Anexo 5. Soporte de Sistema de Anclaje de Batería.....	102
Anexo 6. Dispositivo de Conexión a Cargador, Para Efectuar una Carga Externa.	102
Anexo 7. Conexión de 485 A y 485 B a Arduino.	102
Anexo 8. Datos Captadas desde Arduino de la Red de Comunicación 485A y 485 B.....	103
Anexo 9. Sensor de Corriente Conectado a un Cable de Alimentación del Motor Trifásico.	103
Anexo 10. Interfaz para Adquisición de Datos de Funcionamiento de la Batería.	104
Anexo 11. Certificación de traducción del Abstract.	105

Glosario:

ISO: Organización Internacional de Normalización.

UNE: Asociación Española de Normalización.

INEN: Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria.

ANSI: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares

SoC: State of Charge (estado de carga).

NMC: Níquel Magnesio cobalto.

LFP: Litio Ferro Fosfato.

MCI: Motor de combustión interna

EV: Vehículo Eléctrico

HEV: Vehículo Híbrido Eléctrico

PHEV: Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable

DC: Direct Current (Corriente Directa).

AGM: Absorbed Glass Mat (Estera de vidrio absorbida)

C: Capacidad de la batería.

\dot{C} : Capacidad considerando la ventana del SoC.

t: Tiempo.

E: Energía de la batería [Wh].

V: Voltaje [Vol].

E_{neta} : Energía Neta de la batería [Wh].

E_{cons} : Energía de consumo de la batería [Wh].

E_{bruta} : Energía bruta de la batería.

DoD: Deep of Discharge (Estado de Descarga) [%].

I: Corriente [A].

$Densidad_{ener}$: Densidad Energética [Wh Kg-1].

IP: International Protection (Protección internacional).

AC: Corriente Alterna.

CCS: Combined Charging System (sistema de carga combinada).

EPA: Agencia de Protección Ambiental.

PWM: Modulación de Ancho de Pulso.

UART: Transmisor-Receptor Asíncrono Universal.

$V_{Nominal-pila}$: Voltaje nominal de la pila [V].

$V_{Nominal-Batería}$: Voltaje nominal de la batería.

V_{salida} : Voltaje de salida del cargador.

I_{salida} : Corriente de salida del cargador.

ρ : Densidad.

α : Coeficiente de temperatura [°C].

BMS: Modulo de control de la batería

COM: Puerto de comunicación

1 Título

Dimensionamiento de batería y cargador para una moto eléctrica

2 Resumen.

En el presente proyecto se plantea realizar el dimensionamiento de cargador y batería para una moto eléctrica enfocada a las condiciones geográficas de la ciudad de Loja. Para el desarrollo del trabajo se realiza inicialmente un análisis dinámico de la moto con parámetros que se desean alcanzar, y mediante el uso de la aplicación Torque Pro se trazan tres rutas de la ciudad de Loja.

Con la información obtenida en las rutas, se determina la fuerza de tracción necesaria para mover la moto eléctrica, para así posteriormente calcular la energía y la velocidad máxima que se alcanza al recorrer esta ruta. Con estos datos se realiza la caracterización de los parámetros de funcionamiento de la batería que se requiere adquirir y en base a esta, dimensionar el cargador.

Para el modelado del sistema de aislamiento se emplean normativas ISO, UNE, INEN, para el desarrollo de ensayos y seguridad en baterías de vehículos eléctricos. Se definen posibles materiales usando el software CES Edupack, luego, se toma la decisión del material final mediante Expert Choice, y finalmente se valida mediante análisis estático en Autodesk Inventor, determinando así el material más apto para la carcasa de la batería.

Finalmente se realiza la adquisición de datos por medio de un dispositivo Arduino Mega ATmega2560, apoyado con un circuito integrado Max485 para la interpretación de datos de la red ModBus, luego se detalla el proceso, las variables a considerar y los programas empleados para la adquisición de los parámetros de funcionamiento de la batería.

Palabras Clave: Batería de litio, moto eléctrica, cargador de batería de litio.

2.1 Abstract.

In this project we propose to carry out the sizing of the charger and battery for an electric motorcycle focused on the geographical conditions of the city of Loja. For the development of the work, a dynamic analysis of the motorcycle is initially performed with operating parameters that are desired to be achieved on the motorcycle, and by using the Torque Pro application, three routes of the city of Loja are traced.

With the information obtained in the routes, the traction force necessary to move the electric motorcycle is determined, in order to subsequently calculate the energy and the maximum speed that is reached when traveling this route. With this data, the characterization of the operating parameters of the battery that needs to be acquired is performed and based on this, the charger is sized.

For the modeling of the insulation system, ISO, UNE, INEN standards are used for the development of tests and safety in electric vehicle batteries. Possible materials are defined using CES Edupack software, then, the decision of the final material is made by Expert Choice, and finally it is validated by static analysis in Autodesk Inventor, determining the most suitable material for the battery casing.

Finally, the data acquisition is performed by means of an Arduino Mega ATmega2560 device, supported by a Max485 integrated circuit for the interpretation of data from the ModBus network, then the process, the variables to be considered and the programs used for the acquisition of the battery operating parameters are detailed.

Keywords: Lithium battery, electric motorcycle, lithium battery charger.

3 Introducción.

En la sociedad moderna el consumo de combustibles fósiles es la principal fuente de energía para el funcionamiento del transporte vehicular a nivel mundial, sin embargo, este recurso es limitado. Si clasificamos los tipos de energías de forma general encontramos tres categorías: energía renovable, energía no renovable y energía nuclear. La energía renovable incluye energía hidroeléctrica, solar, eólica, oceánica, geotérmica, biomasa, etc. La energía no renovable incluye carbón, petróleo y gas natural. La energía nuclear no es renovable ya que existen recursos limitados de uranio y otros elementos radiactivos en el planeta (Chris et al. 2011).

En esta investigación se adoptan una serie de metodologías y procesos con los cuales se plantea dimensionar una batería para una moto eléctrica acorde a las condiciones geográficas de la ciudad de Loja, en base a esta determinar las características del cargador a emplearse en cuanto a su voltaje y amperaje. Además de diseñar y construir una carcasa que servirá como medio de seguridad aislante en caso de fallo en el sistema de batería, para ello se aplicaran técnicas de elección de material basadas en el uso de atributos múltiples, para encontrar no la mejor opción sino la opción que más se adapte a nuestras necesidades. Finalmente, se desarrolla un algoritmo en Labview con el cual determina el funcionamiento de la batería en tiempo real, en cuanto a su voltaje, corriente instantánea de consumo, temperatura y SoC (State of charge por sus siglas en inglés).

Las baterías de los vehículos eléctricos han aportado en gran medida al desarrollo del parque automotor eléctrico, es por ello que, este campo ha ido creciendo entre aquellos más estudiados y trabajados en la última década, ya que, con un buen sistema de baterías, se puede tener buenas condiciones de descarga, carga y sobre todo una mejor capacidad de aporte de energía, lo cual se traduce como una mejor autonomía, y por ende una mejor eficiencia del vehículo.

4 Marco Teórico.

4.1 Historia de las Motocicletas Eléctricas.

El primer prototipo de moto eléctrica fue desarrollado en el año 1860, pero no fue hasta el año 1865 cuando se registra la patente del primer vehículo de dos ruedas propulsado por un motor eléctrico y batería, por el Ing. Ogden Bolton. (Pumar, 2021)

A partir del año 1897 en una exposición en Stanley Cycle Show el fabricante Humber, enseñó por primera vez al público algo que por aquel entonces podría parecer una idea descabellada, el cual era un prototipo de moto eléctrica (Pumar, 2021).

En el año de 1948 los hermanos Limelette quienes eran dueños y fundadores de la compañía “Socovel” fabricaron por primera este tipo de motocicletas en serie como se aprecia en la Figura 1, en total fabricaron 400 unidades, sin tener grandes resultados, por lo que tuvieron que frenar su producción, dado que en ese entonces esta tecnología aún tenía un largo camino por desarrollar, para poder ser competitiva ante el mercado de los vehículos con motor de combustión interna (Desmond, 2018).

Figura 1.

Motocicleta Eléctrica Socovel.



Nota. Tomada de Daniel, 2021, (p.8).

En el año de 1996 fue cuando se le dio otra perspectiva a tecnología, demostrando que la misma además de mitigar en gran medida la contaminación medioambiental, también era un medio muy rentable, por lo que las grandes empresas apuntaron a invertir e innovar en esta tecnología. Peugeot fue el primer gran inversor y promotor de este medio de transporte pues produjo el primer scooter eléctrico como se observa en la Figura 2, de forma masiva y con buenos resultados, basando su premisa de venta, como “opción de transporte más respetuoso con el medio ambiente”. Esta moto eléctrica contaba con una autonomía de 40 km a una velocidad de 45 km/h y con un peso de 115 kg (Desmond, 2018).

Figura 2.

Peugeot Scoter -Eléctrica 1996.



Nota. Tomada de Daniel, 2021, (p.9).

Conforme pasaban los años estos vehículos cobraban cada vez más notoriedad dentro de una Sociedad, tanto así que, marcas de gran reconocimiento en el mundo de las motocicletas, como lo es Harley-Davidson, presentó su primer modelo de moto eléctrica al mercado en el año 2018, modelos el cual llamó “LiveWire” como se indica en la Figura 3, el mismo que contaba con una autonomía de 185 km, con una aceleración de 0 a 100 km/h de tan solo 3.5 segundos y con un precio de salida al mercado de 39 104 dólares (Desmond, 2018).

Figura 3.

Harley-Davidson LiveWire 2018.



Nota. Tomada de Daniel, 2021, (p.10).

4.2 Tecnología Clave de los Vehículos EV.

4.2.1 *Electrónica de Potencia y Máquinas Eléctricas.*

El uso de la electrónica de potencia no es un tema nuevo para la gestión de los vehículos híbridos HEV, Vehículo híbrido eléctrico enchufable PHEV y vehículo eléctrico EV (por sus siglas en inglés), sin embargo, el empleo de este sistema plantea grandes desafíos como; ser resistente a temperaturas muy elevadas, muy bajas, cambios repentinos de las misas, vibraciones, golpes, en sí comportamientos a los cuales un vehículo va a estar sometido normalmente. Por lo tanto, la mejora continua a estos componentes es esencial debido a que estos sistemas aún no están totalmente aptos para estas circunstancias de operatividad, siendo los puntos que deben ser mayormente trabajados; el tamaño, el costo y la gestión térmica (Chris *et al.*, 2011).

4.2.2 *Sistemas de Almacenamiento de Energía.*

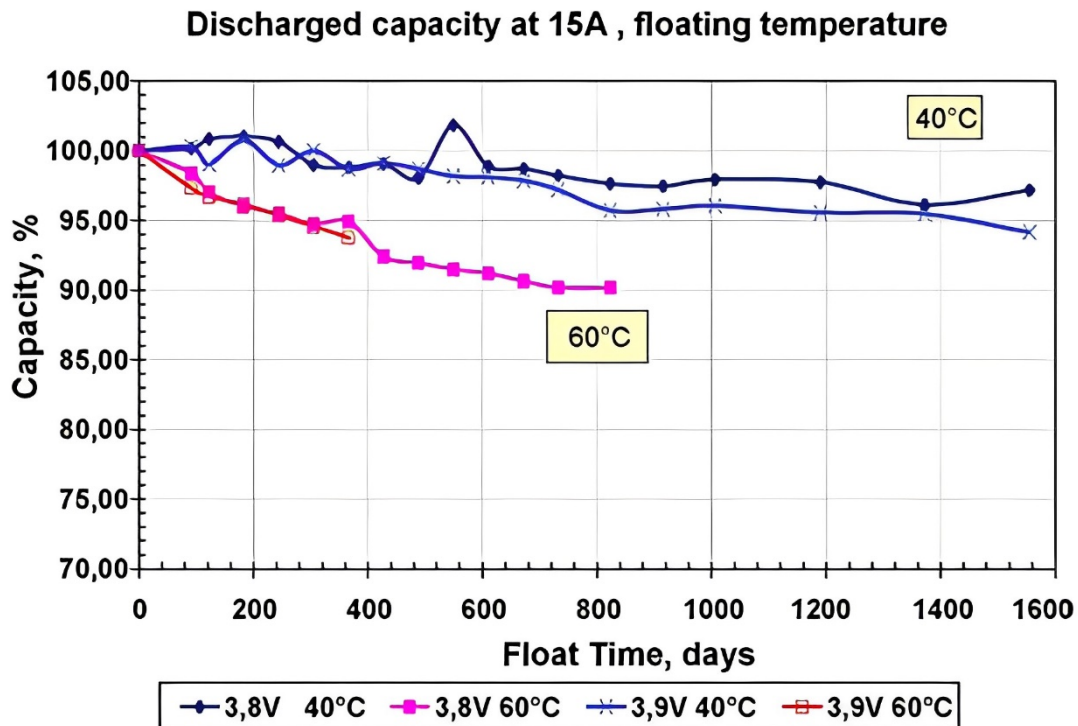
Una de las más grandes barreras que tienen los vehículos que cuentan con un sistema de propulsión eléctrico es el tema de las baterías, debido a que su funcionamiento está directamente relacionado con el estado de las mismas, en la actualidad estos ultracondensadores están fabricados de hidruro metálico de níquel y de iones de litio, dónde está última es más empleada en los vehículos PHEV y EV. La limitada cantidad de almacenamiento de las baterías, la gran demanda de consumo energético del motor eléctrico, su ciclo limitado de vida útil, alto coste, elevado peso y posibles problemas de seguridad implican una gran barrera y desafío para este sistema de movilidad (Chris *et al.*, 2011).

4.2.3 *Gestión Térmica.*

Desde el mismo motor eléctrico, hasta la electrónica de potencia y las baterías, necesitan estar correctamente refrigeradas para su correcto funcionamiento y alargamiento de su vida útil, debido a que estas deben trabajar a temperatura menores a la del vehículo de motor de combustión interna ICE (Internal Combustion Engine por sus siglas en inglés), por lo que se hace necesario tener un circuito de enfriamiento exclusivo para la parte eléctrica, en especial para las baterías ya que su temperatura está directamente relacionada con su vida útil y eficiencia como se evidencia en la Figura 4 (Quezada & Cerpa, 2018).

Figura 4.

Capacidad de la Batería en Función del Tiempo a Distintas Temperaturas.



Nota. En el eje Y se observa la capacidad, en el eje X el tiempo en días, y las diferentes curvas denotan el desgaste de la batería en distintas condiciones térmicas, donde se observa claramente que una elevada temperatura baja el rendimiento de la batería y por lo tanto su vida útil. Tomada de Quezada & Cerpa, 2018.(p.27).

4.3 Clasificación de las Baterías.

La batería convencional del vehículo con MCI es un componente que tiene por finalidad suministrar energía al motor de arranque y demás componentes para propiciar el encendido al vehículo. Además, ofrece energía extra cuando el alternador por alguna razón no puede suministrar el consumo energético del vehículo. Por otro lado, tenemos las baterías de alto voltaje que se usan en los vehículos HEV (Hybrid Electric Vehicle), PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) y EV (Electric Vehicle por sus siglas en inglés) las cuales se caracterizan por tener un tamaño más grande que las convencionales, su ubicación, capacidad energética y peso.

En términos generales podemos decir que existen dos tipos de baterías, aquellas que se pueden cargar mediante el paso de una corriente eléctrica a través de ellas y aquellas que solo tienen un ciclo de vida y para que de cierta forma se pueda aumentar su vida útil es necesario, cambiar materiales que existen dentro de ellas.

4.3.1 La Batería de Plomo y Ácido.

La batería de plomo y ácido es llamada así porque está compuesta de estos materiales, los cuales que al entrar en contacto crean una reacción química que genera energía eléctrica, lo cual nos proporciona corriente y tensión, a este tipo de almacenamiento de energía se le conoce como energía química, además estas baterías tienen la capacidad de recargarse, cuando se suministra electricidad por medio de un alternador y tienen la capacidad de proporcionar grandes cantidades corriente. Se debe tener en claro que la batería no almacena corriente, sino que por medio de reacciones químicas es posible generar energía eléctrica (Viera, 2003).

4.3.2 Baterías de Níquel y Cadmio.

Las baterías de níquel y cadmio utilizan como electrolito el hidróxido de potasio, además esta está constituida por dos polos uno de hidróxido de níquel NiO(OH) y otro de cadmio, como toda batería estas también se desgastan con el tiempo de uso, este se ve reflejado en un inicio con una deficiente capacidad de carga y por lo tanto una deficiente entrega de energía eléctrica hasta llegar a ser obsoleta por completo (Viera, 2003).

Este tipo de baterías al estar constituida por metales pesados y tóxicos, representan un gran daño al medio ambiente si no son tratadas o recicladas, es por ello que este tipo de baterías suele estar asociada con un gran desafío de sostenibilidad y fiabilidad más prolongada (Viera, 2003).

4.3.3 Baterías de Electrolito Inmovilizador.

Este tipo de baterías en esencia son de plomo y ácido, se caracterizan por tener un electrolito inmovilizador. Este tipo de baterías son muy sensibles a los métodos de carga, y operan bajo temperaturas extremas. Los tipos más comunes de estas baterías son dos, las AGM (por sus siglas en inglés Absorbed Glass Mat) y las baterías de gel (Abella, 2001).

Las baterías de tipo AGM son diseñadas de tal forma que puedan reducir la pérdida de agua cuando se da una sobrecarga, esto lo hace a través de una cristalina formada entre las capas de las placas (Abella, 2001).

Las baterías de gel están hechas de calcio y plomo, mediante la adición de dióxido de silicio se logra hacer que se gelifique el electrolito, tienen la capacidad de reducir el consumo de agua, algunas de estas baterías de gel poseen ácido de fósforo en el electrolito

que ayuda a mejorar el tiempo de descarga de la batería e impide que las celdas se oxiden, cuando la misma está descargada (Abella, 2001).

4.3.4 Baterías de Li-ion.

Las baterías de Li-ion son consideradas baterías de alta durabilidad y de rápida carga, ofreciendo una densidad de potencia más alta, con esto lo que se quiere decir es que la batería es más ligera, proporcionando un alto voltaje y capacidad de carga con bajo peso, debido a que las mismas corren el riesgo de explotar frente a una sobrecarga, es necesario que exista una ventana de carga que puede ser desde el 10 al 20% como se muestra en la Figura 5 (Pérez et al, 2018).

Figura 5.

Esquema de Carga y Descarga de la Batería de Ion-Litio.



Nota. Las baterías de litio son muy usadas en vehículos eléctricos e híbridos, debido a su alta capacidad de carga y elevado número de recargas la cual ronda desde los 2000 a 3000 ciclos completos de carga. Tomada de (Pérez y otros, 2018).

Este tipo de baterías trabaja con dos modos de carga uno que corresponde a una carga rápida que es hasta que llega al 80% de la capacidad de las baterías, para luego cambiar este modo a uno más lento para terminar cargando el 20% restante. Este método de carga de la batería hace que la misma extienda su tiempo de durabilidad. Como todas las baterías después de un tiempo de uso esta tiende a perder su capacidad de carga, para el caso de la batería de Ion de litio esta reduce su vida cada vez que se efectúa un ciclo completo de descarga, sin embargo, estas baterías están diseñadas para mantener una gran fiabilidad después de un gran número de ciclos completos de cargas (Pérez et al., 2018).

4.3.5 Batería de LiPo.

Las baterías de polímero de litio están formadas por grafito que cumple la función de ser el cátodo y el óxido de cobalto que toma el rol del ánodo, las celdas de este tipo de baterías proveen un voltaje de 3.7V (Kastillo y otros, 2017).

4.3.6 *Baterías NMC.*

NMC es una batería de iones de litio que está compuesta por níquel, manganeso y cobalto en diferentes proporciones tal como se presenta en la Figura 6, los cuales son los elementos que están depositados en forma de óxido en el electrodo positivo (cátodo) (Berkonte, 2020).

El Ni cumple con la función de mejorar la propiedad electroquímica de la batería, sin embargo, si este es excesivo ocasiona una reducción en la capacidad para que la batería aguante los procesos de carga y descarga. Esto ocurre debido a que tanto el litio como el níquel tiene un tamaño muy parecido, lo que provoca que en el proceso donde el litio llega del ánodo al cátodo, se produzca la inserción provocando en ocasiones la sustitución de átomos de litio por níquel, lo cual termina produciendo desorden en la estructura de los óxidos de metal que existen en el cátodo, ocasionando inestabilidad (Berkonte, 2020).

Por otro lado, el cobalto es un elemento que ayuda a mantener la estabilidad electroquímica, ya que ayuda a disminuir la migración de níquel a las capas de litio, garantizando la correcta estructura química de estos elementos, el problema del mismo es que es un elemento muy contaminante y costoso (Berkonte, 2020).

Finalmente, el magnesio es un elemento neutro que contribuye a mantener la estructura química de los compuestos de la batería (Berkonte, 2020).

Este tipo de baterías trabaja con un voltaje nominal de 3.65V; sus rangos máximos y mínimos de funcionamiento de la batería corresponden a 2.5V para el primer caso y 4.2V respectivamente (Zhang, et al 2018, p3).

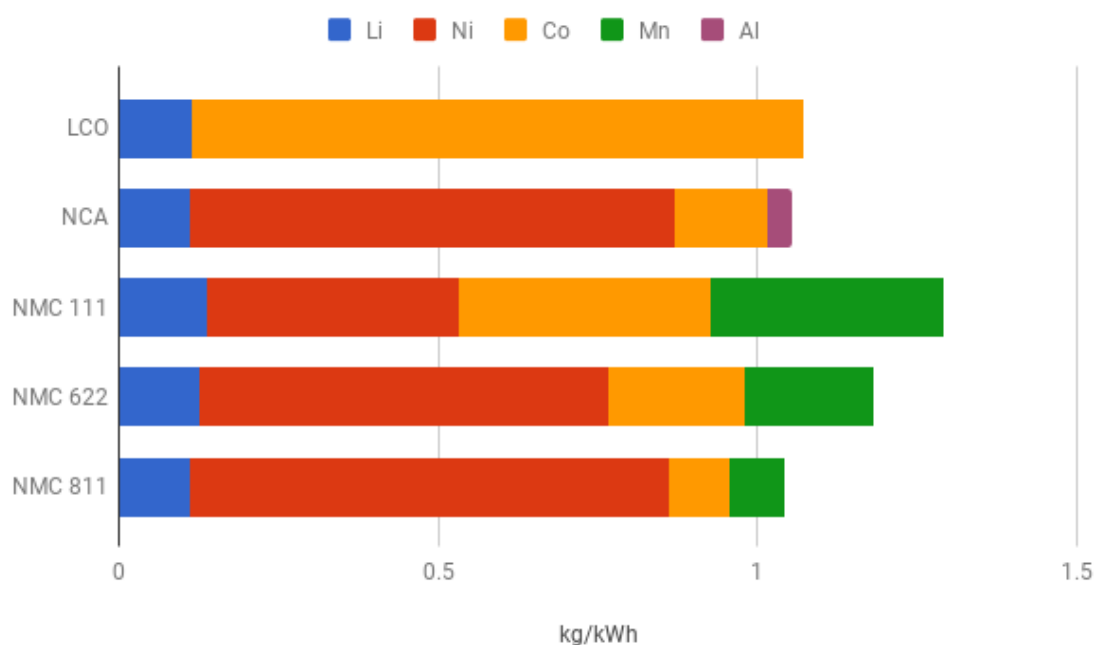
La batería NMC se caracteriza además por poseer celdas de gran capacidad energética con un reducido peso (buena densidad energética) en un rango aproximado de 200-250 Wh/Kg con una elevada potencia específica y pudiendo soportar de 1000-1500 ciclos completos de carga (Ghassan, *et al*, 2018, p6).

Estas están categorizadas dependiendo de la proporción de sus materiales, así pues, las baterías quedan categorizadas de la siguiente forma:

- NMC 111 o NMC 333: 33.33 % Ni; 33.33% de Mg; 33.33% de Co
- NMC 622: 60% Ni; 20% Mg; 20% Co
- NMC 811 :80% Ni; 10%Mg;10%Co

Figura 6.

Porcentajes de Magnesio, Níquel y cobalto de Baterías NMC, NCA y LCO.



Nota. Las baterías de ion litio NMC están siendo ampliamente utilizadas en el campo automotriz debido a su buena densidad energética, existen variantes de esta como lo son las NCA (Níquel, Cobalto y Aluminio) y las LCO (Óxido de litio y cobaltos). Tomada de (Research Interfaces, 2018).

4.3.7 Baterías LFP.

Las baterías de litio ferrofosfato a diferencia de las baterías NMC son más baratas, debido a la ausencia de cobalto el cual es un material muy costoso, sin embargo, uno de sus principales inconvenientes es que tienen baja densidad energética, que con el tiempo han ido solucionando los fabricantes de las mismas. Aunque no alcanza el mismo nivel de densidad energética de una batería NMC si se aproxima bastante, otro factor importante que hace que estas baterías tengan un menor rendimiento frente a las NMC o NMA es que su rendimiento a bajas temperaturas se ve muy afectado, pero para dar una solución a esta problemática de acuerdo con (WANG, 2021) Esto se puede solucionar introduciendo una fina lámina de níquel al terminal negativo de cada celda, de tal manera que se calienta rápidamente la lámina de níquel a través del calentamiento por resistencia y aumentando así la temperatura al interior de la batería. Estas baterías tienen una estabilidad térmica muy elevada en comparación con las otras, lo cual resulta en ser una batería muy segura, además su vida útil es muy elevada (Victron Energy, 2021).

Este tipo de baterías trabaja con un voltaje nominal de 3.2V; sus rangos máximos y mínimos de funcionamiento de la batería corresponden a 2.0V para el primer caso y 3.7 V respectivamente (Cueva *et al.*, 2018, p4).

Las baterías LFP tienen LiFeO4 como cátodo, y grafito como material que conforma el ánodo, esta batería soporta hasta 2000 ciclos completos de carga. Se caracterizan por tener una densidad energética baja, aproximadamente en un rango de 90 – 140 Wh/Kg, razón por la cual actualmente no son muy usadas en la industria automotriz, en la Tabla 1 se detallan las características de los distintos tipos de baterías (Ghassan, *et al.*, 2018, p6).

4.3.8 Baterías Ni-MH.

Este tipo de baterías está conformada por hidróxilos de níquel, donde material catódico tiene aleaciones metálicas las cuales tienen la capacidad de almacenar hidrógeno, están conformadas por cerio, neodimio, praseodimio, lantano y níquel, tiene una alta capacidad de almacenamiento de energía, buena resistencia a la corrosión, además de tener una gran capacidad de ser reutilizada sí que presente histéresis (efecto memoria), en su estructura cristalina, estas baterías trabajan con un voltaje nominal de 1.2 V por celda en total son 6 lo cual da como resultado un módulo de 7.2 V, además la máxima carga que admiten las mismas es de 70 a 85 % (Saavedra & Sibri, 2018).

Tabla 1.

Características de los Diferentes Tipos de Baterías.

Tipo	Plomo-ácido	Níquel – Cadmio	Electrolito inmovilizado	Ion de litio	Polímero de litio
Costo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto
Voltaje por celda	2V	1.2V	2V	3.5V	3.7V

Mantenimiento	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto
Potencia/Peso	300Wh/Kg	50Wh/Kg	60Wh//Kg	110-160 Wh//Kg	100-130 Wh//Kg
Auto descarga	5%	30%	8%	6%	6%
Tiempo de carga	8-16h	10-14h	6-10h	2-4h	1-1.5h
Nº de recargas	1000 aprox.	500 aprox.	1000 aprox.	4000 aprox.	5000 aprox.

Nota. Parámetros característicos de la batería en función de diversos factores tales como el precio, voltaje, mantenimiento, número de cargas, tiempo de cargas y mantenimiento, peso potencia. Tomada de (Castillo et al., 2017).

4.4 Principio de Funcionamiento de Baterías de Moto Eléctrica.

Estos componentes se caracterizan por tener un peso significativamente alto en la motocicleta, proveer al sistema de la energía suficiente para energizar el motor eléctrico, de tal manera que se pueda generar la fuerza necesaria para propulsar el vehículo, además de presentar cualidades de mantenimiento de energía a lo largo de su vida útil, ser segura en caso de colisión o falla, garantizar ser un medio aceptable para combatir la contaminación ambiental y poder realizar mantenimientos como: balance de batería, sostenimiento de carga, descarga profunda, entre otros (Rodríguez C. I., 2017).

La función principal de la batería es ser un acumulador de energía eléctrica por medio de procesos electroquímicos como se indica en la Figura 7. Las baterías se pueden clasificar de manera general en dos tipos: las primarias, que una vez terminada su carga estas ya no pueden ser recargadas, y las secundarias, las cuales se caracterizan por tener cualidades de ser recargables una vez terminado su ciclo de almacenamiento de energía. En este trabajo de investigación nos enfocaremos netamente en aquellas baterías que pueden ser recargables, cabe resaltar que dependiendo del tipo, mantenimiento y cuidado de las mismas estas tendrán un cierto número de cargas hasta agotar su vida útil (Renault Group, 2019).

Una batería está compuesta por dos electrodos sumergidos en un electrolito, este es una sustancia que contiene iones libres los cuales son el medio de transporte de los electrones, es decir un medio conductor eléctrico. El principio de funcionamiento de casi todas las baterías es el mismo, donde un común denominador son las celdas electroquímicas. Estas están compuestas por un electrodo negativo, otro positivo y divididas por un separador. Cuando dos electrodos se sumergen dentro del electrolito, ocurre que en uno de estos se genera un exceso de electrones (Polo negativo), estos

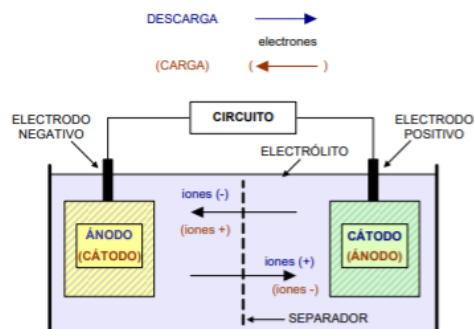
electrones van a querer viajar al otro electrodo con un déficit de electrones (Polos positivo) (Viera, 2003).

En otras palabras, la energía eléctrica viaja desde un polo negativo hacia un polo positivo, por lo tanto, cuando el sistema se encuentra cerrado ocurren dos cosas; la batería empieza a descargarse, existe una entrega se energía eléctrica, y cuando se da la aplicación de una carga externa a la batería con el fin de cargarla ocurre un efecto contrario (Viera, 2003).

Por lo general los electrodos están formados por un electrodo de óxido metálico y un metal base, sin embargo, esta combinación no es la única empleada ya que en presencia de algún tipo de electrolito en particular se puede producir corriente eléctrica, todos elementos van encapsulados con el fin de dar soporte, rigidez y resistencia, además dentro el mismo no solo existe una sola celda, dependiendo del tipo de batería y capacidad, este número variará (Viera, 2003).

Figura 7.

Proceso de Polarización de la Pila Zn-Cu.



Nota. Representación de una celda de batería en su forma más básica, donde existen dos electrodos sumergidos en un electrolito interpuestos por un separador, en donde se puede apreciar el flujo de carga y descarga. Tomada de Viera, 2003, (p.28).

4.5 Parámetros Importantes de la Batería.

Existen ciertos parámetros de vital importancia a la hora de elegir una batería, los cuales están enfocados a la capacidad de almacenamiento de energía de la misma, otros contemplan al medio o dispositivo donde va a ser usada, entre otros factores más los cuales se detallarán a continuación:

- Un factor de mucha importancia es la capacidad de voltaje o amperaje capaz suministrar la batería al sistema.
- La cantidad de carga que es capaz de almacenar la batería se denomina capacidad de almacenamiento, factor muy importante al momento de elegir la batería, ya que en función de la misma el sistema tendrá mayor a menor tiempo de aporte de energía eléctrica. Este se mide en Amperios – hora, y no es más que aquella capacidad que posee la batería para aportar energía eléctrica a un sistema durante su descarga y el tiempo que le lleva al mismo para cargarse. Se mide en culomb.
- Los vatios- hora es otro factor muy importante a tomar en cuenta a la hora de elegir una batería y este no es más que el producto del voltaje con la capacidad de carga en Amperios – hora, este dato representa la energía aportada en una hora. Este es conocido como energía almacenada y se mide en Wh.
- La energía específica es la relación que existe entre el peso de la batería y la energía que es capaz de suministrar. Se mide en Wh/kg.
- La densidad de energía por otro lado es la relación que existe entre la energía aportada por el volumen ocupado. Se mide en Wh/litro.
- El número de ciclos de carga, es otro factor de vital importancia a la hora de hacer elegible una batería ya que la misma representa, la capacidad que tiene la batería para mantener sus cualidades de almacenamiento de energía en un valor cercano nominal, a pesar de las cargas y descargas realizadas en la misma, con lo cual se puede determinar la durabilidad de la batería.
- El tiempo de carga y descarga es otro factor muy importante, este está determinado por la capacidad de almacenamiento de la batería, se debe tener en cuenta que en condiciones de entre 5 °C y 25 °C la batería almacena hasta un 40% de energía que no puede ser aprovechable.
- La capacidad de auto – descarga; no es más que la pérdida de carga que sufre la batería cuando no se encuentra operativa, este está en relación directa con la temperatura, cuando está es mayor más rápida se da esta se auto descarga (Viera, 2003).

La capacidad de la batería viene determinada por su tiempo de descarga y esta está definida por la siguiente nomenclatura como se observa en la Tabla 2 (Auto Solar, 2021).

Tabla 2.

Nomenclatura que Define la Capacidad de Carga de la Batería.

Nomenclatura	Uso	Tipo de Descarga
<i>C100</i>	Baterías solares	Descarga lenta
<i>C5/C10</i>	Baterías de tracción	Descarga rápida

Nota. Las baterías solares al tener que garantizar un tiempo de aporte de energía de forma constante y casi sin variar, se puede usar una descarga lenta, en el caso de los vehículos este tienen un comportamiento dinámico, por lo que la batería necesariamente va a aportar mayor energía en ciertas circunstancias por lo que para estos se usa una descarga rápida. Tomada de (Auto Solar, 2021).

4.6 Estados de Carga de la Batería.

4.6.1 Relación Carga Lenta – Rápida.

La carga es el proceso al cual se somete la batería para recuperar sus condiciones de funcionamiento y hacer que la misma esté lista para poder ser operativa. En términos generales se puede decir que la carga rápida es recuperar la batería a sus condiciones operativas en un tiempo reducido, por otro lado, la carga lenta es efectuar el mismo proceso de carga, pero con un tiempo más prolongado que puede llegar a ser el doble o más del tiempo que se emplea en una carga rápida (Carlos, 2014).

Hay que tener en cuenta que la capacidad de la batería es quien determina si la corriente aportada para su carga es alta (carga rápida) o baja (carga lenta). Por ejemplo, si se cuenta con una batería con una capacidad de carga de 40 A-h y el aporte de corriente de carga es de 20 A, estamos en una carga rápida debido a que la diferencia entre estos valores no es grande, por otro lado, si tenemos los mismos 20 A de aporte de energía a una batería con una capacidad de carga de 220 Ah, esto implica una carga lenta debido a la diferencia de estos valores. Un ejemplo más claro de la velocidad de carga donde se consideran más factores que intervienen en este proceso se pueden ver en las Tabla 3 (Carlos, 2014).

Tabla 3.

Efectos de una Carga Lenta 0.5-0.7 A, en Relación con una Carga Rápida 0.7-1 A

Descripción	0,5 a 0,7 Amperio	0.7 a1 Amperio
Tiempo de carga (minutos)	51	46
Capacidad suministrada (% cap. Nominal)	98.5	68.
Capacidad descarga (% cap. Nominal)	94.4	64.2

Aceptación de carga (%)	96.2	94.2
Eficiencia energética (%)	84.5	80.1
Incremento de temperatura (°c)	21	25

Nota. Características y eficiencia de carga con un suministro de carga de 0.5-0.7 y de 0.7 a 1 Amperios (carga lenta) con ello se puede observar que cuanto mayor es la capacidad de carga estas tienen una menor capacidad de descarga. Tomada de (Miguel, 2014).

Como se sabe la eficiencia de la carga de las baterías está directamente relacionada con temperatura y esta es mayor cuando el suministro de corriente aumenta, mostrando así un claro ejemplo de la pérdida de la capacidad de carga en cuando se intenta suministrar un mayor amperaje para reducir tiempo de carga, pero además también se reduce la capacidad de descarga afectando el rendimiento en aproximadamente un 30.2% de energía no aprovechada, además de pudiendo ocasionar un corte en la vida útil de este elemento almacenador de energía (Fernandez & Romo, 2020).

4.6.2 Funcionamiento.

Las baterías de alto voltaje tienen como finalidad suministrar energía suficiente para propiciar el funcionamiento del motor eléctrico del vehículo, además de también cargar la batería de 12 voltios. La energía para hacer funcionar el motor eléctrico, así como la producida por el mismo es trifásica, y mediante un inversor esta se convierte en continua y viceversa, además puede transformar la energía de alta tensión a 12 voltios para hacer funcionar los accesorios del vehículo a través de un convertidor DC/DC (Luis y otros, 2013).

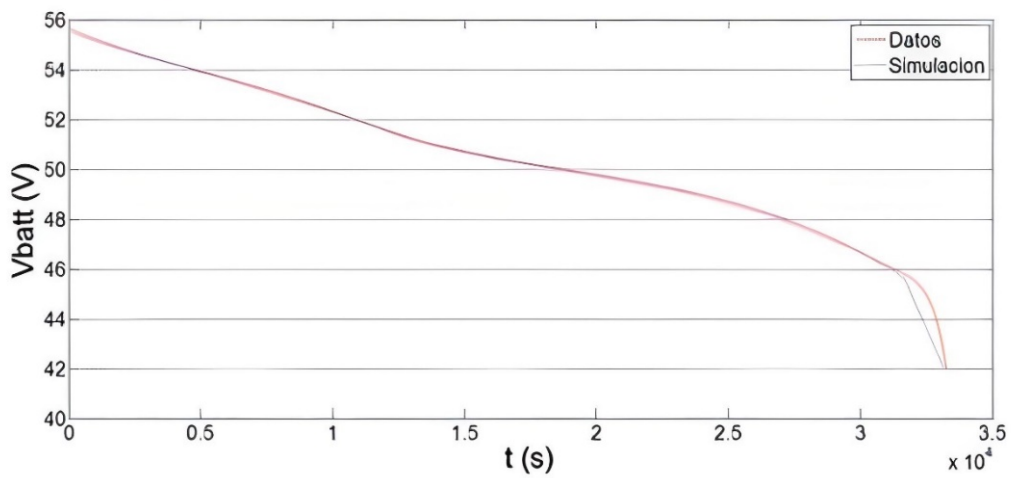
Estas baterías tienen un mecanismo de recuperación de carga de forma indirecta, de tal manera que se logre garantizar una mejor autonomía del vehículo, a este sistema se le denomina es el freno regenerativo, el cual usa la inercia del vehículo para cargar las baterías. (Luis y otros, 2013).

Curvas de Trabajo Ideal de Descarga de la Batería.

A continuación, se presentan las curvas de descarga de las baterías en condiciones ideales, en donde en la misma no inciden efectos como la temperatura. En las Figuras 8 y 9 se puede apreciar el continuo desgaste de la batería en función al tiempo y tipo de carga, siendo más numerosos los realizados a menor intensidad, en donde se puede apreciar que el tiempo de operación de la batería es mayor con una corriente de carga más reducida (Iglesias y otros, 2012).

Figura 8.

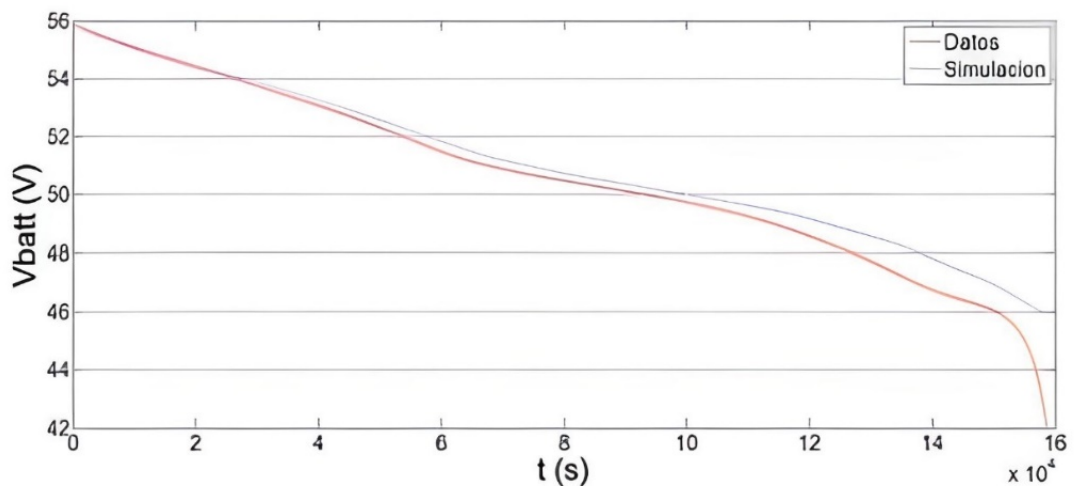
Respuesta de la Degradación de la Batería con una Intensidad de Carga de 5 A.



Nota. En esta imagen se puede observar que cuando se tiene corriente una carga de 5 A la degradación de la batería es más acelerada en comparación con una corriente de 1 A. Tomada de Iglesias y otros, 2012, (p.5).

Figura 9.

Respuesta de la Degradación de la Batería con una Intensidad de Carga de 1 A.



Nota. En este caso se puede apreciar que la vida útil de esta batería es mayor debido a que se carga con un corriente baja de 1^a. Tomada de Iglesias y otros, 2012 (p.5).

4.7 Fórmulas para Seleccionar la Batería.

4.7.1 Capacidad de Carga de la Batería.

Para calcular la capacidad en amperios-hora se emplea la siguiente ecuación

$$C = I * t \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

C: Capacidad [Ah]

I: Amperios [A]

t: tiempo [h]

Según estudios realizados por Guo, Zhao , & Huang, (2017, p.4) determinaron que el porcentaje más apropiados de carga y descarga para una batería de litio, corresponde a valores de descarga que no sean menor 10% del estado de carga y de carga a un valor de no superior al 90% esto con la finalidad de mantener la durabilidad y una óptima vida útil de la batería. (Auto Solar, 2021). Tomando como punto de partida de la ecuación anterior se puede calcular la capacidad de la batería sin que se descargue por completo, con la siguiente expresión.

$$\dot{C} = \frac{C}{0.9} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

\dot{C} : Capacidad de la batería sin que se descargue por completo

C: Capacidad de la batería

4.7.2 Energía Almacenada.

La energía almacenada de la batería depende en gran medida del voltaje y la corriente que es capaz de almacenar la batería, esta se expresa en vatios hora (Wh) (Auto Solar, 2021).

$$E(wh) = V * C \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

E: Energía de almacenamiento [Wh]

V: Voltaje de la batería [V]

C: Capacidad [Ah]

La capacidad de la batería cambia con la tasa de descarga, afectando el valor de voltaje. Por lo tanto, este valor no es constante.

4.7.3 *Fórmula para Calcular el Número de Celdas.*

Para poder determinar cuántas celdas se necesitan para abastecer de energía al sistema, es necesario conocer los requisitos básicos de demanda de energía del motor eléctrico. Una vez obtenido este dato se puede determinar cuántas celdas en serie se necesitan para alimentar al sistema, esto se logra al hacer la relación del voltaje del paquete de batería con el voltaje de una celda (Warner, 2015).

$$\text{Número de celdas} = \frac{V_{\text{paquete de batería}}}{V_{\text{celda de batería}}} \quad \text{Ecuación (4)}$$

4.7.4 *Cálculo del voltaje en función del número de celdas.*

Para determinar el voltaje total del paquete de batería en función del número de celdas, no es más que el producto del voltaje nominal de la celda por el número de celdas (Warner, 2015).

$$V_{\text{Total}} = \text{Número de celdas} * V_{\text{celda de batería}} \quad \text{Ecuación (5)}$$

4.7.5 *SoC (State of Charge)- Estado de carga.*

El SoC es el estado de carga de la batería en porcentaje, se puede hacer una relación de este factor con el indicador de combustible de un vehículo, ya que de ambos depende que tanto pueda recorrer el mismo. Por otra parte, dentro del SoC se estima teniendo en cuenta diversos parámetros como corriente, voltajes y temperatura, ya que debemos recordar que estamos trabajando una batería y su eficiencia depende en gran medida de los factores previamente mencionados (Fernandez & Romo, 2020).

En condiciones ideales la ecuación de carga de la batería es la siguiente (Fernandez & Romo, 2020).

$$\text{SoC}\% = \frac{\text{Carga} * 100}{\text{Capacidad total de la batería}} \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

SoC: Estado de carga [%]

Carga: Es la intensidad por el tiempo en horas ($I(A) * t(h)$) [Ah]

Capacidad total de la batería: Capacidad de carga de la batería [Ah]

4.7.6 *Autonomía SoC en Km.*

Para poder determinar el estado de carga en Km, se debe relacionar la variable SoC representada en %, multiplicada por la autonomía máxima teórica del vehículo y todo esto dividido por el 100% (Armijos & Gómez).

$$SoC \text{ en Km} = \frac{SoC[\%] * \text{Autonomía máxima del vehículo}}{100\%} \quad \text{Ecuación (7)}$$

4.7.7 Consumo en Conducción.

El consumo energético en conducción es muy similar al consumo de combustible en lo que sería un vehículo con motor de combustión interna, ya que en ambos casos se detalla la cantidad de kilómetros recorridos ya sea en Kwh cada 100 Km que sería en el caso de un vehículo eléctrico o en Km/l en el caso del MCI. (Ilyès y otros, 2020).

Por otro lado, hay que destacar que en los vehículos eléctricos existen pérdidas durante la carga debido a la electrónica de potencia utilizada para la conversión de la corriente alterna a corriente continua, estas en motos eléctricas tiene un valor de 15% (Amman, 2015).

$$E_{cons} = \frac{C}{d} (1 - 0.15) \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

- E_{cons} : Energía consumida en 100Km
- C: Capacidad en [Ah]
- d: Distancia [Km]

4.7.8 Energía Neta.

La energía neta es el consumo energético que usa la batería para propiciar el funcionamiento del motor, en un determinado número de kilómetros recorridos, que por lo general este valor suele estar relacionado con la autonomía de la batería para recorrer cierta distancia.

$$E_{neta} = E_{cons} \cdot \text{Autonomía de la batería (Km)} \quad \text{Ecuación (9)}$$

4.7.9 DoD (Deep of Discharge).

El DoD es el nivel de descarga profunda, por lo cual podemos decir que el DoD es lo contrario al SoC, es por ello que si tenemos un nivel de descarga del 90% significa que el estado de carga de la batería es de 10%. Se mide en porcentaje y es la cantidad de energía aportada por la batería en función de capacidad nominal, en cada ciclo de descarga (Xiea y otros, 2020).

$$DoD = 1 - SOC\% \quad \text{Ecuación (10)}$$

4.7.10 *Tiempo de carga.*

El tiempo de carga es la relación existente entre la capacidad de carga en A/h con la intensidad (I) a la cual se está cargando la batería.

$$t = \frac{C}{I} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

t= Tiempo de carga [h]

C= Capacidad de la batería en [Ah]

I= Intensidad de que aporta la fuente de carga [A]

4.7.11 *Fórmula de la Densidad Energética de la Batería.*

La densidad energética es la cantidad de energía eléctrica que es capaz de proporcionar una batería en proporción a su peso y se expresa con la siguiente ecuación (Grepow, 2021).

$$Densidad_{energética} = \frac{V_{Nominal} * \dot{C}}{Peso \text{ en Kg}} \quad \text{Ecuación (12)}$$

4.8 **Cargadores de Baterías.**

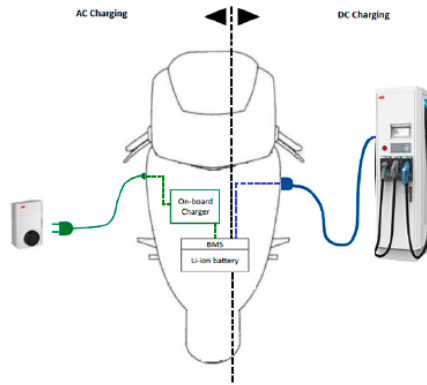
Todas las baterías se caracterizan por cargarse con una corriente continua, sin embargo, las redes eléctricas de una ciudad proporcionan una corriente alterna, por lo que es necesario que exista un convertidor de corriente para poder transformar la corriente alterna en continua, este dispositivo puede ir dentro (inversor de corriente) o fuera del vehículo (cargador de baterías).

4.8.1 *Tipos de Cargadores.*

4.8.1.1 Según el Lugar donde se Lleva a Cabo la Conversión AC/DC. La normativa UNE/IEC 61851-1 divide a los cargadores en dos tipos uno que es “on-board charger” el cual representa que el inversor de corriente se encuentra dentro del vehículo; por otro lado, están los “Off-board charger” el cual está ubicado en un equipo externo como lo es el cargador, como se ve en la Figura 10 (Romero, 2020).

Figura 10.

Cargador a Bordo en la Parte Izquierda, a la Derecha Cargador Externo.

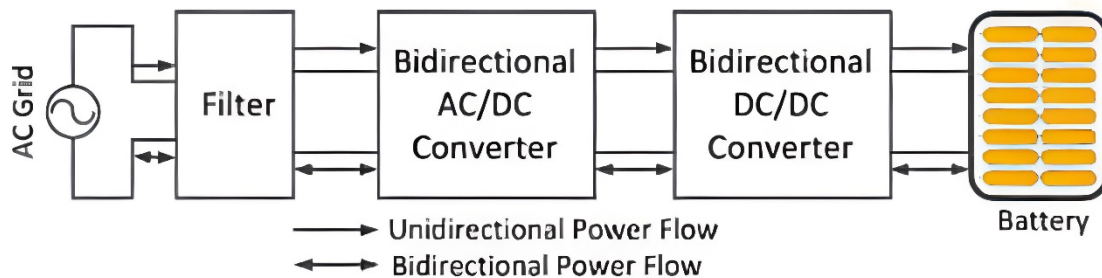


Nota. La carga a bordo es más lenta que la carga externa, debido a que la primera tiene un convertor de corriente alterna a directa, en el segundo caso la corriente suministrada es corriente directa. Tomada de Romero, 2020, (p.37).

4.8.1.2 En función del modo de gestión del flujo de energía entre el vehículo y la red. Los cargadores se clasifican en unidireccionales y bidireccionales, los primeros se caracterizan porque permite únicamente que el flujo corriente sea solo para cargar la batería, en este caso este tipo de cargadores no envía energía a la red eléctrica y en el caso de los bidireccionales es posible la carga de la batería y también se puede inyectar energía a la red eléctrica. A este último sistema mencionado se conoce como V2G, como se indica en la Figura 11 (Apostolaki et al, 2017).

Figura 11.

Topología de Flujo de Corrientes de Cargador Unidireccional y Bidireccional.



Nota. Tomada de Romero, 2020, (p.38).

4.8.1.3 En Función del Modo de su Configuración de Conexión a la Red. Los cargadores de baterías se pueden clasificar en dos categorías, las cuales son:

- Cargadores con aporte de corriente monofásica. Estos se usan cuando la red eléctrica aporta una corriente monofásica, que generalmente suele tener una tensión de alimentación de 230 V con una frecuencia de 50 Hz o 60Hz.

- Cargadores con aporte de corriente trifásica. Estos se usan cuando la red eléctrica aporta una corriente trifásica, la cual tiene una tensión de alimentación de 400 V, con una frecuencia de 50 Hz o 60 Hz (Romero, 2020).

4.8.1.4 Protocolo de Comunicación. El protocolo de comunicación de la batería es el RS-485 el cual es una interfaz de comunicación multipunto, cumple la función de transportar una información a través de pulsos eléctricos a través de dos cables. Donde un cable transporta la señal original y el otro una copia inversa, sus principales características son: (Weis, Knowledge Base, 2021).

- Intercambio de información a través de hilos trenzados
- Permite la comunicación entre varios transceptores de datos conectados en la misma línea de información
- Puede comunicar una señal hasta una distancia de 1200m
- Posee una alta velocidad de transmisión de datos aproximadamente de 5 Mbits/s

4.8.1.5 Protección de la Batería IPXX de la Batería. La protección IP (International Protection), hace referencia a un grado establecido internacionalmente de protección contra materiales sólidos (polvo) y líquidos (agua). Las siglas de la protección IP se componen de dos números posteriores a sus letras, los cuales hacen referencia el primero al impedimento de ingreso de partículas sólidas al sistema, esta maneja una escala que va desde el 0 al 6, la segunda hace referencia a materiales en estado líquido y maneja un grado que va desde 0 a 8. En la Tabla 4 se detallan las características de cada uno de estos niveles.

Tabla 4.

Clasificación de la Protección IP.

Clasificación de la protección IP		
Niveles	Material sólido.	
	Impide el paso de partículas de un diámetro de:	Material líquido
0	Sin protección	Sin protección
1	50 mm	Resistente al agua por goteo
2	12.5 mm	Resistente al agua por goteo inclinado hasta 15 grados
3	2.5 mm	Resistente al agua vertida en forma de rocío
4	1mm	Resistente a la salpicadura de agua
5	Admite polvo pero que no cause una avería	Resistente al agua en chorro a baja presión
6	Protección completa frente al polvo	Resistente al agua en chorro a alta presión
7		Resistente a los efectos de inmersión
8		Resistente a la inmersión de hasta 3m

Nota. Esta designación es dispuesta por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). Obtenida de (matelec, 2021).

4.9 Fórmula de Especificaciones de Salida de Voltaje.

La tensión proporcionada por el cargador no debe superar la tensión de carga máxima de cada celda la cuál es de (4.2 V), ya que si ocurre este el Sistema de Gestión de Baterías (BMS) abre el circuito evitando una sobrecarga en la batería, además de preservar la durabilidad de la batería, que podría verse afectada debido a malas cargas. Para calcular este parámetro solo se necesita conocer el valor máximo de tensión por celda de la batería y el número de celdas de la misma (Auto Solar, 2021).

$$V_{celda} \cdot n_{celdas(serie)} = V_{salida} \quad \text{Ecuación (13)}$$

Donde

V_{celda} : voltaje por celda de la batería

$n_{celdas(serie)}$: Número de celdas de la batería

V_{salida} : Voltaje máximo a la salida del cargador

4.10 Corriente a la Salida.

Cuando se supera la tasa de corriente a la salida del cargador, esto ocasiona la aceleración la degradación de las celdas de la batería, y en casos extremos pudiendo llegar a ocasionar una explosión debido a que el material catódico colapsa. Es por ello que lo recomendable es una tasa de carga de 0.1C, lo que provoca a su vez que el tiempo de carga de la batería se vea incrementado, adoptando este criterio se estima que el tiempo de carga de una batería es de 10 horas, además con esto se logra que el diseño del cargador sea más compacto y económico. Tomado esto en consideración tenemos lo siguiente (Romero, 2020).

$$I_{salida} = I_{celda} \cdot n_{celdas(paralelo)} \cdot 0.1 \quad \text{Ecuación (14)}$$

Donde:

I_{celda} : Intensidad nominal por celda de la batería

$n_{celdas(paralelo)}$: Número de celdas de la batería.

I_{salida} : Corriente a la salida del cargador.

4.11 Modos de Carga de la Batería.

4.11.1 Modo 1.

Este modo de carga se caracteriza porque no se utiliza en vehículos eléctricos, ya que está diseñado para ser usado en la carga de baterías de bicicletas eléctricas o motos pequeñas, su modo de uso es relativamente sencillo ya que estas al consumir y demandar menor potencia, se pueden cargar desde un enchufe convencional de una casa denominado “SCHUKO”, como se observa en la Figura 12, este método de carga no cuenta con algún dispositivo de comunicación entre la estación de carga y el vehículo, razón por la cual la es menos segura y no es posible emplear este método de carga en un vehículo con mayores capacidades de su batería (Autofácil, 2018).

Figura 12.

Modo Uno de Carga Batería con Conector Schuko.



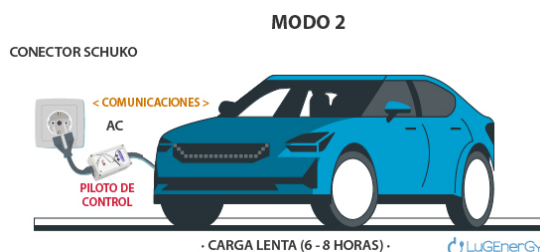
Nota. El modo uno de carga únicamente se usa en motocicletas pequeñas y en bicicletas, debido a que estas demandan y consumen poca energía. Tomada de Romero (LuGEnerGY, 2021).

4.11.2 Modo 2 – Modo de Carga Convencional.

Este modo de carga es muy similar al modo 1 de carga, su diferencia radica en que esta cuenta en su cargador con un dispositivo regulador que se llama “Piloto de control”, como se indica en la Figura 13 el cual se encarga de hacer la comunicación entre el cargador y el vehículo, de tal manera que se garantice la seguridad de carga tanto para el vehículo como para el usuario, por este tipo de cargador no puede pasar una corriente superior a los 13 A, lo que significa que la carga se limita a 2.5 KW de potencia, lo que resulta en una carga muy lenta (Autofácil, 2018).

Figura 13.

Modo Dos de Carga – Carga Lenta.



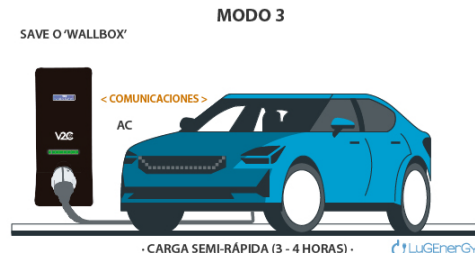
Nota. Este método de carga ya puede ser empleado en vehículos utilitarios, esto se logra gracias a un dispositivo comunicador del cargador denominado “Piloto de control” que hace la interfaz de comunicación entre el cargador, y módulo de control de la batería. Tomada de (LuGEnerGY, 2021).

4.11.3 Modo 3 – Carga Semi-Rápida.

Para solucionar la problemática de la carga de la batería de modo lento en casa, se opta por el modo 3 de carga, el cual se caracteriza por tener una instalación que suplanta al “piloto de control” por medio del cargador “Wallbox”, como se muestra en la Figura 14, el cual se caracteriza por estar instalado en la pared de una casa, con este método se puede cargar la batería del vehículo con corriente monofásica como trifásica de modo que su tiempo de carga es más rápido, es por ello que este método es el más empleado actualmente para la carga de estos vehículos eléctricos, la potencia de carga que suministra este sistema es de 7.2Kw (Autofácil, 2018).

Figura 14.

Modo tres de carga – carga semi rápida.



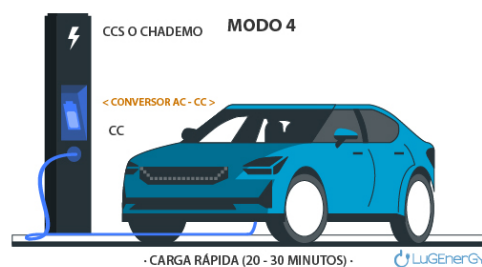
Nota. Este método de carga es el más empleado en la actualidad, debido a que se puede realizar una carga semi rápida desde la casa, además resulta ser más económica que realizar esta en una electrolinera. Tomada de (LuGEnErGY, 2021).

4.11.4 Modo 4 – Carga Rápida.

Este tipo de carga es aquella que se efectúa fuera de la casa, utiliza un conector “Chademo” o “CCS” y cuenta con una potencia de carga de hasta 50 Kw, esto se logra ya que el cargador externo como se evidencia en la Figura 15, la cual contiene dentro de un convertor de corriente alterna a continua, por lo que la batería estaría recibiendo corriente continua en todo momento y de manera directa, lo que involucra que no trabaje el convertor AC/DC del vehículo, el cual limita bastante la capacidad de corriente que fluye para cargar la batería, cabe resaltar que con este método de carga únicamente se puede llegar a cargar la batería hasta en un 80% de su capacidad (Autofácil, 2018).

Figura 15.

Modo Cuatro – Carga Rápida.



Nota. Este tipo de carga se caracteriza por propiciar una carga casi completa de la batería (80% de su máxima capacidad) en un tiempo muy reducido, para poder lograr esto es necesario usar un convertor AC/DC los cuales se encuentran en el cargador las electrolineras haciendo que no actúe el convertor del vehículo logrando una carga más rápida, su desventaja es que este modo de carga es más costoso y no carga la batería al 100% por ser una carga rápida. Tomada de (LuGEnErGY, 2021).

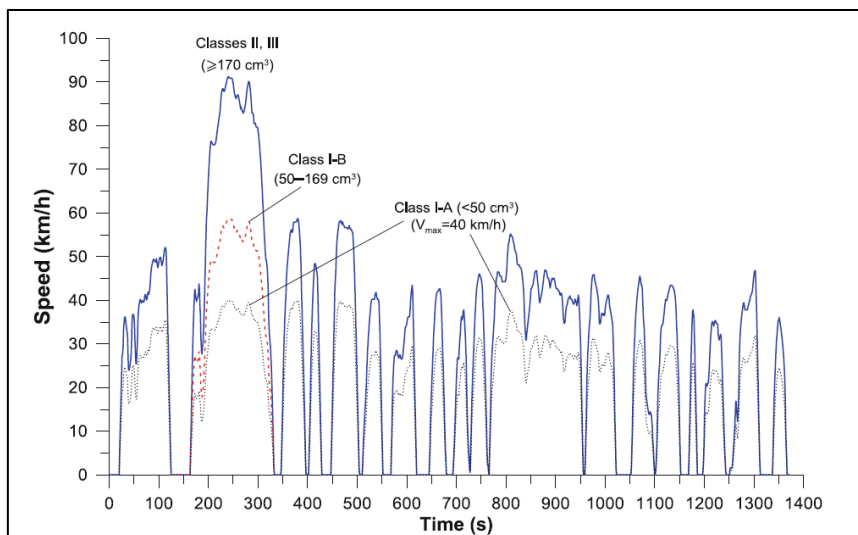
4.12 Ciclo de Conducción.

Esta prueba es realizada con un banco dinamométrico, donde el vehículo se coloca sobre rodillos, los cuales permiten que el vehículo se pueda conducir, mientras este permanece en el mismo lugar, de tal manera que sea más fácil controlar la velocidad, frenado y aceleraciones del mismo, para que así las pruebas sean lo más cercanas a el ciclo de conducción aplicado, en este caso es el EPA UDDS, como se muestra en la Figura 16, la cual es usada para motocicletas tanto eléctricas como de motor de combustión interna.

Este ciclo simula la conducción urbana, donde el vehículo alcanza velocidades altas y luego estas bajan de manera abrupta a cero, tal y como pasaría en la circulación dentro de una ciudad.

Figura 16.

Ciclo de Conducción EPA UDDS.



Nota. Este ciclo de conducción clasifica en tres categorías a las motocicletas y esto es según su cilindrada. En la clase 1 se encuentran aquellos vehículos con un cilindraje menor a 170 cm^3 ; en la clase 2 de 170 a 279 cm^3 y la clase 3 corresponder a valores de 280 cm^3 para arriba. Tomada de Giakoumis, (2017, p.191).

5 Metodología.

Para el dimensionamiento de la batería y cargador se toman en cuenta normas internacionales, con requisitos tanto de seguridad, como de calidad y fiabilidad. La norma NTE INEN 807-4:2010 la cual estipula las normas de seguridad para las pilas de litio. En su apartado 7.2 especifica las condiciones para realizar los ensayos y pruebas a las mismas como: no recalentar las pilas, no soldar ni agregar algún tipo de soporte fijo sobre la cabeza de las pilas, no utilizar las pilas cerca de un foco alto de calor, etc. (INEN, 2010).

Se considera el uso de la norma UNE- EN ISO 18243, que especifica los procedimientos esenciales de ensayo para determinar el rendimiento, seguridad y fiabilidad de baterías, en su apartado 7.1.2 detalla paso a paso el proceso para desarrollar este ensayo a temperatura ambiente (UNE, 2019).

La norma UNE – EN ISO 18246 estipula los requisitos de seguridad para la conexión conductora a una fuente externa de alimentación eléctrica, en el apartado 5 de esta norma, se detallan de forma general algunos factores para un correcto funcionamiento y proceso de carga de la batería, algunos de estos son: protección contra choque eléctrico, diseño a prueba de fallos, además de proporcionar información necesaria para la instalación de los mismos, funcionamiento y mantenimiento del cargador. En el apartado 6.2 se detalla el proceso de conexión y desconexión de contactos C.A, caso similar se describe en el apartado 6.3 pero en este caso a lo concerniente a conexiones C.C y finalmente en el apartado 7 se detalla las protecciones de las personas contra el choque eléctrico (UNE, 2017).

Para el dimensionamiento de la batería es necesario realizar un análisis dinámico acorde a condiciones meteorológicas y rutas de una ciudad, en este caso la ciudad de Loja. Con estos datos se desarrolló una serie de cálculos para determinar la fuerza de tracción de la motocicleta, posteriormente determinar la potencia, y finalmente calcular la energía de consumo a una determinada velocidad para cada ruta.

Para determina el modelo de batería a emplear, se consideran varios aspectos tales como: precio, densidad energética, capacidad, voltaje y peso. Con estos datos dimensionamos las características del cargador, las mismas que deben estar afines con las especificaciones de la batería.

Una vez elegida la batería se procede a modelar un sistema de aislamiento de la misma con el chasis, esto se logra con ayuda del programa de diseño Autodesk Inventor,

para posteriormente pasar concepción del material, para luego simular en ANSYS análisis de dinámica explícita para observar la resistencia del material ante un golpe, además de un análisis modal de la carcasa de la batería, para finalmente pasar a la construcción de la carcasa.

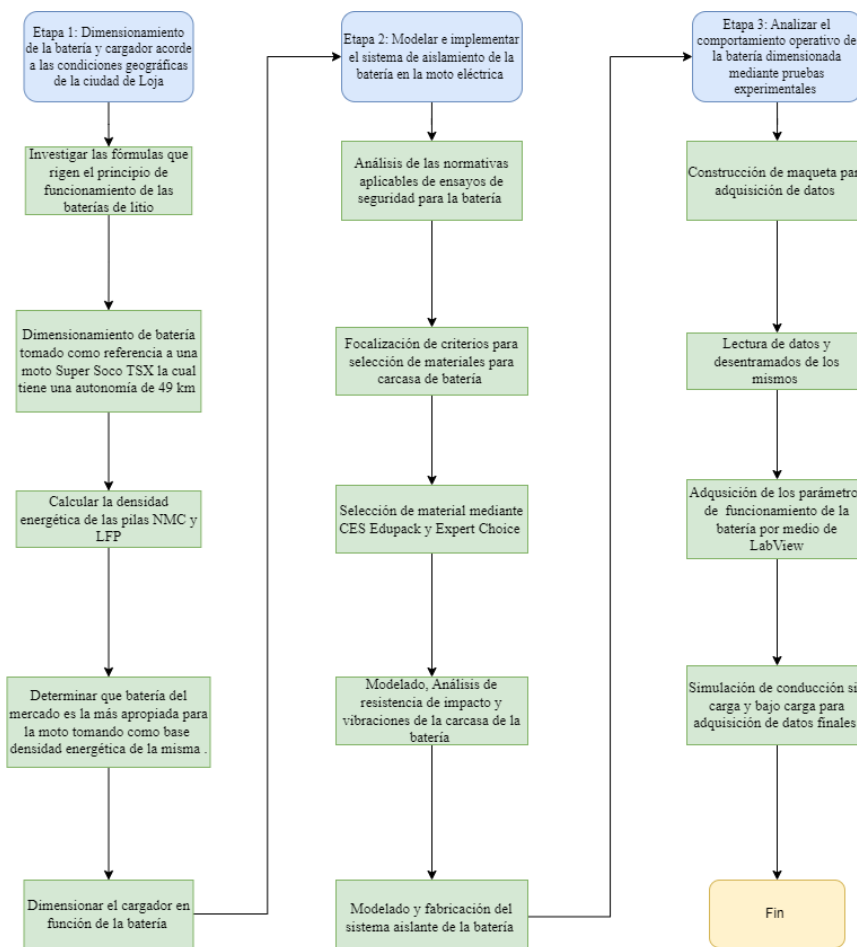
Finalmente, se procede a realizar pruebas experimentales las cuales van desde, mediciones de corriente y voltaje de la batería con acción de algunos consumidores, o pruebas de desempeño y finalmente recopilar datos, que posteriormente serán usados para realizar el análisis de su funcionamiento.

5.1 Flujograma del Proceso.

En la Figura 17 se describen todas las etapas de forma generalizada, para poder llevar a cabo de inicio a fin en el presente proyecto de investigación, el presente flujograma fue desarrollado siguiendo los lineamientos de la normativa ANSI.

Figura 17.

Flujograma Para Llevar a Cabo el Desarrollo de Inicio a Fin del Proyecto de Tesis.



Nota. Cada una de las etapas está enfocada al cumplimiento de los objetivos planteados. La etapa uno contempla dos objetivos ya que estos tienen directa relación entre sí.

5.2 Equipos e Instrumentos.

Para desarrollar el presente proyecto de investigación es necesario contar tanto con recursos bibliográficos, que dan una idea al investigador de cómo desarrollar su trabajo, por otro lado, también se deben contar con equipos y herramientas que ayudan a la adquisición de datos, para posteriormente ser procesados e interpretados, estas herramientas son:

5.2.1 *Multímetro.*

El multímetro es una herramienta ampliamente usada ya sea en campo de las instalaciones eléctricas, como también en el campo de la automoción, con esta herramienta es posible realizar cierto tipo de mediciones como lo son: corriente, continuidad, diodos, resistencia, medidas de ancho de pulso en milisegundos para el caso de los inyectores, voltajes, entre otros. Por lo tanto, este equipo es de fundamental importancia para analizar, evaluar y diagnosticar componentes eléctricos (Fluke, 2022).

5.2.2 *Osciloscopio.*

El osciloscopio es una herramienta usada para el análisis de señales, ya sean digitales o analógicas, con él podemos definir la forma, amplitud, frecuencia y periodo de la misma, además debido a sus distintos canales se pueden hacer funciones como comparar dos o más señales dependiendo del número de canales que disponga el equipo, en este caso, se trabaja con un osciloscopio “Auto Scope IV” para determinar el funcionamiento de sistemas tales como: sistema de encendido, sensores y actuadores, sistema de admisión y escape, suministro de combustible, funcionamiento de algunos mecanismos del motor, alternador, motor de arranque entre otros sistemas (Diagtools, 2022).

5.2.3 *Batería.*

Como sujeto de prueba se propone usar una batería de litio, donde sus características de funcionamiento vienen determinadas por el dimensionamiento de la misma que se realiza en el transcurso del desarrollo del presente trabajo de investigación.

5.2.4 *Cargador de batería.*

El cargador será otro objeto de estudio y dimensionamiento, el cual tendrá relación directa con la batería elegida para el análisis y estudio de la misma.

5.2.5 *Arduino.*

Arduino es una placa que cuenta con un microcontrolador Atmega2560, el cual dispone de 54 pines de entradas y salidas digitales, de los cuales 16 se pueden utilizar como entradas analógicas, 15 salidas PWM, 4 UART, cuenta conexión USB, botón de reseteo, esta placa nos ayudará para recibir los datos de la red Modbus y poder leerlos, analizarlos, seleccionarlos y ordenarlos, en nuestro pc (Arduino , 2022).

5.2.6 *Computador.*

La computadora usada es un Lenovo IdeaPad Core i 7 de novena generación, con la que se harán los análisis y estudios a la batería, por medio de la programación se determina el funcionamiento de la batería.

5.2.7 *Torque PRO.*

El equipo que se utiliza para el trazado de la ruta es el dispositivo TORQUE PRO con su respectiva aplicación, con este equipo además de trazar la ruta podemos obtener parámetros de interés como los grados de pendiente de la ruta, datos que usarán luego para calcular la dinámica de la moto y a partir de esta determinar la energía de consumo (Ian, 2022).

5.2.8 *Programa de Diseño Inventor.*

El programa de inventor es un software CAD 3D, que nos permite diseñar, ensamblar y simular piezas mecánicas como funciones principales, por medio de este software se pretende diseñar piezas para posteriormente materializarlas en componentes necesarios para el proyecto.

5.2.9 *Programa de Simulación ANSYS*

ANSYS es un programa que nos permite simular ya analizar el comportamiento físico de un material, a través de elementos finitos, con ello se garantiza que el producto final tiene las propiedades esperadas en cuanto a su función.

5.2.10 *Sensor de Corriente.*

Este dispositivo es utilizado para medir el flujo de electrones que pasa por un determinado circuito, en este caso usa uno de corriente alterna debido a que el motor eléctrico (consumidor) es trifásico, con una capacidad máxima de lectura de hasta 50 A (UNIT Electronics, 2022).

5.2.11 Programa Labview.

Labview es un programa utilizado para la adquisición de datos, programación, desarrollo de sistemas de pruebas y lectura e interpretación en otros de lenguajes de comunicación como lo son ASCII, hexadecimal, binario y decimal, esto debido a que posee una amplia librería de comando, además de una interfaz muy intuitiva.

5.3 Dimensionamiento de la Batería.

Para la elección de la batería se toman en consideración como bases para los cálculos a las características de la motocicleta Super Soco Tsx, la cual tiene velocidad promedio 45 km/h, velocidad máxima de 60 km/h y una autonomía 49 km, con aporte de energía de 1.8 kWh (Super Soco , 2022).

Además, por medio de análisis de la ruta “Avenida Lateral del Paso Ángel F. Rojas” con ayuda del programa Torque Pro como se muestra en la Figura 18, se sabe que esta tiene una distancia de 17.1km, trayecto que es muy comúnmente usado para para viajar de extremo a extremo en la ciudad, ahora si tomamos en cuenta que la autonomía máxima de la motocicleta es de 49 km, esta es más que suficiente para completar dicha ruta.

Figura 18.

Ruta de Prueba la cual Corresponde a toda la “Avenida Lateral del Paso Ángel F. Rojas”.



Nota. En esta gráfica podemos apreciar la ruta la cual corresponde a la Av. lateral del paso Ángel, la cual tiene una extensión de 17.1 km.

5.3.1 Características de las Baterías.

De acuerdo con Super Soco(2022), se toma como referencia la autonomía de la moto super Soco TSX la cual es de 49 km.

Adicional a ello se estima que las pérdidas en carga debido a la conversión de energía alterna de la red eléctrica a energía continua que usa la batería, se encuentran entre el 1.15% al 7.87% (Apostolaki et al, 2017).

De acuerdo con Portatil Movil (2017) la ventana del %SoC para baterías que no experimentan regeneración de energía, corresponde a un umbral máximo del 3 al 5 % en baterías NMC, lo que significa que estas pueden cargarse hasta un 95 o 97 % de la carga de la batería, debido a que con ella se mantiene un umbral de seguridad en cuanto a la carga de la batería, ya que estas se sobrecalientan cuando experimentan una sobrecarga, ocasionando reducción en su vida útil e incluso que la misma puedan explotar.

En este caso se considera usar una pérdida en carga del 1.15% debido a que se trabaja con una batería de moto eléctrica, por la misma razón también se considera que la ventana del % SoC sea de 97%.

Consumo 1.8 kW/49 km

Pérdidas en la carga 1.15%

Ventana SoC 97%

5.3.2 Kilómetros que se puede recorrer con esta batería a lo largo de toda su vida útil *ciclos de vida de la batería * Distancia = Distancia total de vida de batería*

$$1500 \text{ ciclos} * 49 \text{ km} = 73500 \text{ km}$$

Los kilómetros que se puede recorrer con esta batería en condiciones ideales de funcionamiento y velocidades constantes son de 105000 km, tomando en cuenta que en el año se recorren aproximadamente 15000 Km, lo que significa que la batería duraría aproximadamente 4.9 años (Ghassan, et al, 2018, p6).

5.3.3 Cálculo del Consumo en Conducción.

$$E_{cons} = \frac{E}{d} (1 - 0.0115)$$

$$E_{cons} = \frac{1.8 \text{ kWh}}{49 \text{ Km}} (1 - 0.0115)$$

$$E_{cons} = \frac{1.79 \text{ kWh}}{49 \text{ Km}}$$

5.3.4 Energía Necesaria.

$$E_{neta} = E_{cons} \cdot \text{Autonomía de la batería (Km)}$$

$$E_{neta} = \frac{1.79 \text{ kWh}}{49} * 49$$

$$E_{neta} = 1.78 \text{ kWh}$$

5.3.5 Energía Batería Bruta.

$$E_{Bruta} = \frac{E_{neta}}{SOC [\%]}$$

$$E_{Bruta} = \frac{1.79 \text{ kWh}}{0.97}$$

$$E_{Bruta} = 1.84 \text{ kWh}$$

Con este resultado se puede comprender que la batería a elegir debe propiciar un aporte de energía de 1.84 kWh, para poder tener una autonomía de 49 km, adicional a ello restaría determinar qué tipo de celda en la batería nos da mejores prestaciones, en base a esto se definen dos tipos de baterías distintas con lo son las NMC y LFP como se observa en la Tabla 5, en base a esto se calcula la densidad energética, en función de su peso, voltaje de trabajo y corriente de las pilas a analizar.

Contamos con dos posibles elecciones de baterías las cuales son:

- Tipo A: (LFP)
- Tipo B:(NMC)

5.3.6 Cálculo de la Densidad de cada Batería.

$$\text{Densidad}_{energética} = \frac{V_{Nominal-pila} * \dot{C}}{\text{Peso en Kg}}$$

Tabla 5.

Cuadro Resumen de las Características de Trabajo de las celdas Propuestas.

Tipo de material	Modelo de pila	Capacidad de trabajo Ah	Voltaje trabajo/V	Peso Kg	Densidad Energética/ Wh Kg ⁻¹	Precio (dólares)
LFP	IFR26700-50HE	5.0	3.2	0.095	168.42	5.33
NMC	INR21700-50ME	5.0	3.6	0.068	264.70	4.00
LFP	IFR26650	2.8	3.2	0.082	109.26	5.00
NMC	INR18650-28HE	2.9	3.6	0.049	213.06	2.98

Nota. (Tenpower, 2022) y (Alibaba , 2022)

En este caso se puede observar que la densidad energética de las baterías LFP es menor en comparación con las NMC, esto debido su densidad energética es más baja, por lo tanto, su peso y volumen aumentan, ya que con estas se necesitarían un mayor número de celdas para alcanzar un mismo aporte de energía que una NMC, el peso en la motocicleta es un factor clave para determinar su autonomía por lo tanto siempre se procura que este sea lo más bajo posible, además al tener un mayor volumen las LFP hacen que su incorporación en el chasis de la moto sea complicado, por otro lado este tipo de baterías son más costosas, al tomar en consideración todos estos aspectos tenemos como resultado que las baterías NMC es la mejor alternativa a elegir.

5.3.7 Dimensionamiento de la Batería Acorde al Número de celdas.

Como datos base tomaremos en consideración el modelo de la moto Super Soco Tsx, la cual tiene una autonomía de 49 km, con una batería de 1.8 kWh, la cual se distribuye en 60 V 30 Ah, a partir del voltaje y la corriente de trabajo de la pila se calcula la distribución de las celdas, se consideran las celdas de menor precio tanto para LFP y NMC, y en función del número total de las mismas se resuelve a definir diferentes disposiciones.

5.3.8 Cálculo del Número de Celdas en Serie en Pilas NMC.

$$\text{Número de celdas en serie} = \frac{60V}{3.6}$$

$$\text{Número de celdas en serie} = 16.6$$

$$\text{Número de celdas en serie} = 17$$

5.3.9 Cálculo del Número de Celdas en Paralelo, Potencia y Energía en Pila NMC.

$$\text{Número de celdas en paralelo} = \frac{30Ah}{2.9 Ah}$$

$$\text{Número de celdas en paralelo} = 10.3$$

$$\text{Número de celdas en paralelo} = 10$$

$$(wh) = V * C$$

$$E(wh) = 60V * 30 Ah$$

$$E(wh) = 1800Wh$$

$$E(Kwh) = 1.80 Kwh$$

Como resultado podemos decir que nuestra batería a elegir tiene 17 celdas en serie y 10 en paralelo, como resultado tenemos 170 celdas.

5.3.10 Cálculo del Número de Celdas en Serie en Pilas LFP.

$$\text{Número de celdas en serie} = \frac{60V}{3.2}$$

$$\text{Número de celdas en serie} = 18.75$$

$$\text{Número de celdas en serie} = 19$$

5.3.11 Cálculo del Número de Celdas en Paralelo, Potencia y Energía en Pila LFP.

$$\text{Número de celdas en paralelo} = \frac{30Ah}{2.8 Ah}$$

$$\text{Número de celdas en paralelo} = \frac{30Ah}{2.8 Ah}$$

$$\text{Número de celdas en paralelo} = 10.71$$

$$\text{Número de celdas en paralelo} = 11$$

$$(wh) = V * C$$

$$E(wh) = 60V * 30 Ah$$

$$E(wh) = 1800Wh$$

$$E(Kwh) = 1.80 Kwh$$

Por lo tanto, para poder tener un aporte de energía de 1.8 kWh es necesario usar 19 pilas de LFP en serie y 11 en paralelo, lo que da como resultado que se deben usar en total 209 pilas

5.3.12 Diferentes Disposiciones de las Celdas de la Batería.

Como dato de entrada sabemos que disponemos de 170 pilas de tipo NMC y para el caso de las LFP se dispone de 209 para lograr tener el mismo aporte de energía, en base a estas definimos distintos tipos de disposiciones de las baterías, con la finalidad de determinar las características de cada una de estas, como se observar en la Tabla 6.

Tabla 6.

Distribución de Celdas Acorde a su Material.

Distribución de celdas					
Material		Vol. Max (V)	Vol. Medio (V)	Vol. Min (V)	Observaciones
Tipo A: NMC	17s10p	4.2*17=71.4	3.6*17=61.2	2.5*17=42.5	Esta es una muy buena opción, debido a que el voltaje aportado por esta batería es el buscado, además es una pila de alta densidad, por lo tanto, la misma el volumen y el número de celdas que esa dispone es menor en comparación con una pila de tipo LFP, razón por la cual es la disposición elegida.
	10s17p	4.2*10=42	3.6*10=36	2.5*10=25	El voltaje que aporta esta disposición es muy bajo por cuanto el rendimiento de la moto en cuento a su velocidad se ve disminuido.
	170s1p	4.2*170=714	3.6*170=612	2.5*170=425	El voltaje es muy elevado.
Tipo B: LFP	19s11p	3.7*19=70.3	3.2*19=60.8	2*19=38	El voltaje máximo es el correcto para nuestro motor, por otro lado, al existir una menor densidad energética hace que el voltaje mínimo sea muy bajo, reduciendo significativamente la energía de aporte al motor, además debe existir un mayor número de pilas para llegar al aporte de energía requerido, con ello se aumenta el peso y el volumen del pack de baterías.
	11s19p	3.7*11=40.7	3.2*11=35.2	2*11=22	El Voltaje es muy bajo
	209s1p	3.7*209=773	3.2*209=669	2*209=418	El voltaje es excesivamente alto

Nota. La disposición de celdas con mejores resultados es la de 17s10p, de pilas tipo NMC, ya que tiene una muy buena densidad energética, por lo tanto, su número de pilas es menor en comparación con las LFP

Se necesita una batería de 1.84 kWh para recorrer 49 km y se proponen baterías con materiales como LFP 19s11p, sin embargo, esta disposición da como resultado que necesitan 209 pilas, lo que significa ocupar un gran espacio. Por otro lado, se encuentran las baterías tipo NMC con disposición de 17s10p que da como resultado de 170 pilas lo que significa un menor espacio y peso, además nos brinda el aporte de energía buscado.

5.3.13 Baterías en el Mercado con Disposición de celdas de 17s10p con 1.84 kW de Aporte de Energía.

Una vez que sabemos que la disposición de nuestra batería es de 17s y 10p, restaría investigar en el mercado una batería que cumpla o se asemeje a este orden de celdas, con un aporte de energía similar a 1.84 kWh, además de que sus pilas sean de tipo NMC, ya que brindan una muy buena densidad energética, con ello tenemos la Tabla 7.

Tabla 7.

Características de las Baterías que Podrían ser Utilizadas en la Moto.

DETALLES DE PRODUCTO	YL0801	SK0207	AM0203
Voltaje	60 V	60 V	60 V
Capacidad	28 Ah	30 Ah	30.8Ah
Energía	1680 Wh	1800 Wh	1848 Wh
Dimensión	150*180*337mm	150*180*335mm	200*170*290mm
Corriente de carga continua	5 A	4 A	15 A
Serie y Paralelo	17S10P	17S10P	16s11p
Cantidad máxima de celdas	170	170	176
Peso	11kg	11 kg	12.5 kg
Temperatura de carga operativa	0-45 °C	0~40 °C	0~45 °C
Temperatura de descarga operativa	-20-60 °C	-20~60 °C	-20~60 °C
Tipo de batería	NMC	NMC	NMC

Nota. En la presente Tabla se observan los datos característicos de 4 baterías elegidas acorde a la demanda energética en la ciudad de Loja. Obtenida de (KAIS, 2021)

Ahora si comparamos las tres baterías NMC podemos observar que a pesar de que todas cuentan con similares características en cuanto a su aporte de energía y número celdas, para poder tomar la decisión de cuál elegir, nos basaremos en la densidad energética de todo el conjunto de la batería como se muestra en la Tabla 8.

$$Densidad_{energética} = \frac{V_{Nominal-batería} * \dot{C}}{Peso \text{ en Kg}}$$

Tabla 8.

Cuadro Resumen de la Densidad de las Baterías Estudiadas.

Tipo de batería	Capacidad Ah	Voltaje de trabajo/V	Peso Kg	Densidad Energética/ Wh Kg⁻¹
SK0207	30	60	11	163.63
YL0801	28	60	11	152.72
AM0203	30.8	60	12.5	147.84

Nota. Densidad energética de todo el conjunto de batería.

Como podemos observar en la Tabla 8 estas no comparten la misma densidad energética, dado que difieren variables como peso y carga, adicional a ello su diferencia tampoco es tan grande, sin embargo, podemos apreciar que la batería con las mejores propiedades es las SK0207, la cual corresponde con una batería de tipo NMC, adicional a ello, el modelo de esta batería se puede conseguir en el mercado ecuatoriano.

5.4 Dimensionamiento Cargador.

Para el dimensionamiento del cargador se consideran variables como el número de celdas en serie por el voltaje nominal de la pila de la batería y para la corriente se considera el número de celdas en paralelo por la corriente nominal de la pila, además esta se multiplica por 0.1 ya que con esto se consigue una carga lenta ideal para cuidar la vida útil de la batería.

5.4.1 Voltaje de Cargador SK0207.

$$V_{salida} = V_{celda} \cdot n_{celdas-serie}$$

$$V_{salida} = 3.65 \cdot 17$$

$$V_{salida} = 62.05 \text{ V}$$

5.4.2 Corriente de Salida del Cargador SK0207.

$$I_{salida} = I_{celda} \cdot n_{celdas} \cdot 0.1$$

$$I_{salida} = 4 \cdot 10 \cdot 0.1$$

$$I_{salida} = 4 \text{ A}$$

5.4.3 *Tiempo de Carga SK0207.*

$$\dot{C} = \frac{c}{0.9}$$

$$\dot{C} = \frac{30}{0.9}$$

$$\dot{C} = 33.3$$

$$t = \frac{\dot{C}}{I}$$

$$t = \frac{33.3Ah}{4A}$$

$$t = 8.32 \text{ h}$$

$$t = 8h.19m$$

5.4.4 *Voltaje de Cargador YL0801.*

$$V_{salida} = V_{celda} \cdot n_{celdas-serie}$$

$$V_{salida} = 3.6 \text{ V} \cdot 17$$

$$V_{salida} = 61.2$$

5.4.5 *Corriente de Salida del Cargador YL0801.*

$$I_{salida} = I_{celda} \cdot n_{celdas} \cdot 0.1$$

$$I_{salida} = 4 \text{ A} \cdot 10 \cdot 0.1$$

$$I_{salida} = 4A$$

5.4.6 *Tiempo de Carga YL0801.*

$$\dot{C} = \frac{c}{0.9}$$

$$\dot{C} = \frac{28}{0.9}$$

$$\dot{C} = 31.1$$

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

$$t = \frac{31.1Ah}{4A}$$

$$t = 7.77h$$

$$t = 7.46 h$$

5.4.7 Voltaje de Cargador AM0203.

$$V_{salida} = V_{celda} \cdot n_{celdas-serie}$$

$$V_{salida} = 3.75 V \cdot 16$$

$$V_{salida} = 60 V$$

5.4.8 Corriente de Salida del Cargador AM0203.

$$I_{salida} = I_{celda} \cdot n_{celdas} \cdot 0.1$$

$$I_{salida} = 15 A \cdot 11 \cdot 0.1$$

$$I_{salida} = 16.5 A$$

5.4.9 Tiempo de Carga AM0203.

$$\dot{C} = \frac{c}{0.9}$$

$$\dot{C} = \frac{30.8}{0.9}$$

$$\dot{C} = 34.22$$

$$t = \frac{\dot{C}}{I}$$

$$t = \frac{34.22h}{16.5}$$

$$t = 2.07 h$$

$$t = 2 h 5 min$$

5.5 Modelado del Sistema de Aislamiento.

5.5.1 Análisis de la Normativa Aplicable.

Según la normativa UNE-EN ISO 18243:2019 estipula las “Especificaciones de ensayo y requisitos de seguridad” para las baterías de motocicletas eléctricas en las cuales define los métodos de ensayo, antes, durante y después de las pruebas de la batería, con la finalidad de obtener los datos más exactos y pruebas seguras durante la adquisición de

datos, estos parámetros se dividen en dos apartados de gran importancia, que corresponden a

- Ensayos de seguridad y fiabilidad (para el diseño)
- Ensayos generales (Pruebas experimentales)

5.5.2 Ensayos de Seguridad y Fiabilidad

Para el modelado de la batería nos basaremos en las especificaciones de la norma UNE-EN ISO 18243:2019, la cuales se utilizarán como datos de referencia para simular diversos tipos de cargas de las cuales podemos destacar las siguientes como lo son:

5.5.2.1 Caída. En este caso se simula la caída de la batería durante el cambio o carga externa de la misma, para efectuar esta prueba la batería debe estar completamente cargada. Se hacen pruebas con una altura de 1m con impacto sobre una superficie de cemento, la zona de impacto de la batería debe ser la más delicada, esta prueba se repite 3 veces, y se evalúa si la misma no tiene fugas justo después de las pruebas y otra evaluación luego de 6 h después, esta no debe presentar fugas, fuego o explosión (UNE, 2019).

5.5.2.2 Inmersión en agua. Simula las condiciones en donde la motocicleta quede completamente inmersa en el agua, como requisito se tiene que la posición de la batería en el motocicleta es la normal (vertical) y con un estado de carga completa, esta prueba está diseñada para condiciones donde la motocicleta quede inmersa en agua con un 5% de salinidad, con un tiempo mínimo de 2 horas y la profundidad de la misma debe ser tal que sumerja toda la batería en agua, tras pasar 1 hora se revisa la batería y debe observarse que no existan fugas, fuego o explosión (UNE, 2019).

5.5.2.3 Vibración. Simula las vibraciones que experimenta el ciclomotor y a las cuales la batería va a estar sometida a lo largo de su vida útil, el ensayo se hace desde una frecuencia que va desde los 7 Hz hasta 200 Hz y volver a los 7 Hz en un tiempo de 15 minutos. Esta prueba se realiza un total de 12 veces en un periodo de 3 horas.

5.6 Focalización de Criterios para Selección de Material para Cubierta de Batería por Medio de “Expert Choice”.

Expert Choice es un método utilizado para la toma de decisiones, mediante el uso de atributos múltiples, esta técnica no nos ayuda a encontrar la mejor opción sino la opción que más se adapte a nuestras necesidades, esta es muy utilizada en diferentes ramas de la ciencia como: salud, ingeniería e industrias (Expert Choice, 2022). Los pasos a seguir para la toma de decisiones son los siguientes.

- Modelar el problema como jerarquía
- Establecer prioridades haciendo una serie de juicios basados en la comparación por pares de elementos.
- Sintetizar los juicios para producir un conjunto de prioridades globales de la jerarquía y revisar la consistencia de los juicios
- Llegar a una decisión final basada en los resultados de este proceso

5.6.1 Variables a Considerar para Evaluación del Material.

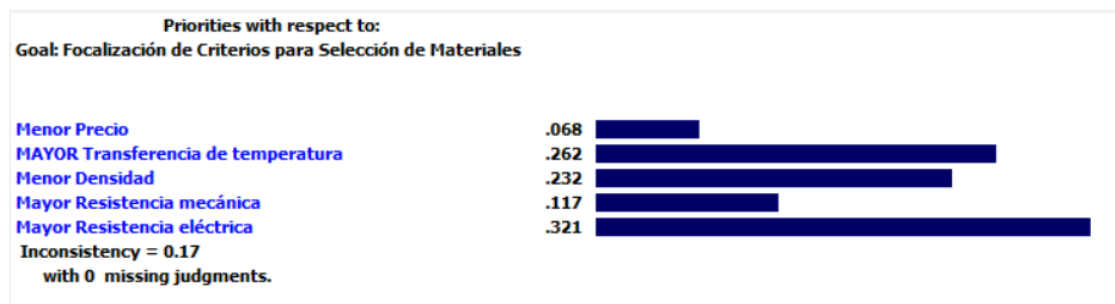
Dentro del campo de las variables a tomar en consideración para la elección del material tenemos las siguientes.

- Transferencia de calor
- Densidad
- Resistencia mecánica
- Resistencia eléctrica
- Precio

Se realiza un análisis en “Expert Choice” donde se definen cada una de estas variables acorde a su importancia tal y como se observa en la Figura 19.

Figura 19.

Criterios de Valorización para los Materiales.



Nota. Se considera como parámetro de mayor interés al tema de la resistencia eléctrica, debido a que se trabaja con una batería que maneja alto voltaje y corriente.

Como resultado podemos observar que los puntos de mayor interés son una mayor resistencia eléctrica debido a que se está trabajando con una batería con un alto amperaje y voltaje, por lo cual se considera como factor más importante a esta propiedad, seguida a este tenemos una mayor transferencia de temperatura, ya que la eficiencia de la batería está en relación directa con la temperatura, finalmente como tercer aspecto más importante se considera la menor densidad ya que se procura siempre tener un menor peso en la motocicleta para así tener una mayor autonomía.

5.6.2 *Los Materiales a Evaluar.*

Las características de los materiales a evaluar se presentan en la Tabla 9, donde se detallan sus propiedades físicas y mecánicas.

Tabla 9.

Características de los Materiales a Evaluar.

Material	ρ (g/cm ³)	α °C	Resistencia a la corrosión	Precio	Resistividad eléctrica $\Omega \cdot m$	Resistencia mecánica
Aluminio	2.7	0.00446	Alta	Medio	$2,7 \times 10^{-8}$	40-700Mpa
Acero inoxidable	7.9	0.00094	Alta	Alto	76×10^{-8}	621 MPa
Latón	8.5	0.0015	Alta	Bajo	$6,3 \times 10^{-8}$	338 – 469Mpa

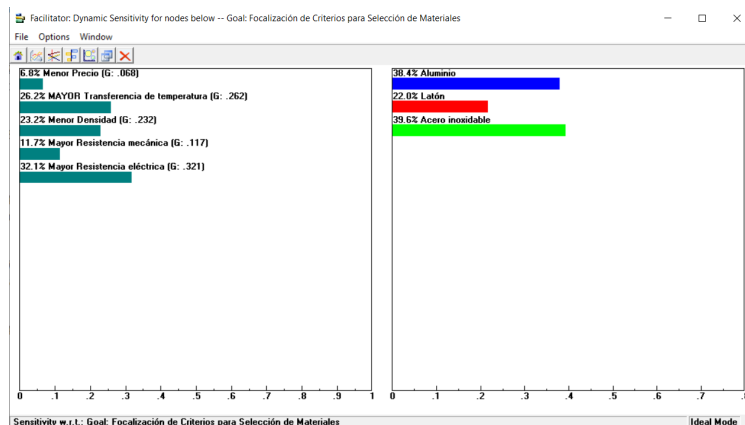
Nota. Expert Choice es una herramienta utilizada para la toma de decisiones, pero para poder hacer esto necesita basarse en datos reales. Fuente (Tibtech Innovations, 2018).

5.6.3 *Resultado del Análisis en Expert Choice.*

Al hacer este análisis tenemos que el material más apropiado a elegir para la construcción de la cubierta de la batería es el acero inoxidable y el aluminio, como se muestra en la Figura 20, es por ello que se realiza el análisis de ambos materiales para determinar por medio de Cesa Edupack cual presentan las mejores propiedades para nuestro uso.

Figura 20.

Resultado del Análisis de Expert Choice



Nota. Después de evaluar los diferentes materiales se llega a la conclusión de que el material más apto para el trabajo es el acero inoxidable con un 39.6% luego el aluminio con un 38.4% y finalmente el latón con un 22%.

5.7 Selección de Material Mediante el Programa Ces Edupack.

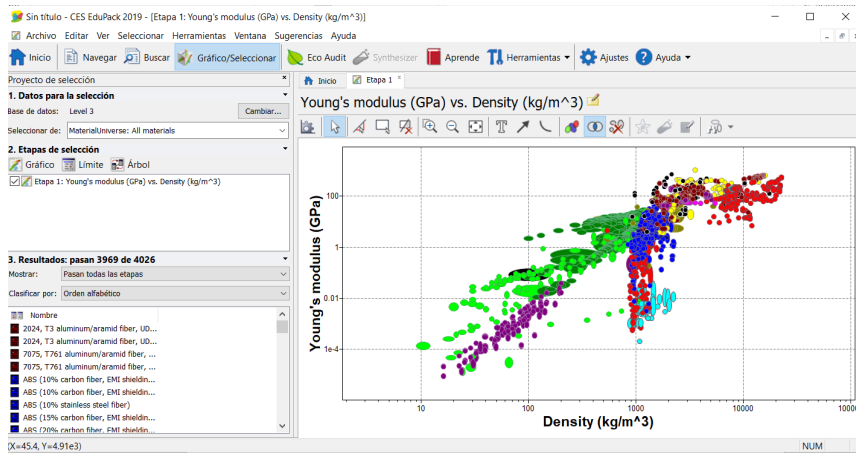
Ces Edupack Figura 21 es una plataforma que se utiliza mucho en el campo de la ingeniería debido a su elevado alcance de utilidad, con esta plataforma podemos seleccionar una serie de materiales y comparar sus cualidades mediante tres aspectos.

- **Gráfica.** En este apartado se definen las propiedades las abscisas Y y X, en cada una de estas se categorizan parámetros de selección como: propiedades físicas, mecánicas, precio, etc.
- **Limite.** Esta opción nos permite asignar parámetros de restricción de forma manual, por ejemplo, en el apartado de precio podemos definir los rangos de precio por peso y unidad de volumen y en base a esto hacer un filtro de materiales que más se adapten a nuestro presupuesto.
- **Árbol.** En esta opción podemos definir de forma general las líneas de búsqueda, por ejemplo, podemos buscar solo materiales metálicos o cerámicos, aluminios, etc. Con la finalidad de filtrar cada vez más los parámetros de búsqueda.

La finalidad de todos estos parámetros de búsqueda es hacer el universo de materiales se reduzca cada vez más, y con ello la elección de mismo sea una tarea más fácil de hacer, si los materiales filtrados son más de tres podemos apoyarnos en el programa “Expert Choice” para elegir la mejor opción para nuestro trabajo.

Figura 21.

Interfaz de Ces Edupack 2019.



Nota. Cada color representa un tipo de material diferente, en el eje de las X tenemos la densidad y en el eje de las Y el módulo de Young, en este caso la cantidad de materiales es de 4026 Fuente (Ces Edupack , 2010).

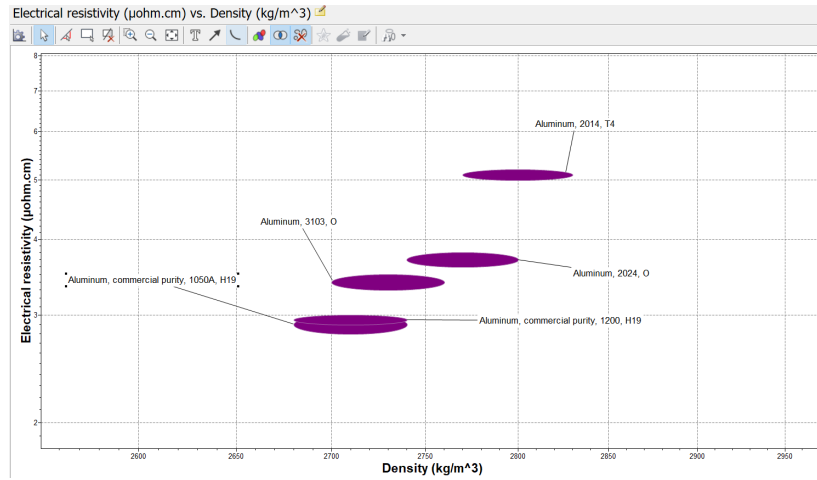
5.7.1 *Parámetros que se Consideraron Para la Elección del Aluminio.*

En este caso en particular se busca un material que tuviese buenas propiedades de densidad y resistencia eléctrica, como factores más influyentes para la elección, por lo tanto, en el apartado de gráfica se consideran propiedades físicas como lo es la densidad del material y el coeficiente de resistividad eléctrica de cada material.

Para hacer más precisa la búsqueda del material nos basaremos en la normativa técnica ecuatoriana INEN 2250, la cual detalla los requisitos de los aluminios como: perfiles, barras, varillas y tubos extruidos, este dato lo usaremos con la finalidad de conocer cuales los materiales comercializados Ecuador en cuanto a aluminio. (INEN, 2017). Con esta información pasamos de tener 245 aluminios a tan solo 5 como se muestra en la Figura 22.

Figura 22.

Filtrado de Materiales Basándonos en la Normativa de la INEN.



Finalmente restaría caracterizar cada uno de los materiales de acuerdo a sus propiedades física y mecánicas, como se muestra en la Tabla 10 para posteriormente realizar un análisis de elección en el programa de “Expert Choice”.

Tabla 10.

Propiedades del Aluminio de Acuerdo a su Norma.

Propiedades	ASTM 1050 A	ASTM 1200	ASTM2014	ASTM 3103
Densidad (Kg/m ²)	2.68 x10 ³	2.68x10 ³	2.77 x 10 ³	2.7x 10 ³
Módulo de Young (GPa)	69-72	69-72	73-77	69.5-73
Dureza (kJ/m ²)	14.5-17.4	14.5-17.4	16.3-19.3	12.7-17.1
Conductividad térmica (W/m.°C)	224-234	221-230	131-137	186-194
Resistencia eléctrica (μohm.cm)	2.8-3	2.9-3	5-5.2	3.3-3.5

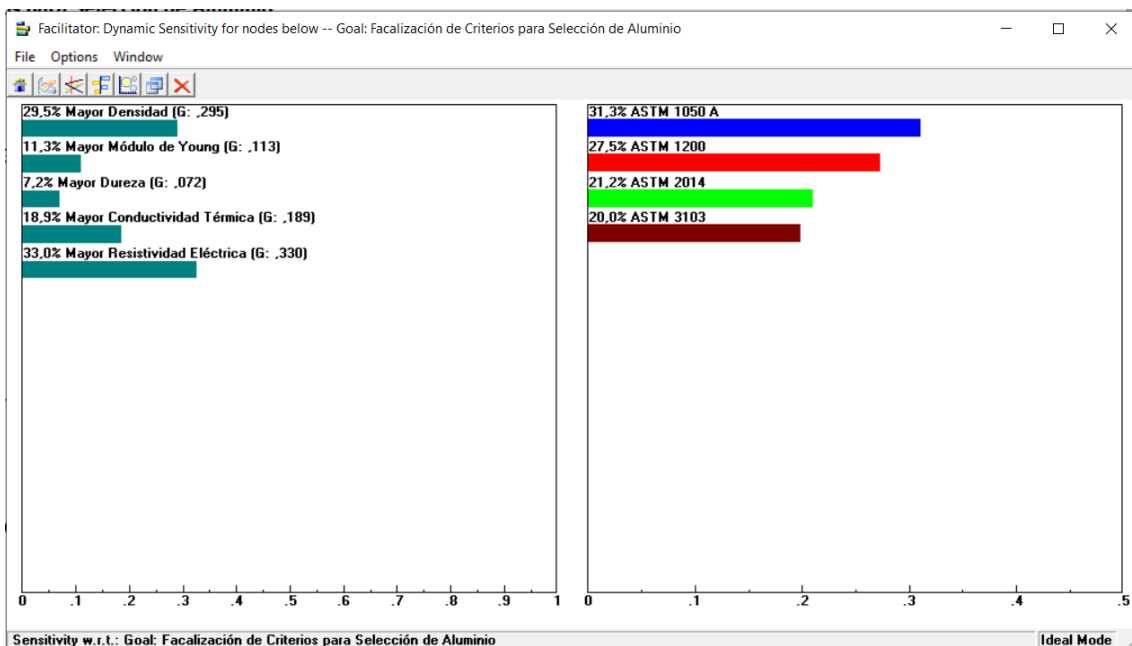
Nota. Fuente (Ces Edupack , 2010).

5.7.2 *Análisis en Expert Choice Para la Elección del Aluminio.*

Al realizar el análisis de materiales de acuerdo a sus características físicas y mecánicas, se llega a la conclusión que el material más apropiado a elegir para la construcción de la cubierta de la batería es el aluminio ASTM 1050 A tal y como se muestra en la Figura 23.

Figura 23.

Resultados del Análisis de Materiales de Aluminios en "Expert Choice".



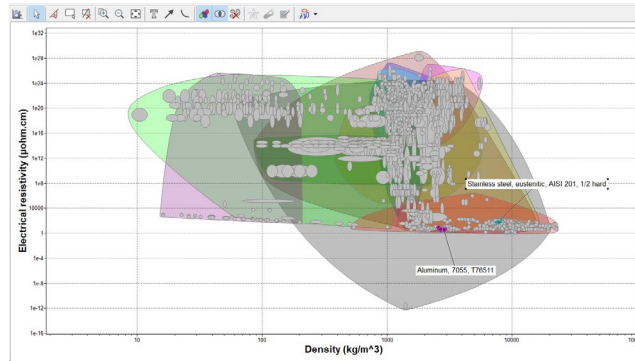
Nota. Como parámetros de relevancia para el análisis se consideró los criterios de densidad y resistividad eléctrica.

5.7.3 *Análisis del Acero Inoxidable en Ces Edupack.*

En la Figura 24 y datos generales de la Tabla 9 se observan que las características del aluminio con acero inoxidable en algunos aspectos son similares, es por ello que es necesario hacer un análisis por separado de cada uno de estos, se consideran los mismos parámetros de análisis, como lo es la densidad y resistividad eléctrica del material, como se muestra en la Figura 25.

Figura 24.

Universo de Materiales de CES Edupack, donde Resaltan el Acero Inoxidable y Aluminio.



Nota. El universo de materiales de ces edupack es de 4026 de los cuales 245 corresponden al aluminio y 14 a acero inoxidable.

En la Figura 25 se puede observar que las mejores cualidades de resistividad eléctrica corresponden al acero inoxidable, por otro lado, el aluminio tiene las mejores características de densidad. Para este caso también nos basaremos en las láminas comerciales de acero inoxidable en el Ecuador, para hacer el análisis de cualidades mecánicas, físicas, y eléctricas nos basaremos en a Tabla 11 y posteriormente determinar la mejor opción mediante el programa “Expert Choice”

Figura 25.

Filtrado de Materiales Basándonos en los Aceros Inoxidables más Comercializados.

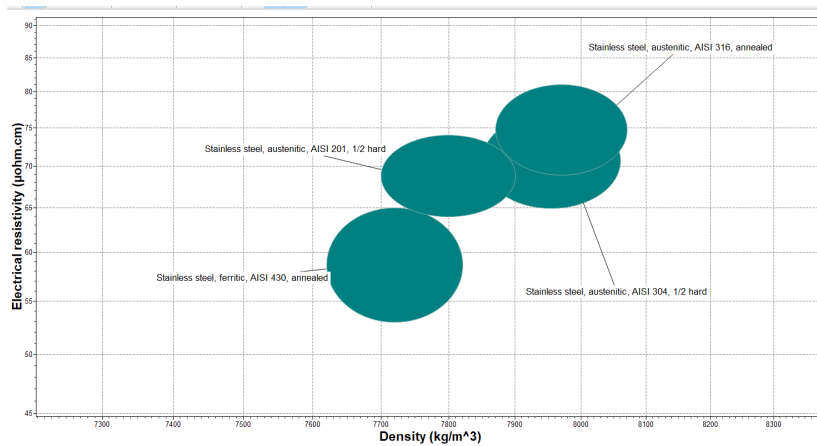


Tabla 11.

Propiedades del Acero Inoxidable de Acuerdo a su Norma.

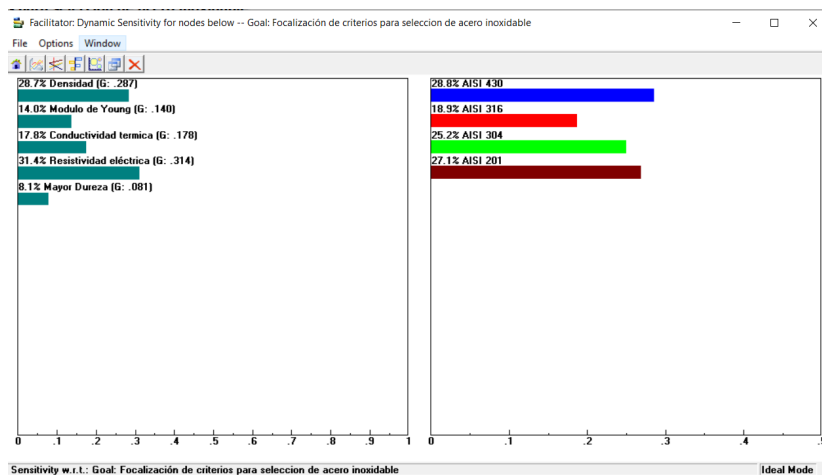
Propiedades	AISI 430	AISI 316	AISI 304	AISI 201
Densidad (Kg/m ²)	7.62 x10 ³	7.87 x10 ³	7.85 x10 ³	7.7 x10 ³
Módulo de Young (GPa)	195-205	189-205	190-203	193-201
Dureza (kJ/m ²)	21.9-114	15.7-28	37.3-189	22.3-48.9
Conductividad térmica (W/m.°C)	23-27	13-17	14-17	15-17
Resistividad eléctrica (μohm.cm)	70	69	65	64

5.7.4 Análisis en Expert Choice Para la Elección del Acero Inoxidable.

Al realizar el análisis de materiales de acuerdo a sus características físicas, mecánicas, y eléctricas, se llega a la conclusión que el material más apropiado en el grupo de los aceros inoxidable es el AISI 430, para la construcción de la cubierta de la batería tal y como se muestra en la Figura 26.

Figura 26.

Resultados del Análisis de Materiales de Aceros Inoxidable en "Expert Choice".



Nota. El acero inoxidable AISI 430 es la mejor opción para la fabricación de la carcasa con un 28.8% de elegibilidad.

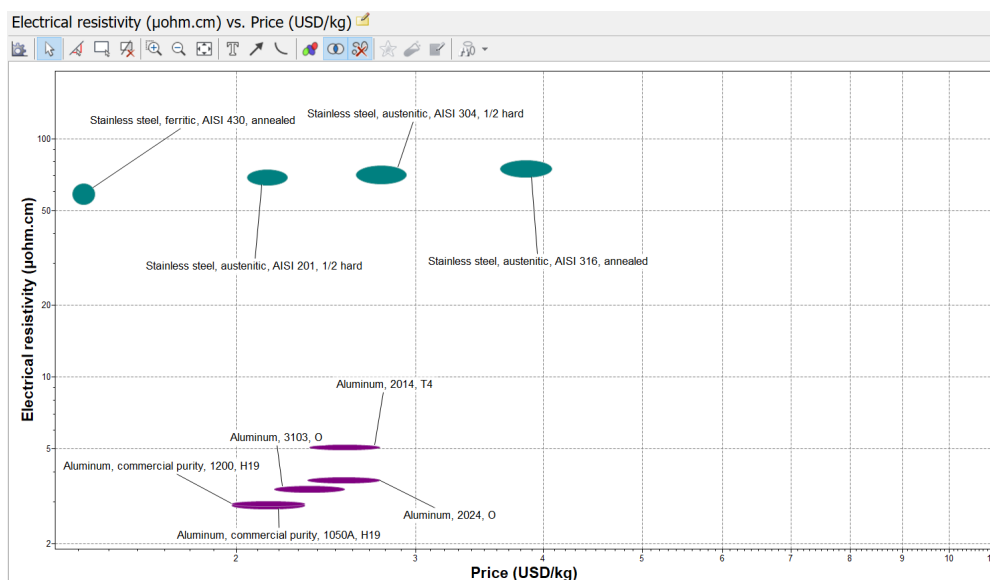
Con los análisis realizados de selección de material se llega a la conclusión que el acero inoxidable es la mejor opción, porque este material tiene como principal característica la resistencia eléctrica, siendo este un parámetro muy importante en este componente de la moto, ya que la batería maneja una tensión de 60V y 30 A, los cuales representan un gran peligro para el conductor, además es más factible de fabricar en caso de replicar el diseño y sumado a todo esto, el precio del acero inoxidable en comparación con el aluminio es mucho más económico, tanto en la lámina como en la construcción de la carcasa.

5.7.5 *Análisis de Precios con Ayuda del Software Ces Edupack.*

Unos de puntos más fundamentales al momento de elegir el material, es el valor que tienen estos, ya que si queremos un diseño que pueda ser replicable en el futuro se debe tomar en consideración este aspecto, y no solo en haciendo referencia al precio por unidad de kilo del material, sino también al coste de fabricación, es por ello que se realiza un análisis en “Ces Edupack” con la finalidad de evidenciar esta variable como se muestra en la Figura 27.

Figura 27.

Análisis de Precios y Resistividad Eléctrica.



Nota. Figuras en color verde corresponden al acero inoxidable y las moradas al aluminio

Como se observa en la gráfica el material con menor precio y mayor resistividad eléctrica corresponde a los aceros inoxidables, los cuales se identifican con la tonalidad verde, por

otro lado, tenemos el aluminio con una tonalidad morada, el cual es más costoso y tiene una menor resistencia eléctrica.

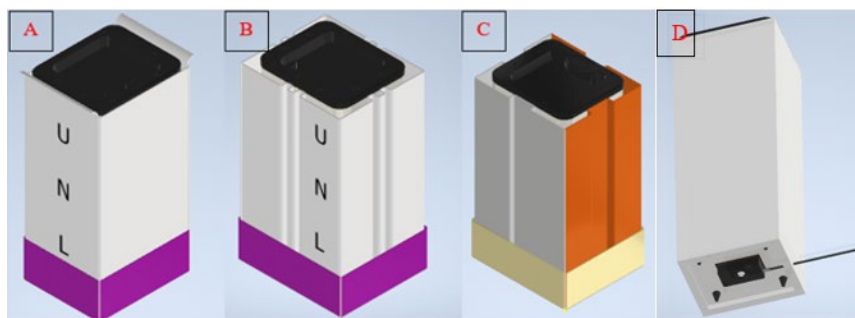
5.8 Modelado y Fabricación del Sistema Aislante de la Batería.

Dentro de los parámetros considerados para el desarrollo del sistema aislante de la batería se consideraron factores que van desde el anclaje, para evitar el juego de montaje que pudiese ocasionar vibración y con ello un deterioro interno de las pilas de litio, o a su vez de la BMS (Modulo de control de la batería), además se llegó a la conclusión que el mejor material para la carcasa de la baterías es el acero inoxidable mediante el análisis en el software “Expert Choice”, debido a sus propiedades de resistividad eléctrica, y densidad; el espesor considerado es de 1 mm ya que se consiguen buenas propiedades de rigidez, resistencia mecánica y sobre todo no eleva el peso de la motocicleta, el cual es un factor muy importante.

Como propuestas de diseño para la carcasa de la batería se consideraron tres modelos, con diferentes cualidades tal y como se puede observar en la Figura 28.

Figura 28.

Propuestas de Diseño Planteadas para Carcasa de Batería.



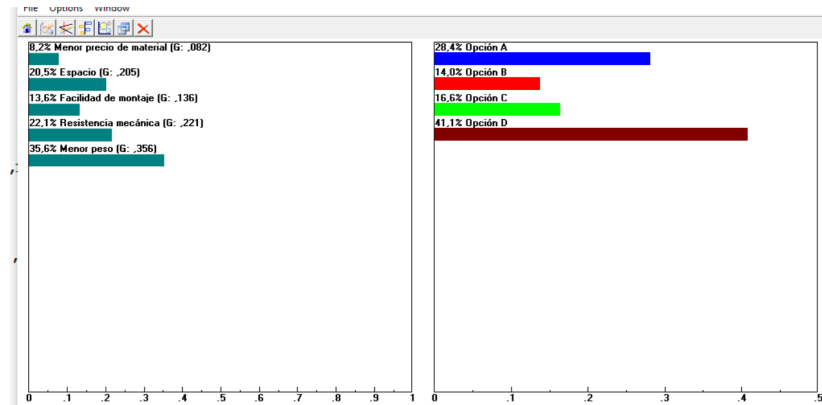
Nota. Durante la concepción del diseño final para la carcasa de la batería, se consideraron 4 opciones donde la opción D demuestra tener las mejores cualidades por ser más compacta, fácil fabricación, menos pesada entre otros aspectos.

La carcasa A es una propuesta muy buena para la batería, sin embargo, este diseño está contemplado en dos partes, al igual que el modelo B y C, aumentando el peso, material, complejidad de diseño y coste de fabricación, por otro lado, caso del diseño B y C, son propuestas que ocupan gran espacio y lo que se desea en el diseño es un formato más compacto y finalmente en el modelo D, este si reúne todas las cualidades que se desean tener en la carcasa como lo son, bajo peso, coste de fabricación, además esta es más compacta.

Para poder determinar cuál de estos modelos es el más apto para la motocicleta se analizaron varios parámetros, que van desde el campo geométrico que va de la mano con el diseño del chasis del vehículo, hasta la factibilidad de fabricación, en la Figura 29 se detallan los aspectos tomados en cuenta para elegir el modelo de carcasa de batería.

Figura 29.

Evaluación de Modelos de Carcasa de Batería.



Nota. En este caso la mejor opción para fabricación de la carcasa de la batería es la opción D ya que reúne las mejores características para ser construida.

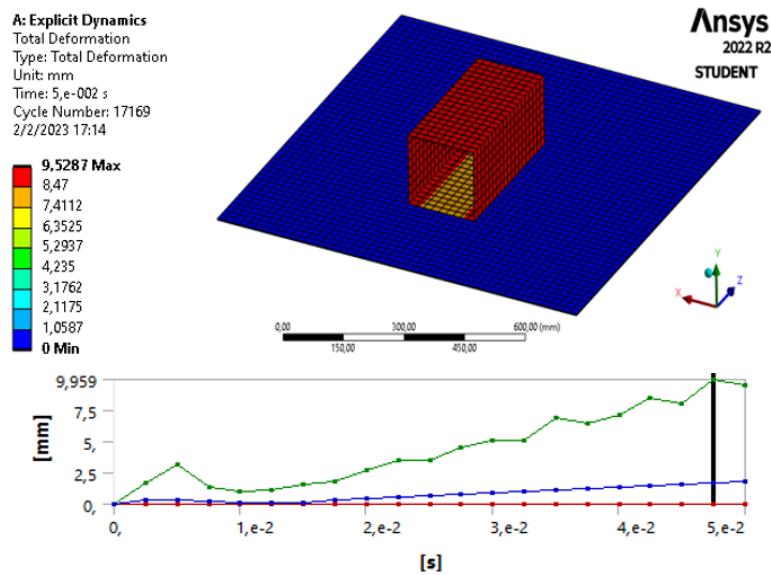
5.8.1 *Análisis de Resistencia de la Carcasa.*

Como parámetros de entrada se considera que la velocidad de impacto es de 25 km/h, con la finalidad de simular el golpe que podría producir en la motocicleta al circular a estas velocidades, con ello se evidencia un resultado más cercano a la realidad, adicional a ello el impacto se produce en una de las caras laterales, que se encuentran descubiertas y propensas a un golpe.

En la Figura 30 se puede apreciar que la máxima deformación se da en el eje “Y” debido a que es la componente donde recibe el impacto teniendo una deformación máxima de 9.52 mm al chocar con un objeto a una velocidad de 25 km/h, además otra componente que experimenta de deformación es en el eje Z con 1.85 mm, y finalmente en el eje “X” no se experimenta ninguna deformación.

Figura 30.

Análisis de Resistencia de la Carcasa ante un Impacto de la Batería.



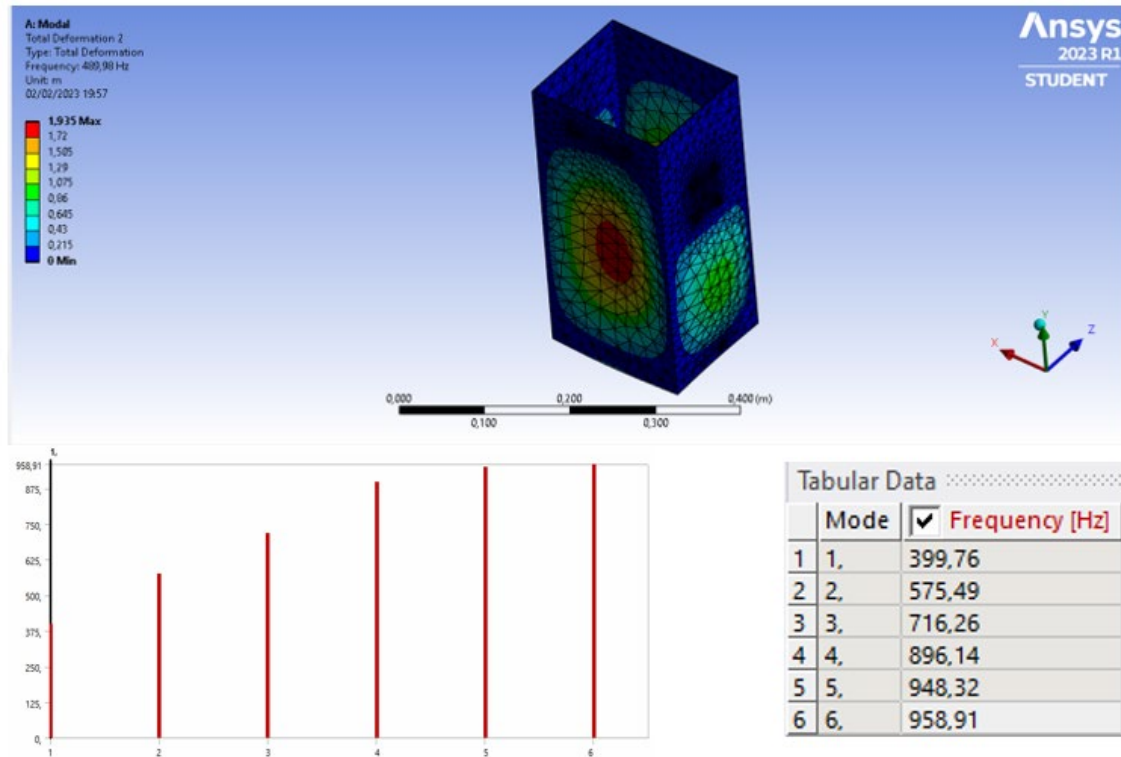
Podemos observar que la máxima deformación de la carcasa ante un impacto de esta magnitud es de 9.5 mm en la zona afectada, en la gráfica de la parte inferior de puede observar, la deformación con respecto al tiempo, se considera un tiempo de simulación de 0.005 seg, el cual es un tiempo prudente para evidenciar los efectos incidentes de este golpe en la carcasa.

5.8.2 *Análisis de Vibración de la Carcasa.*

En la Figura 31 se aprecia la simulación de las frecuencias naturales que puede experimentar la carcasa de la batería, este ensayo consiste en someter distintas frecuencias a este cuerpo y con ello determinar si las mismas son coincidentes con las frecuencias naturales de una motocicleta eléctrica la cual es de 66.7 Hz, además según la norma UNE-EN ISO 18243:2019 en su apartado de vibraciones habla que la batería se ensaya con frecuencias que van desde 7 Hz hasta 200 Hz para ello nos valemos del software ANSYS el cual nos permite hacer un análisis modal de este elemento y determinar cuáles son las frecuencias naturales de nuestra carcasa, como parámetros base, se calcula con las propiedades físicas del acero inoxidable AISI 430 y los puntos fijos de anclaje, se hacen de acuerdo a los puntos de apoyo de la carcasa en el chasis (Rodríguez A. , 2020).

Figura 31.

Análisis de Vibración a la Carcasa de la Batería en ANSYS



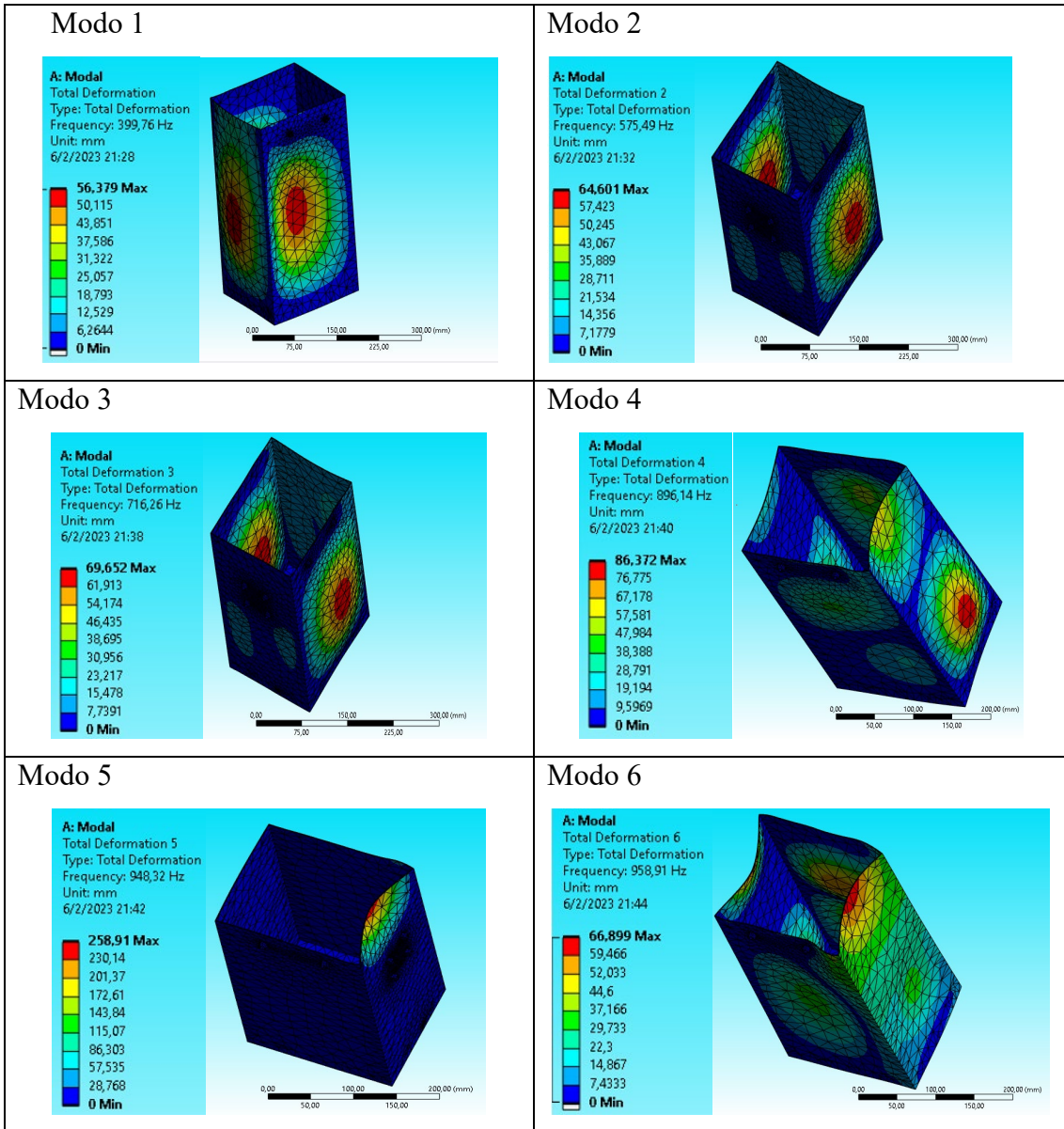
Nota. En la parte inferior se pueden observar las distintas frecuencias naturales de estos, de forma gráfica y numérica.

Como resultados de este análisis tenemos que las frecuencias naturales que experimenta este cuerpo las cuales comprenden los siguientes valores, como se muestra en la Tabla 12:

Tabla 12.

Frecuencias Naturales de carcasa de batería

Modo	Valor (Hz)	Descripción
1	399.76	Vibraciones laterales en el eje X que generan torsión y en el eje Z de compresión.
2	575.49	Vibraciones laterales de que ocasionan compresión y tensión en el eje Z
3	716.26	Vibraciones en el eje X y Z que producen torsión
4	896.14	Vibraciones que generan pandeo en el eje Z
5	948.32	Vibraciones que producen pandeo en una cara del eje X
6	958.91	Vibraciones que ocasionan torsión en el X y Z



Cómo se puede observar estas frecuencias son altas y por lo tanto no entrarían en resonancia con la moto ya que esta maneja frecuencias naturales de 66.7 Hz, además tampoco existe inconvenientes entre el rango de la normativa UNE-EN ISO 18243:2019 que van desde 7 Hz a 200 Hz, con lo que se puede decir que tampoco entra en resonancia en ninguno de estos valores.

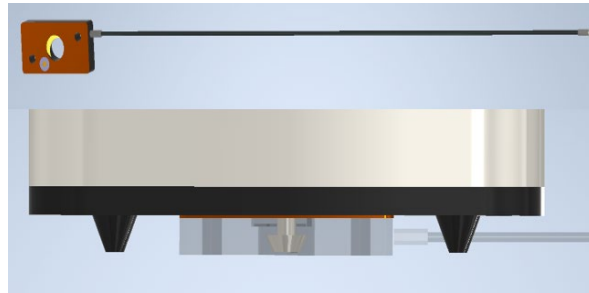
5.8.3 Mecanismo de anclaje de la batería.

En la Figura 32 se observa la base de anclaje de la batería con el chasis, la cual tiene como finalidad impedir el juego axial de la batería, los orificios que se encuentran a los acostados tienen como misión permitir el anclaje de la esta pieza con el chasis de la moto, en el centro de este mecanismo tenemos un chaveta excéntrica móvil, la cual con ayuda

de un cable permite volverla a la misma concéntrica para acoplar el mecanismo de anclaje de la batería a esta y por medio de este mismo cable volver excéntrica nuevamente para permitir el anclaje.

Figura 32

Mecanismo de Anclaje de la Batería en el Programa de Inventor.

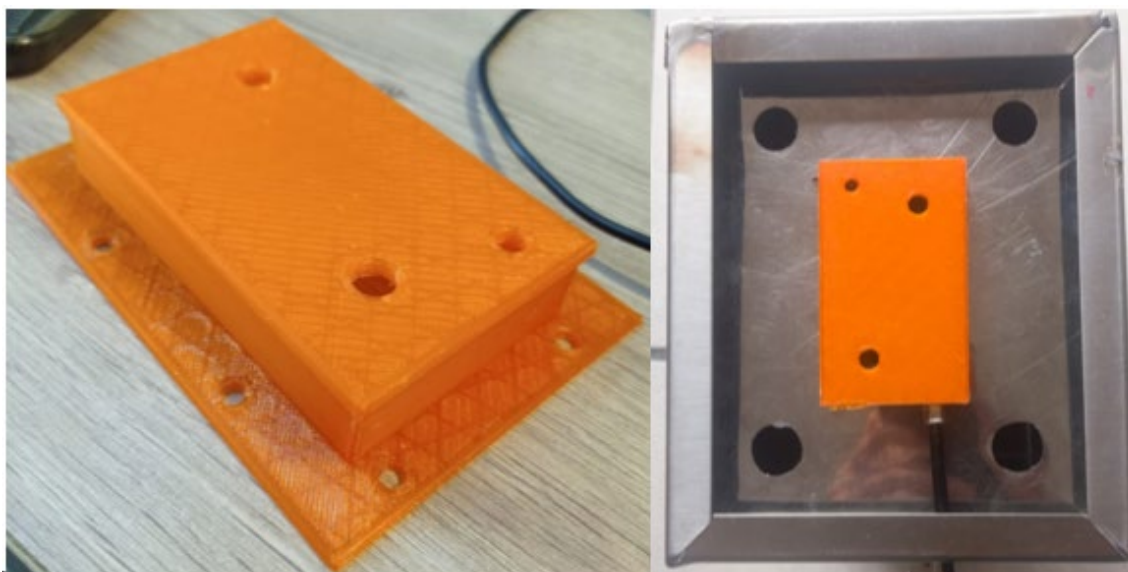


5.8.4 Soporte de Mecanismo de Anclaje de Batería.

Debido a que el sistema de anclaje de la batería estaba suelto, fue necesario hacer un cajetín para este mecanismo, para fiabilidad y seguridad, este se lo diseñó en el software Inventor, para posteriormente exportar este archivo en formato STL, mismo que usado por el software “PrusaSlicer” para imprimir piezas en 3D, el material elegido es un plástico PLA, el resultado final se muestra en la Figura 33.

Figura 33.

Soporte de Sistema de Anclaje de Batería.



Nota. Este soporte fue diseñado en inventor y fabricado en impresión 3D con filamento plástico PLA, con la finalidad de mantener fijo al mecanismo de anclaje de la batería.

5.8.5 Carga externa de la batería.

Por otro lado, como mecanismo de seguridad que se consideró es que la carga de la batería se haga de forma externa, con esto se logra gracias una extensión del conector de carga de la batería como se observa en la Figura 34 con lo que se consigue que la carga de la misma se haga de forma fácil y práctica, sin embargo, la posibilidad de extracción de la misma está contemplada en el diseño, ya sea para fines académicos o reemplazo de la batería.

Figura 34.

Extensión para Cargar la Batería



Nota. Con este sistema garantizamos una carga más segura y practica de la batería, ya que se evita la manipulación de la misma, pues este al ser un cuerpo que pesa 11 kg, es muy propenso a que debido a una mala manipulación del mismo resulte en una caída, pudiendo dañarlo.

5.9 Parámetros de Funcionamiento de la Batería SK0207.

5.9.1 Factores a Considerar Antes de las Pruebas y la Obtención de las Gráficas.

Para poder realizar las pruebas de funcionamiento de la batería, fue necesario hacer una maqueta que contenga aquellos elementos que intervienen el funcionamiento normal de la moto, como: frenos, motor eléctrico, circuitería, ECU, pantalla, como elementos de vital importancia a la hora de hacer las pruebas de funcionamiento de la batería como se muestra en la Figura 35. Esto se hizo con la finalidad de poner obtener parámetros de funcionamiento de la batería, ya que el proceso del diseño y construcción del chasis estaba tomando más tiempo del esperado, sin embargo la fabricación de esta maqueta permitía poder realizar pruebas y obtener resultados, sin necesidad del chasis, donde la carga que se le daba al motor está en función de la fuerza de frenado, con esto se logra poder determinar y calcular de una forma más controlada la carga continua del motor eléctrico, y por ende también del suministro de corriente de la batería.

Figura 35.

Maqueta para Adquisición de Datos de Funcionamiento de la Batería.



Nota. La presente maqueta cuenta con el cableado necesario para el funcionamiento de la motocicleta entre sus elementos principales tenemos: batería, motor eléctrico (in Wheel), convertor DC/DC, controlador, frenos con un acople para medir la presión en los mismos, y acelerador.

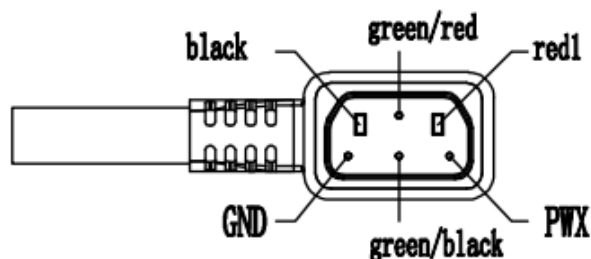
5.9.2 Identificación y Caracterización de Pines para Obtención de Datos.

Para la caracterización de los pines es necesario basarnos en los diagramas eléctricos de la moto super Soco TSX.

5.9.2.1 cable de alimentación de la batería. Este cable es el encargado de transportar corriente y voltaje a todo el sistema. En la Figura 36 y en la Tabla 13 se detalla cada pin acorde a su funcionamiento.

Figura 36.

Cable de Alimentación de la Batería.



Nota. Fuente (SuperSoco Intelligent Technology CO.Lta, 2021).

Tabla 13.

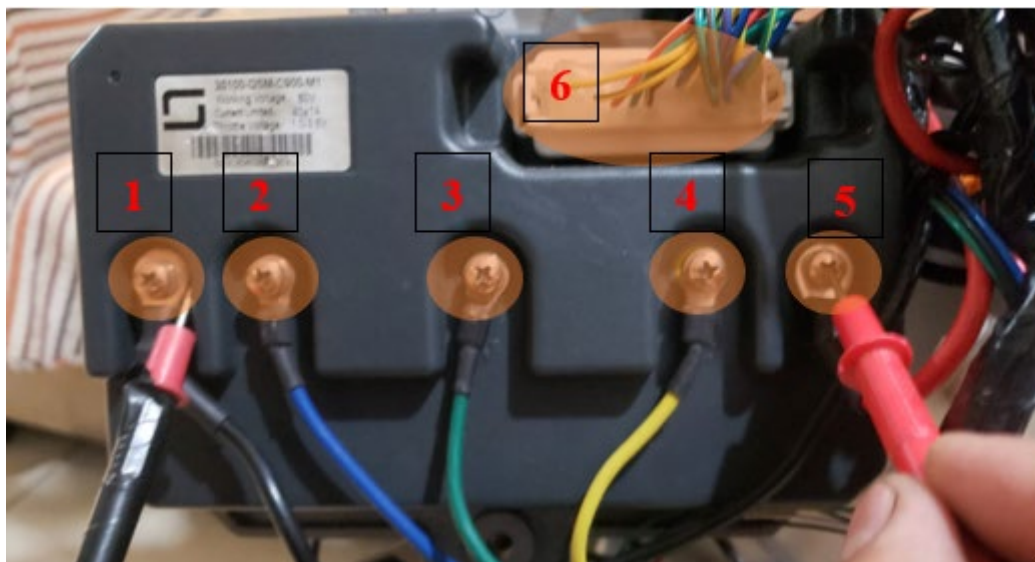
Caracterización de los Pines del Cable de Batería.

Cable	Descripción
Verde / rojo	485 A
Negro	Potencia negativa
Rojo 1	Alimentación positiva 1
Verde / negro	485 B

5.9.2.2 Controlador. El controlador es el encargado de recibir las señales de todos los sensores, módulos y comandar actuadores en función de la información proporcionada por estos, este está alimentado directamente desde la batería, tal y como se muestra en la Figura 37 y Tabla 14.

Figura 37.

Conexiones del Controlador.



Nota. El controlador tiene 5 cables uno es positivo, negativo de batería y los tres cables restantes son del motor trifásico, finalmente tenemos el socket de conexión del controlador.

Tabla 14.

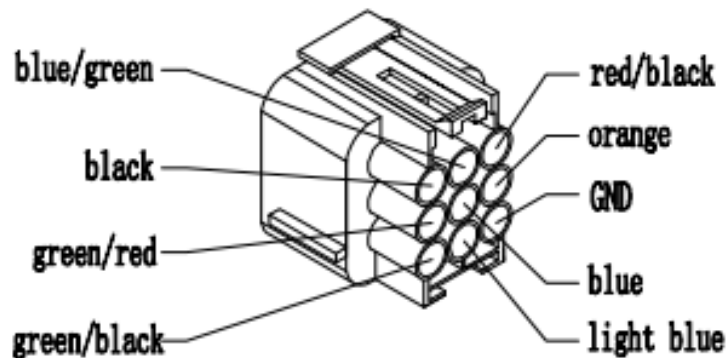
Características del Cableado del Módulo.

Nº	Descripción	Nº	Descripción
	Conecte el		Conecte la
1	polo negativo de la la fuente de alimentación	4	línea de fase del motor
	Conecte la		Conecte el
2	línea de fase del motor	5	polo positivo de la la fuente de alimentación
	Conecte la		
3	línea de fase del motor	6	Línea del vehículo conector

5.9.2.3 Panel de instrumentos. _ Este es el socket que alberga los pines de mayor importancia para determinar el funcionamiento de la batería, ya que por medio de este pasan las redes de comunicación 485 A y 485B como se observa en la Figura 38 y la Tabla 15, esto debido a que en el panel de instrumento se refleja el funcionamiento de algunos componentes de la moto, dentro de estos se encuentra el funcionamiento de la batería.

Figura 38.

Socket del Panel de Instrumentos



Nota: Fuente (SuperSoco Intelligent Technology CO.Lta, 2021).

Tabla 15.

Características de los Pines del Panel de Instrumentos.

Negro	Azul/verde	Rojo / Negro
<ul style="list-style-type: none"> • Negative power stage • Etapa de potencia negativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Bias signal • señal de polarización 	<ul style="list-style-type: none"> • 12 V
Verde / Rojo	Azul claro	Naranja
<ul style="list-style-type: none"> • 485 A 	<ul style="list-style-type: none"> • Right commutation 	<ul style="list-style-type: none"> • Left commutation
Verde / Negro	Azul	GND
<ul style="list-style-type: none"> • 485 B 	<ul style="list-style-type: none"> • High beam signal • Señal de luz alta 	

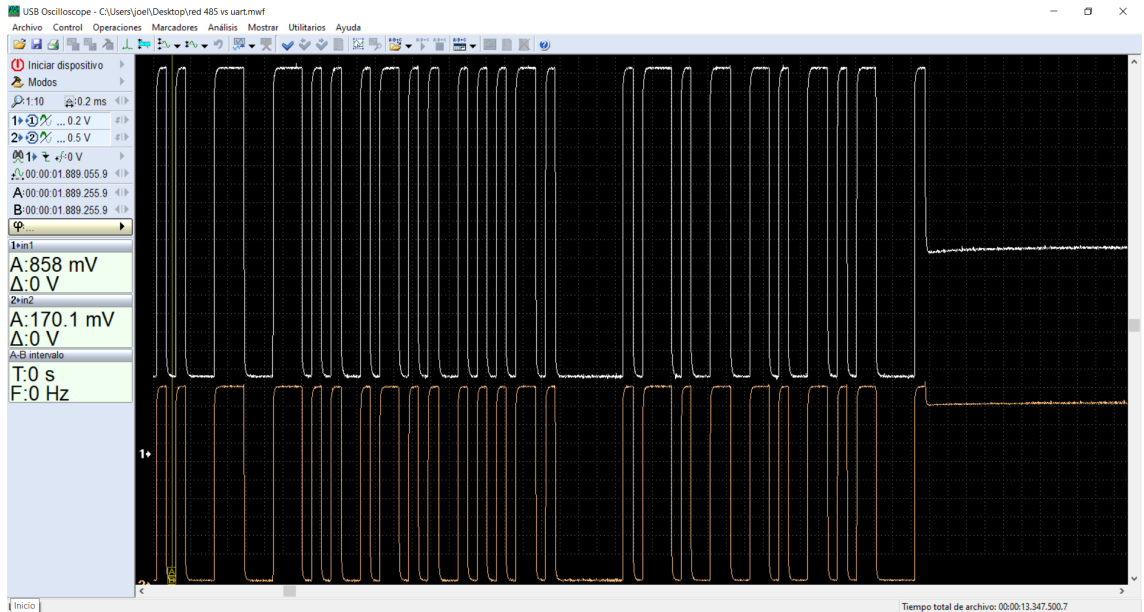
Nota. Fuente (SuperSoco Intelligent Technology CO.Lta, 2021).

5.9.3 Obtención de Datos por medio de la Red de Comunicación 485 A y 485 B.

Las redes de comunicación 485 A y 485 B, tienen el mismo principio de funcionamiento que una red can, donde su misión es proporcionar información al módulo, a través de los sensores, y así comandar una acción a los actuadores, con este sistema se garantiza una buena comunicación debido a que trabaja con redes redundante (485 A y 485 B), además hace que el sistema sea más simple ya que por medio de solo dos cables viaja toda la información comandada por el módulo. Para verificar esta redundancia de información se usó un osciloscopio con dos canales, uno de estos canales se conecta al pin 485 A y el otro 485 B y por medio de un programa propio del osciloscopio el cual se llama “USB Autoscope” se observan estas gráficas en la computadora tal y como se muestra en la Figura 39.

Figura 39.

Gráficas de los Pines 485 A y 485 B.



Nota. Las líneas blancas representan al pin 485 A y las naranjas al 485 B.

5.9.4 Conversión de Velocidad de Transmisión de Información.

Para que cualquier microcontrolador o adaptador USB, pueda conectarse a la red RS485 es necesario dotarlo de una etapa de conversión. Esta etapa de conversión, incluye la adopción de un circuito integrado MAX485 con el respectivo acoplamiento (circuito con una resistencia de 120 ohmios) como se observa en la Figura 40 este circuito hace una conversión a RS232 la cual es una señal serial legible para cualquier microcontrolador, pues todos estos manejan una comunicación TTL (0 a 5 V).

Figura 40.

Circuito Integrado MAX485.



5.9.4.1 RS232. Interfaz para el intercambio de datos binarios entre un módulo a una computadora, datos que se transmiten a una velocidad de 20 kbps (Weis, eltima.com, 2020).

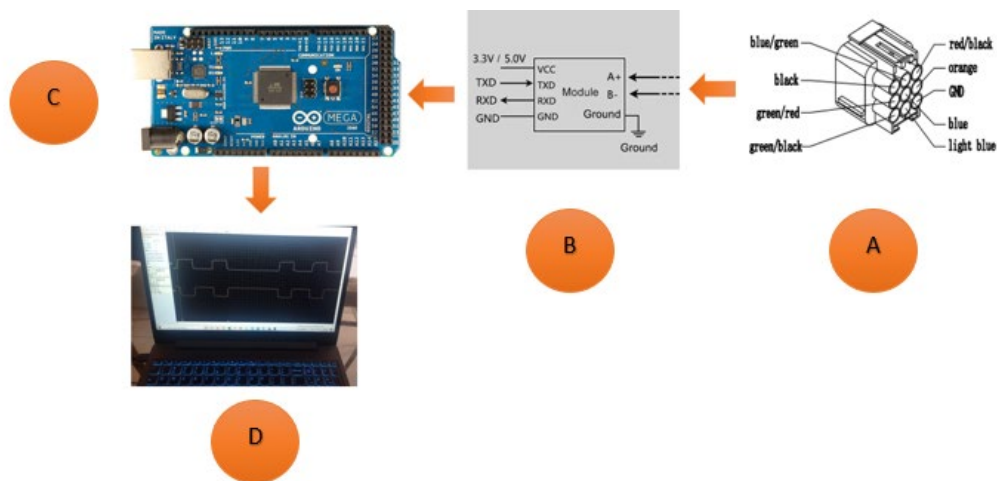
5.9.4.2 MAX 485. Este es un conversor RS485a a serial TTL, este sistema de comunicación es definido como un bus de transmisión de datos de una velocidad de 35 Mbit/s hasta 10 m y 100 kbit/s en 1200 m. La información se transmite por medio de un cable trenzado que admite hasta 32 puertos de comunicación (Naylamp Mechatronics, 2021).

5.9.5 Circuito de Conversión de Datos.

Los sistemas basados en RS485 Modbus RTU trabajan a velocidad de hasta 12 millones de bits por segundo (Piña, 2012). El microcontrolador usado no admite el protocolo de comunicación ni la velocidad de transmisión de datos, por lo que resulta necesario hacer un cambio a RS232 TTL que sí es compatible con la placa de adquisición. Con ayuda del módulo basado en el circuito integrado MAX485 adapta las condiciones de comunicación del bus y como resultado obtenemos un nuevo bus de datos TTL legible a una velocidad de 9600 baudios, para ello se realiza la siguiente conexión, como se muestra en la Figura 41.

Figura 41.

Diagrama de Conexión del Conversor de RS485 a TTL.



Nota. Fuente (AliExpress, 2019)

En la etapa A tenemos la identificación del socket de la pantalla para sacar las señales de la red RS 485 a través de su interfaz de comunicación 485 A y 485B, en la etapa B tenemos la conversión de velocidad RS485 a RS232, en etapa C tenemos la

conexión con Arduino y finalmente en la etapa D la adquisición de datos por medio de un computador.

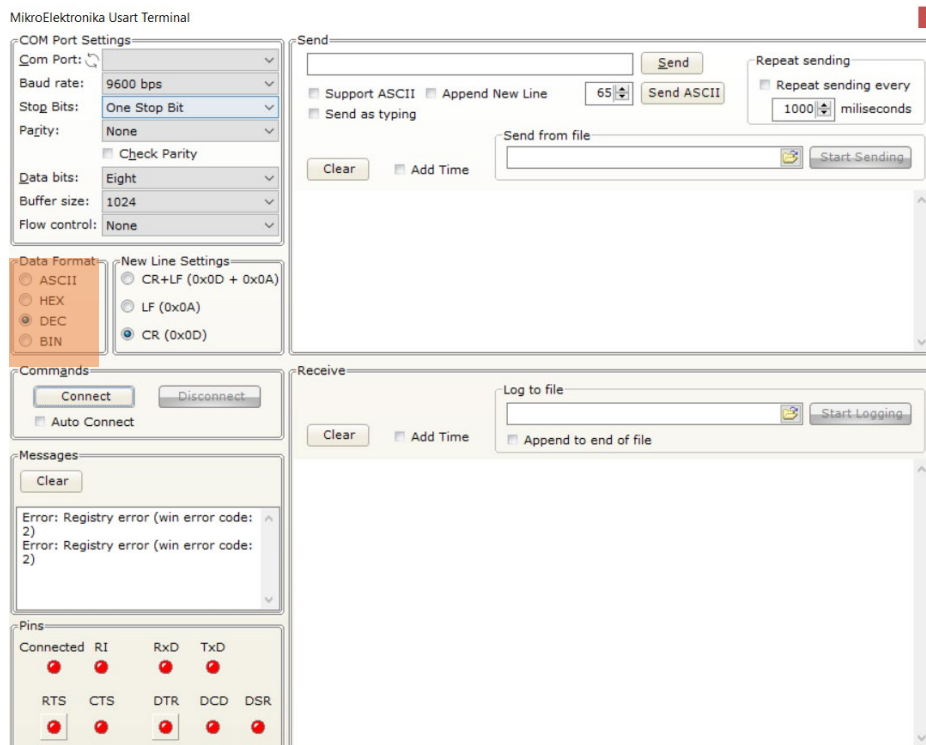
En las entradas A y B del conversor *RS485 a TTL* se deben conectar las entradas 485 A y 485 B, la señal de tierra se comparte con la tierra del socket de la pantalla, la otra tierra debe estar en el en GND del Arduino, así mismo como en este caso lo que queremos es receptor datos, conectamos la terminal RXD (pin de recepción de datos), a al pin RXD del Arduino y todo está lo alimentamos a 5 V que es otro pin del Arduino, una vez hecho esto conectamos a nuestro pc el Arduino.

5.9.6 Lectura de Datos en ASCII y Transformación a Decimal.

Debido a que el lenguaje de comunicación que obtenemos a través del Arduino y receptado por medio del puerto COM es en lenguaje ASCII, hace que sea necesario valernos de un programa que transforme este formato de lectura ASCII a decimal, para la adquisición de datos, el programa empleado es “mikroBasic PRO for PIC”, con ello podemos analizar de forma más clara los datos que llegan de la red ModBus a la computadora. En la Figura 42 se observa la interfaz de dicho programa.

Figura 42.

Interfaz del Programa " MikroBasic PRO for PIC".

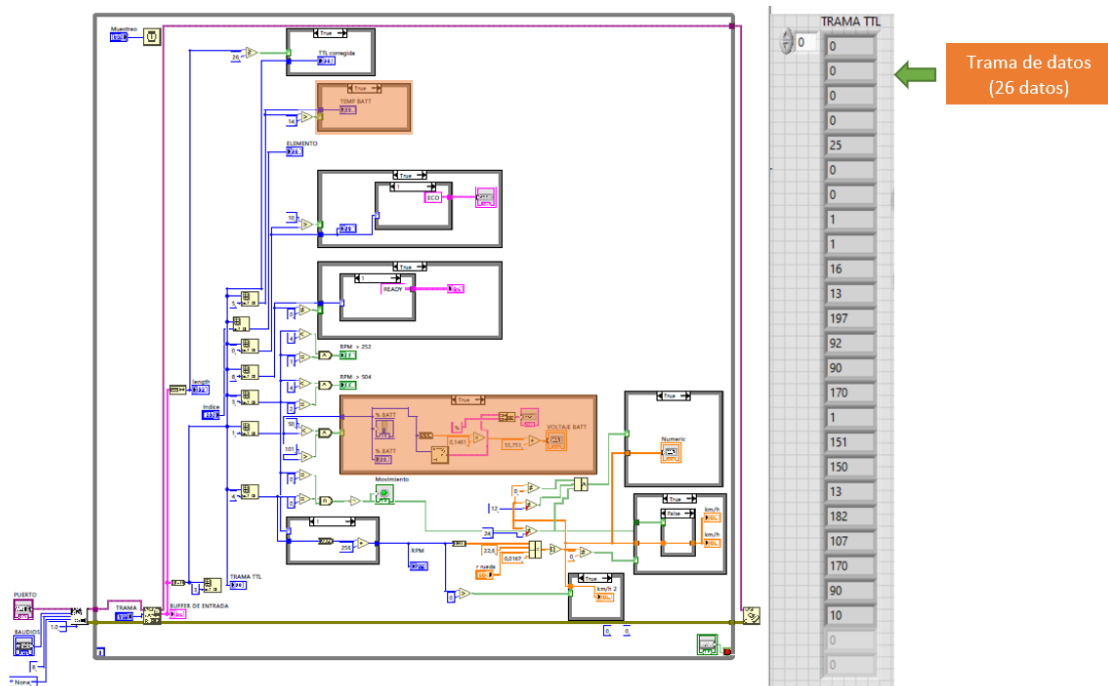


Nota. Para poder acceder a la interfaz de cambio de formato de debe presionar las teclas Ctrl + T, en cuadro naranja tenemos la interfaz para el cambio de lectura de información.

Con esta herramienta ahora solo restaría hacer el desentramando de los datos que proporciona la red Modbus, para ellos nos ayudaremos del programa Labview, ya que este nos ofrece una interfaz visualmente dinámica para la programación, y recolección de datos, y apoyada con el programa de “mikroBasic PRO for PIC” poder desentramar los datos, en la imagen 45 se muestra la programación usada para la adquisición de algunos parámetros de funcionamiento de la motocicleta, ya que esta programación se trabajó en conjunto con el tema de tesis correspondiente a la “ Diseño e implementación del sistema eléctrico e instrumentación para una moto eléctrica”, sin embargo nos enfocaremos en los datos concernientes al funcionamiento de la batería, como lo son: temperatura, voltaje, SoC y corriente de consumo.

Figura 43.

Programación Completa en Labview y Trama de Datos.



Nota. Esta programación en Labview, fue únicamente usada para la identificación de los datos y filtrado de los mismos para posteriormente definir la programación que realmente se usará para la adquisición de datos.

La zona marcada de naranja corresponde a los datos de estado de carga de la batería, (SoC %), voltaje, y temperatura de la batería (en °C), para el caso de la corriente se hace en una programación aparte ya que para obtener este dato fue necesario adquirirlo mediante el uso de un sensor de corriente Figura 44.

Figura 44.

Sensor de Corriente.



Nota. Fuente (Uelectronics, 2022).

5.10 Desarrollo de la Programación para la Adquisición de Datos en LabView

5.10.1 Identificación de la temperatura de la batería.

Para poder identificar el dato de temperatura es necesario en observar el “*Array Properties*”, el cual es un identificador visual de todos los datos que se están transmitiendo en tiempo real a la computadora, donde dentro de todos estos 26 datos que se visualizan uno corresponde a la temperatura, para poder encontrar este dato se sometió a la batería a un cambio de temperatura por medio de una fuente de calor externo (calefactor), como se muestra en la Figura 45, con ello se observa con ayuda de un instrumento identificador la variación de temperatura.

Figura 45.

Prueba Para la Adquisición de Datos de Temperatura de Batería.





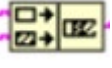




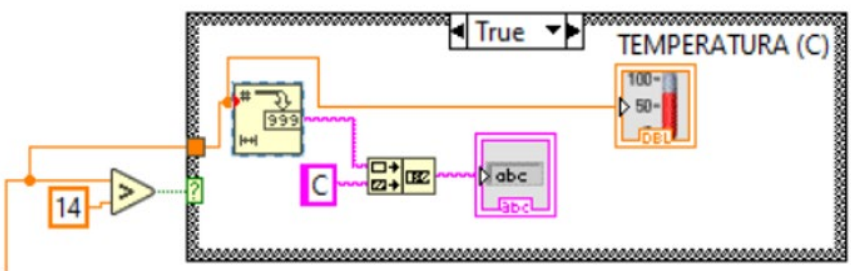
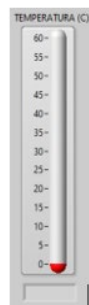
Nota. En la parte derecha de la imagen tenemos un calefactor que se usa con la finalidad de subir la temperatura de la batería que se encuentra y ver esta variación en la trama de datos.

5.10.1.1 Desarrollo de la temperatura en el diagrama de bloques de LabView. Una vez identificado en el “*Array Properties*” el valor el de temperatura se procede a filtrar y visualizar el dato. Esto se logra gracias al empleo de diferentes bloques de Labview como lo son: “ Index array” el cual extrae el elemento conforme al índice indicado, en este caso es el 5, es decir es el quinto elemento de los 26 del “*Array Properties*”; luego se procede a filtrar este dato para evitar espurios en la información, esto se logra a través de una condición en la cual se establece que únicamente se visualizarán datos mayores a 14, se elige este valor debido a que esta es la temperatura promedio en la ciudad de Loja; finalmente se usa un visualizador del valor de la temperatura de forma gráfica como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16.

Diagrama de Bloques y Panel de Visualización del Indicador de Temperatura.

Variables	Descripción
	Constante
	Condicionante
	Función de cadena decimal
	Caracteres de la variable
	Función de concatenación de cadenas.
	Visualizador de dato numérico
	Termómetro

5.10.2 Identificación del %SoC de la batería.

Para poder encontrar este parámetro de información es necesario valernos del dato visual que nos proporciona la pantalla original de la moto, con ello se puede identificar con exactitud el valor de carga de la batería en porcentaje en tiempo real, dicho valor también se lo identifica en la trama de los 26 datos, al analizar cada parámetro de forma individual, donde se compara este valor de la trama con el de la pantalla de moto, una forma de comprobar si el valor elegido es el correcto es haciendo variar el SoC de la batería, en este caso descargándola al aplicarle carga, por lo tanto el valor del SoC de la pantalla de la moto cambia y por ende el dato de la trama también, como se muestra en la siguiente Figura 46.

Figura 46.

Prueba Para la Adquisición de Datos de SoC de Batería.







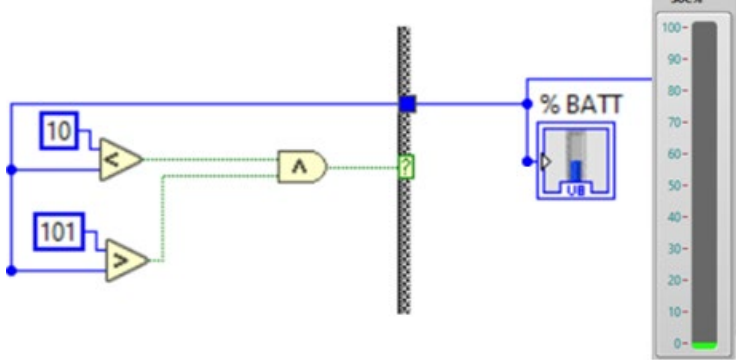
Nota. Conforme baja el SoC en la pantalla de la moto este también debe tener el mismo cambio en los datos adquiridos en Labview.

5.10.2.1 Desarrollo del % SoC en diagrama de bloques de Labview. Los bloques usados para caracterizar este dato son similares a los usados para el caso de la temperatura, en este caso el “Index array” es el 1, posterior a este se filtra este valor con condiciones que estipulan que la carga no puede ser inferior a 10% y no pueden superar el 101%, finalmente se usa un visualizador del SoC, como se muestran en la siguiente Tabla 17.

Tabla 17.

Diagrama de Bloques y Panel de Visualización del Indicador del SoC.

Variables	Descripción
	Constante
	Condicionante
	Compuerta lógica AND
	Gráfica del porcentaje SoC%

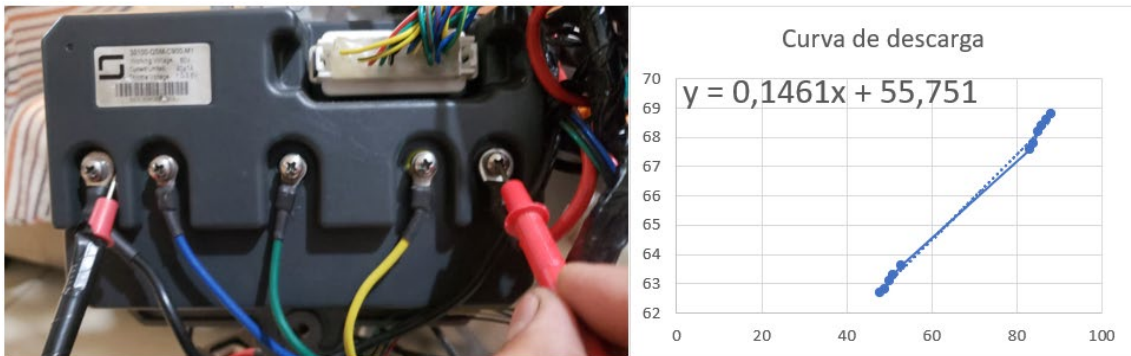


5.10.3 Identificación del voltaje de la batería.

Para el cálculo del voltaje de la batería es necesario hacer un seguimiento de la descarga continua de la batería en voltios y en %SoC, a través de los cables de alimentación del controlador que llegan directamente de la batería, como se muestra en la Figura 47, una vez obtenemos estos datos los tabulamos en una hoja de Excel, luego graficamos para posteriormente identificar la ecuación de la recta trazada, esta ecuación será la relación de proporcionalidad existente entre la descarga y carga del %SoC con el voltaje, finalmente para que se muestre dato en Labview, es necesario anexar esta ecuación al diagrama, y mostrarlo como un parámetro más de dato informativo de la batería.

Figura 47.

Adquisición de Datos para Obtener Curva de Voltaje.



Nota. En la curva de linealización en el eje de las Y se aprecia el voltaje y en el eje de las X es el estado de carga de la batería, donde se muestra una curva de ajuste de grado uno para determinar el valor del voltaje en función del SoC %.

5.10.3.1 Desarrollo del voltaje en diagrama de bloques de Labview. Para este caso se usa un “To Double Precision Float” el cual es un comando que permite leer datos mayores a un valor de 256, posteriormente se usa la ecuación de la recta de carga – descarga del voltaje de batería, luego se emplea un visualizador del valor numérico y gráfico donde se relaciona el voltaje en función del tiempo, todos estos datos se concatenan con el símbolo característico de la unidad en este caso el símbolo del porcentaje (%) como se muestra en la Tabla 18.








Tabla 18.

Diagrama de Bloques y Panel de Visualización del Indicador de Voltaje.

Variables	Descripción
	Constante
	Operadores
	To Double Precision Float
	Función de cadena decimal
	Caracteres de la variable
	Función de concatenación de cadenas.
	Visualizador de dato numérico de SoC%

Tabla 19.

Diagrama de Bloques y Panel de Visualización del Indicador de Corriente.




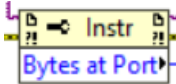





Variables	Descripción
	Constantes
	Operadores
	Dato en bruto
	Función de fracción/exp de cadena a número
	Visualizador de gráfica
	Visualizador de dato numérico de corriente
	Gráfica del porcentaje corriente

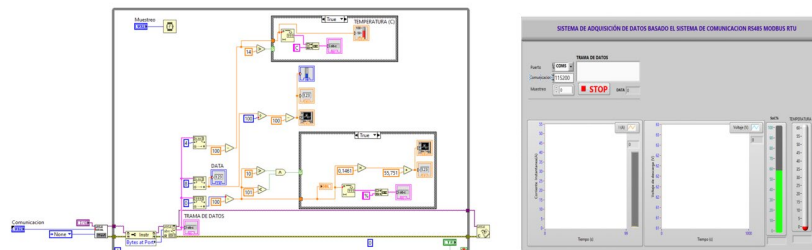
5.10.5 Sistema de adquisición de datos basado el sistema de comunicación ModBus RS485 completo.

En la Tabla 20 se muestra el desarrollo completo de todos los diagramas de bloques usados para la adquisición de datos de temperatura, corriente, voltaje y SoC %, además se detallan los componentes bases empleados para empezar con la adquisición de datos.

Tabla 20.

Diagrama de Bloques y Panel de Visualización del Indicador de Todo el Sistema.

Variables	Descripción
	Variable entera con equivalencia en memoria 2^{32} (capacidad de memoria)
	Lector de datos de datos del puerto COM
	Tool Box que permite una comunicación Serial
	Función para leer byte a byte los datos de entrada en un puerto serial (H-O-L-A)
	Extrae y lee los datos del puerto serial
	Visualizador de la trama de datos completa
Muestreo 	Tiempo de muestreo
	Cierra el COM cada que se pone STOP
	STOP

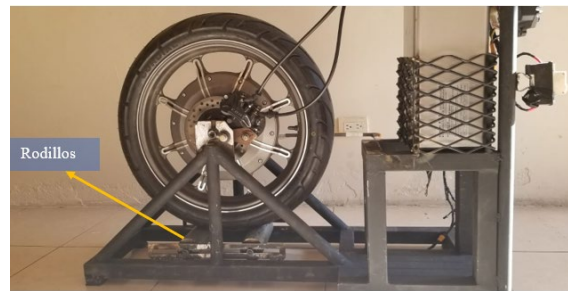


5.11 Pruebas Para la Adquisición de Datos de Funcionamiento de la Batería.

Como parámetros de hipótesis se considera que las dos únicas resistencias a las cuales va a estar sometido nuestro objeto de estudio son: La resistencia a la rodadura y la de inercia, para poder contemplar estas variables en nuestro estudio es necesario valernos de un banco de pruebas como se muestra en la Figura 49.

Figura 49.

Maqueta para Adquisición de Datos.



Nota. Los rodillos son el mecanismo de tracción que simula la tracción con la calzada.

6 Resultados.

6.1 Selección de la Batería.

Una vez realizado el análisis matemático se hace un cuadro resumen donde se detallan las características de las celdas estudiadas con la mejor disposición para nuestro uso como lo es 17s10p, donde en el parámetro de observaciones se acredita si la misma es conveniente para su uso en la motocicleta, tal y como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21.

Cuadro Resumen de las Características de las Baterías.

Distribución de celdas					
Tipo de batería		Vol. Max (V)	Vol. Medio (V)	Vol. Min (V)	Observaciones
LFP	19s11p	$3.7*19=70.3$	$3.2*19=60.8$	$2*19=38$	Estas pilas tipo LFP a pesar de reúnen características potenciales para ser elegidas, tienen el inconveniente de tener una densidad baja con lo que aumenta su número de celdas, para dar un aporte de energía de 1.8 kWh que es el que se busca, al aumentar el número de las celdas, aumenta también el peso y el volumen de todo el conjunto de la batería, razón por la cual no se elige.
NMC	17s10p	$17*4.2=71.4$	$17*3.65=62.05$	$17*2.5=42.5$	Las baterías que utilizan pilas tipo NMC, tienen características de ser compactas dado que estas tienen una densidad energética mayor a las LFP, por lo tanto, un bajo peso y volumen, con buenas propiedades de aporte de voltaje en todos sus rangos.

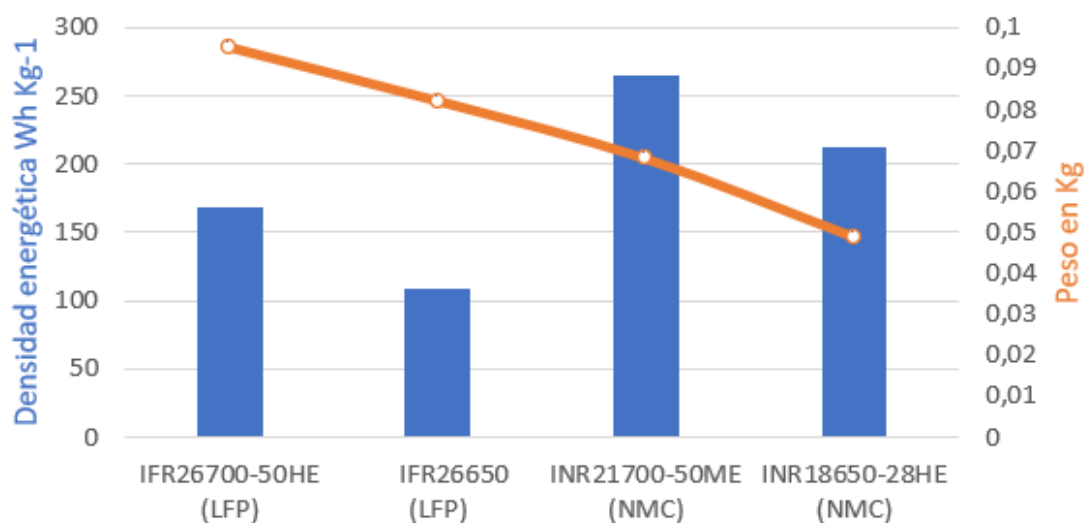
Nota. Como parámetros de criterio de selección se tomaron en consideración aspectos como: peso, capacidad, voltaje y densidad energética.

En este caso se puede denotar que la batería que mejor cumple con las condiciones de uso son las NMC porque esta presenta buenas cualidades de voltaje, corriente, y excelente densidad energética, por lo que es la que se eligió para el uso y análisis de funcionamiento en la motocicleta.

En la Figura 50 podemos observar la relación existente entre el peso y densidad energética de las celdas NMC y LFP, donde claramente las NMC tienen mejores propiedades de densidad energética.

Figura 50.

Relación de Peso y Densidad Energética de las celdas NMC y LFP.



Nota. Las columnas azules representan la densidad energética de las celdas y la línea naranja representa el peso de las mismas

Finalmente se define que la Batería SK0207 es la que mejores prestaciones tiene para ser elegible, ya que cuenta con una densidad energética de 163.63 Wh Kg⁻¹ además es una batería compacta, con un número de celdas de 170 distribuidas en 17 en serie y 10 en paralelo, y que se encuentra a la venta en el mercado ecuatoriano, con la misma se consigue un aporte de energía de 1.8 kWh, con los que se puede recorrer un total de 49 km.

6.2 Selección de Cargador Para Batería.

La velocidad de carga de las baterías de litio debe tener una tasa de carga inferior a 1C, ya que al superar este valor ocasiona una degradación prematura de la batería, por lo tanto, reduce su vida útil y en casos extremos podría causar que la elevada temperatura evapore la sal de litio ocasionando una conexión directa entre el cátodo y ánodo provocando un cortocircuito y por lo tanto también la explosión de las pilas. Por otro lado, la sugerencia de carga de las baterías según los fabricantes de las mismas, sugieren que sea de 0.1 C, con esto se logran tres cosas; por un lado, evitar sobre temperatura, aumenta su durabilidad y por otro lado se pueden fabricar cargadores más compactos y económicos (Romero, 2020).

Tomando en cuenta estas variables el cargador con mejores cualidades para nuestra batería es el de 62.05 V – 4 A ya que este proporciona una tasa de corriente no tan elevada

y a la vez no tan baja por ello es que se lo asocia con la batería SK0207 como se observa en la Tabla 22.

Tabla 22.

Cuadro Resumen de las Características de los Cargadores.

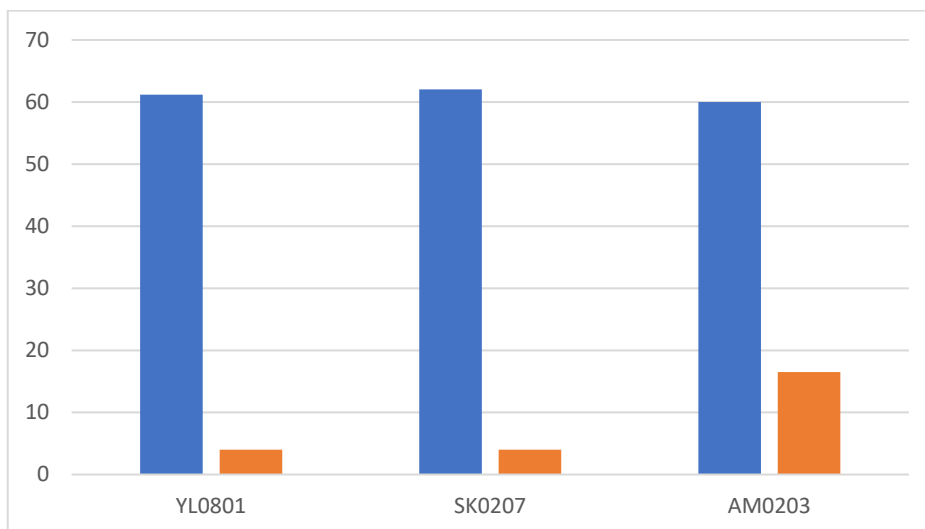
Cargadores características cuadro resumen			
Tipo de batería	Configuración de las celdas	Voltaje	Intensidad
YL0801	17s10p	61.2	4A
SK0207	17s10p	62.05 V	4 A
AM0203	16s11p	60 V	16.5 A

Nota. El cargador elegido para la batería es el de 62.05 voltios y 4 amperios, debido a que con este alcanza un tiempo de carga de la batería en su totalidad en aproximadamente 8 horas, el cual es tiempo de carga lento y seguro.

En la Figura 51 se observa las características de forma gráfica del voltaje y amperaje apropiado para cada batería, en esta Figura se aprecia que existen diversos tipos de cargadores con capacidades de carga distintas en corriente de carga, sin embargo, si nos enfocamos en las necesidades de carga de la batería SK 0207 podemos apreciar que esta no necesita más que un aporte de 62.05 V a 4A ya que con esta se consigue una carga lenta ideal para mantener y preservar su vida útil.

Figura 51.

Características de los Cargadores.



Nota. Cada cargador de cada batería está dimensionado acorde a sus necesidades de carga, para mantener y preservar su vida útil, la columna azul representa el voltaje del cargador y la columna marrón la corriente de carga.

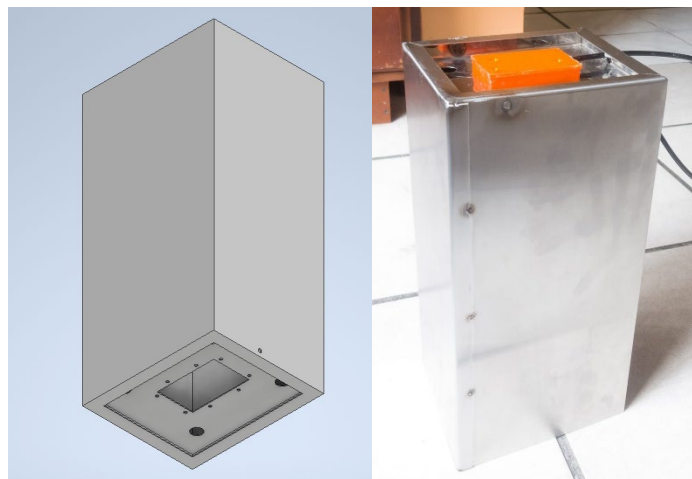
6.3 Disposición de la batería y fabricación de la carcasa de la batería.

Debido a que el trabajo de titulación está directamente relacionado con otros temas de tesis, se acordaron parámetros geométricos de disposición de la batería en chasis de la moto, como lo son el ancho, alto y largo del lugar que ocupa la batería, la cual va estar en disposición vertical, con esta forma de montaje se obtienen las mejores condiciones geométricas para la extracción, carga, y seguridad de montaje, además que con esta forma se consigue un buen uso del espacio de almacenamiento de la batería.

Luego de hacer el análisis de materiales en Ces Edupack y posteriormente realizar elección del mismo en Expert Choice, se determina que la carcasa de la batería debe ser fabricada en acero inoxidable AISI 430, debido a sus buenas propiedades de resistencia eléctrica, densidad y bajo coste de material como de mano de obra para su fabricación, el espesor del material elegido es de 1 mm, como se muestra en la Figura 52 con este espesor se tienen buenas propiedades de resistencia mecánica, además de un bajo peso.

Figura 52.

Diseño de la Carcasa de la Batería.



Nota. La carcasa de la batería fue fabricada en acero inoxidable AISI 430, doblada en prensa y con 3 puntos de suelta a los costados.

Como resultados de los análisis de impacto sabemos que la deformación que experimenta a la carcasa al recibir un impacto al 25 km/ h es de 9.5 mm en la zona afectada, adicional al ello como resultado del análisis de modal de vibración se determina que esta carcasa experimenta resonancia a altas frecuencias las cuales son: 399.76;

575.49; 716.26; 896.14; 948.32; 958.91 Hz y se sabe que la frecuencia de funcionamiento de una moto eléctrica es de 66.7 Hz, y que el rango de frecuencias de prueba según la normativa UNE-EN ISO 18243:2019 va desde los 7 Hz hasta los 200 Hz por lo que se puede decir que es muy poco probable que la carcasa entre en resonancia, para este análisis se toma en consideración como puntos fijos a los anclajes de la carcasa con el chasis.

Para el soporte que va anclado al chasis se diseña y fabrica un sistema de anclaje para evitar el juego axial al que se puede ver expuesta la batería, dado que las restricciones para el juego lateral las compensa la propia carcasa de la batería. Es por ello que se diseñó un sistema de anclaje para la batería como se muestra en la Figura 53 con el fin de impedir dichos movimientos además de fabricar un cajetín que sirva de soporte para este sistema de anclaje en impresión 3D con plástico PLA.

Figura 53.

Sistema de Anclaje de la Batería.



Nota. Este sistema es necesario para evitar el juego axial de la batería, y el soporte es usado para evitar el movimiento de este mecanismo de anclaje, haciendo el sistema más seguro.

La batería puede ser extraíble, sin embargo, el socket de carga de la batería está acoplado al chasis, con la finalidad de evitar la repetida extracción de la batería para cargarla, haciendo que el sistema de carga del mismo sea más práctico de hacer como se muestra en la Figura 54.

Figura 54.

Extensión del Cable de Carga.



Nota. Con este sistema se consigue una carga más segura y práctica ya que no es necesario sacar la batería para cargarla.

6.4 Resultados de Adquisición de Datos de la Batería.

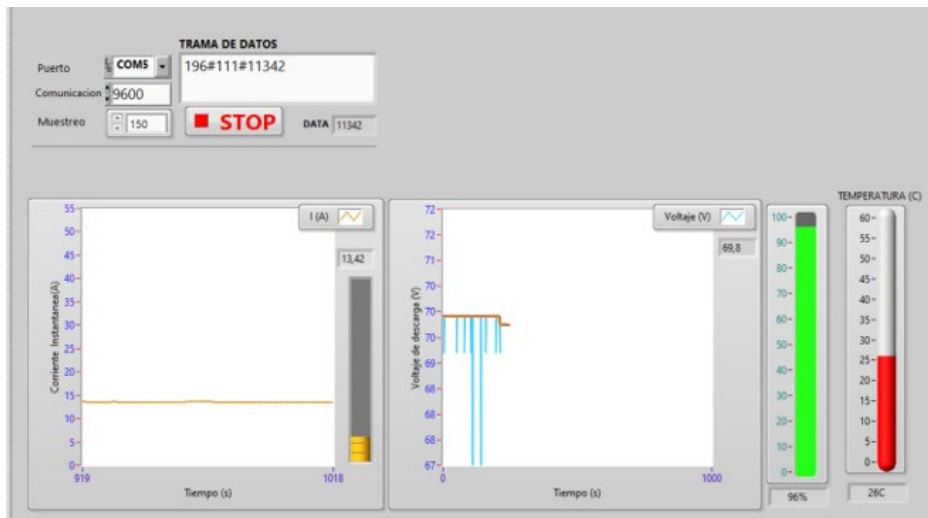
Para la adquisición de datos se somete al objeto de estudio a dos pruebas con carga mayor 90% y con carga por debajo del 50%, además estas se subdividen en pruebas bajo carga (Frenado a 20 bares) y pruebas sin carga (solo interviene la tracción del neumático en los rodillos), los resultados obtenidos se detallan en las Tablas 23 y 24.

Tabla 23.

Datos Adquiridos por Medio de la Red R485 Modbus RTU con Carga de Batería Mayor a 90%.

Adquisición de datos sin carga descargando 1% de SoC carga >90%						
	ECO		NORMAL		SPORT	
variable	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
V	69.9	69.8	69.6	69.5	69.3	69.2
SoC%	98	97	95	94	93	92
T (°C)	26		30		31	
Vel (Max)	42 km/h		56 km/h		73 k/h	

Adquisición de datos con carga descargando 1% de SoC carga >90%						
	ECO		NORMAL		SPORT	
variable	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
V	69.8	69.6	69.5	69.3	69.2	69
SoC%	96	95	94	93	92	91
P (Bar)	20		20		20	
T (°C)	27		33		37	



Nota. Los espurios que se ven en la gráfica de voltaje (gráfica de líneas celestes) son debido a diferentes velocidades de transmisión de datos, ya que los sistemas basados en RS485 Modbus RTU trabajan a velocidad de hasta 12 millones de bits por segundo, por lo que resulta muy difícil saber cuál es la velocidad correcta de transmisión de datos.

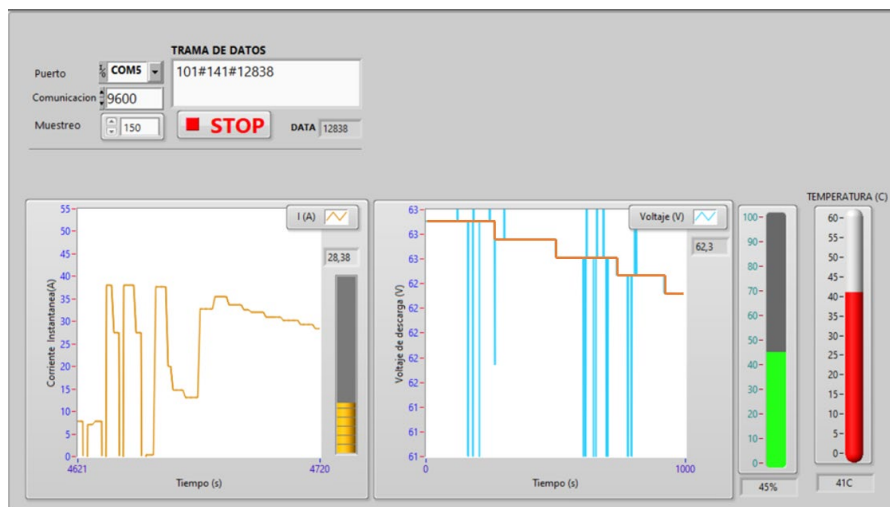
Se puede observar que los datos obtenidos en las pruebas de con carga mayor al 90 % SoC, las velocidades que alcanza el motor es de 42 km/h en su modo de bajo consumo hasta una velocidad 73 km/h en su modo de alto consumo, por otro lado otro parámetro muy importante es la temperatura en este caso la máxima es de 37 °C y la mínima de 26 °C, se debe tomar en consideración que entre pruebas bajo carga se deja reposar el objeto de prueba de 3 a 5 min, para evitar fallas en el sistema ya que la carga que se suministra al equipo es gracias al freno y este está propenso al efecto fading.

Tabla 24.

Datos Adquiridos por Medio de la Red R485 Modbus RTU con Carga de Batería Menor a 50%.

Adquisición de datos sin carga descargando 1% de SoC (< 50%)						
	ECO		NORMAL		SPORT	
variable	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
V	62.9	62.8	62.6	62.5	62.3	62.2
SoC%	49%	48%	47	46	45	44
T (°C)	31		36		38	
Vel (Max)	38 km/ h		50km/h		65 km/h	
Adquisición de datos con carga descargando 1% de SoC (< 50%)						
	ECO		NORMAL		SPORT	
variable	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
V	62.8	62.6	62.5	62.3	62.2	61.9

SoC%	48	47	46	45	44	43
P (bar)	20			20		20
T (°C)	35			38		41



Nota. Los picos que se observan en la gráfica de corriente (Gráfica con líneas naranjas) son debidos a las aceleraciones y desaceleraciones.

En las pruebas efectuadas con una carga menor al 50% del SoC podemos apreciar que el voltaje baja y por lo tanto la potencia que entrega el motor también, esto se ve reflejado en el descenso de la velocidad máxima de giro que alcanza el motor eléctrico de la rueda dando así como resultado que la velocidad mínima de funcionamiento sin carga es de 38 km/h hasta 65 km/h como máximo, además cabe resaltar que en estas condiciones, la temperatura de funcionamiento también se eleva con una temperatura mínima de 31 °C hasta 41 °C, esto ocurre porque en este caso las pruebas se hacen de casi se forma secuencial y el tiempo se reposo no es prolongado, esto se evidencia claramente en la gráfica de voltaje y como respuesta tenemos una elevada temperatura.

7 Discusión.

En los resultados de este trabajo de investigación acerca del dimensionamiento de batería y cargador, se pudo apreciar que en la mayor parte de las investigaciones como (Saavedra & Sibri, 2018) están enfocadas a un campo de baterías de vehículos de cuatro ruedas sin embargo, en el campo de las motocicletas eléctricas no existe gran cantidad de información, por otro lado haciendo relación entre estos apartados se puede entender lo siguiente, los parámetros en consideración para el estudio de las baterías, están más enfocados a conocer el funcionamiento de una batería en particular como es el caso de las trabajos de investigación tales como: (Saavedra & Sibri, 2018) o (Ortega & Peralta, 2020) más no encontrar la más idónea para un sistema en particular, como es el caso de este trabajo.

En este caso en particular se tomó como punto de partida parámetros característicos de una moto estándar eléctrica como la es Super Soco TSX, con ello se caracteriza el aporte de energía para nuestra batería acorde una autonomía, para así determinar si la misma sería idónea para ser usada en la ciudad de Loja, en base a esta se caracterizan celdas de diferentes materiales para así elegir es la opción que más se adapta a nuestras necesidades, en base a la densidad energética de las pilas, su distribución dentro de una batería, y la batería a usar.

En cuanto al apartado de la obtención de los datos, existen diversos tipos de métodos, y programas para determinar el funcionamiento de estos sistemas, por ejemplo en el caso se (Saavedra & Sibri, 2018), establece utilizar el programa de Labview para este propósito y las pruebas se hacen con un consumo constante hasta acabar con carga de la batería, en otro caso como en la investigación de (Ortega & Peralta, 2020), establece que para la adquisición de los datos de funcionamiento se hace a través de Simulink, con un consumo constante de corriente, obteniendo resultados muy similares y ambos casos los datos se adquieren directamente desde la batería, en nuestro caso en particular se propone que la obtención de estos datos se hace con ayuda de Labview como el primer caso, sin embargo el consumo y la adquisición de estos datos en su mayoría se hacen a través del módulo de la moto, específicamente desde la red Modbus, además se considera que el consumo de corriente sea dinámico, es decir variará con respecto al tiempo.

Los resultados de voltaje y % SoC son muy similares a los de los trabajos de investigación previamente analizados, pero en cuanto al consumo de corriente en este caso tendremos un comportamiento no lineal debido a los picos y variantes de consumo, esto es un punto

a favor de esta investigación ya que este comportamiento se acerca más a la realidad de funcionamiento de un vehículo eléctrico.

8 Conclusiones.

Una vez terminado el presente proyecto se concluye lo siguiente:

- ✚ El dimensionamiento de la batería acorde a las condiciones geográficas de la ciudad de Loja, se consiguió gracias a tomar como base para los cálculos la autonomía máxima de la moto super Soco Tsx la cual es de 49 km, autonomía más que suficiente para circular por la ciudad de Loja.
- ✚ Por medio de criterios de selección como la densidad energética de las celdas de la batería, se define usar pilas de tipo NMC ya que presentan muy buenas propiedades de densidad energética, además su disposición es de 17 en serie y 10 en paralelo, la batería que reúne estas características es la SK0207, razón por la cual es la elegida.
- ✚ Se determinó que el cargador más apropiado para la batería SK0207 es de 60V 4 A, debido a que con este se consigue una carga lenta, ideal para las baterías de litio ya que uno de los factores más importantes a tener en cuenta durante la selección del cargador, es la tasa de carga la cual debe ser inferior a 1C, este caso es de 0.1C valor recomendado por los fabricantes para preservar y mantener las propiedades de la batería. Si bien es cierto hay cargadores con menor capacidad de carga, sin embargo, si se utilizarían estos, la carga sería demasiado larga y los efectos incidentes en la batería serían los mismos.
- ✚ Después del análisis de materiales se llega a la conclusión que el material más apropiado para diseño es el acero inoxidable AISI 430, debido a que tiene buenas propiedades aislantes eléctricas, es económico, y más factible de fabricar, además dentro de los parámetros de diseño se contempla que la misma debe ser cargada desde el exterior, con la finalidad de no sacarla cada vez que se descargue, con esto se logra una carga más práctica y sobre todo más segura, además, el diseño también contempla la posibilidad de la extracción de la batería ya sea con fines de estudio o debido al cambio de la misma.
- ✚ De la trama de los 26 datos se logran identificar 2 datos como lo son % SoC y temperatura, donde con el primero se logra obtener el voltaje y valor de la corriente se obtiene con ayuda de un sensor de corriente, debido a que estos dos últimos datos no Figuran en la trama.
- ✚ Las velocidades de transmisión de información de la red Modbus maneja velocidades que pueden llegar hasta 12 millones de bits por segundo, por lo tanto,

al no contar con el manual de taller de la moto es difícil saber con certeza cuál es la velocidad exacta de transmisión de información, razón por la cual en la adquisición de datos tenemos espurios.

9 Recomendaciones.

- ✚ Utilizar equipos de protección personal durante la manipulación de la batería, siempre que se quiera hacer pruebas de funcionamiento de la misma o para la obtención de datos de funcionamiento de la batería.
- ✚ Es importante que dentro de los datos de selección de la batería se acuerden parámetros en conjunto con el equipo tales como: geometría, peso, capacidad, diseños extras en la batería, posición, con la finalidad de trabajar de forma sincronizada y ordenada.
- ✚ Antes de conectar el osciloscopio para determinar señales, es importante revisar con un multímetro los voltajes de los pines a analizar, esto con la finalidad de evitar conectar el osciloscopio a tensiones que no pudiese soportar.
- ✚ Cuando se conecte el osciloscopio tomar en cuenta que la alimentación puede ser de una fuente externa, pero la tierra debe ser del circuito que se está analizando, para que así no existan interferencias en la señal y sea lo más legible posible.
- ✚ Usar programas de interpretación de señales de las redes de comunicación, como mikroBasic PRO for PIC, el cual transforma la información que envía la computadora de datos ASCII a numeración hexadecimal, binaria o decimal.
- ✚ Para la lectura de datos es necesario hacer una conversión de velocidad de RS485 a RS232 por medio de un circuito integrado MAX 485 con la cual se tener una señal serial legible para cualquier microcontrolador, pues todos estos manejan una comunicación TTL.

10 Bibliografía.

- Apostolaki, E., Codani, P., & Kempton, W. (2017). Measurement of power loss during electric vehicle charging and discharging. *ELSEVIER*, 127, 13.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.015>
- Abella, M. A. (2001). Sistemas fotovoltaicos. (*Tesis de master*). Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Madrid.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38373658/SISTEMAS_FOTOVOLAIICO-S-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1630598384&Signature=dpMxSa8FBLiZCgz07ih6B3Rc7rB1OavKIK0fUybZ5QIzayJpZgl265LZgfgq02BnFeMQTxJT-z7I0gnOZxjR9JVlrB0IqYeQi0IpsZyPDdyntwPjhtgfb1jxb5lV6x5qxhXtaif
- Alibaba . (2022). *Alibaba.com*. https://www.alibaba.com/product-detail/INR21700-50E-21700-Power-Tool-Battery_1600624325638.html?spm=a2700.7735675.0.0.793458c0qCnhbq&s=p
- AliExpress. (27 de Marzo de 2019). *AliExpress.com*.
<https://es.aliexpress.com/item/1005002241221692.html>
- Amman, A. (2015). Electric Motorcycle Lithium-Ion Battery System. *Tesis (maestría)*. Universidad Estatal Politécnica de California, California.
<https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1583&context=eesp>
- Arduino . (2022 de Noviembre de 2022). *arduino.cl*. <https://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- Armijos , L., & Gómez, W. (s.f.). Análisis de consumo energético del vehículo eléctrico kia Soul por la utilización del sistema de calefacción y audio en la ciudad de Cuenca. *Ingeniería en Mecánica Automotriz*. Universidad politécnica salesiana sede Cuenca, Cuenca.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16585/1/UPS-CT008043.pdf>
- Auto Solar. (19 de Octubre de 2021). *Auto Solar*. <https://autosolar.es/blog/baterias-placas-solares/como-calcular-la-capacidad-de-las-baterias>

- Autofácil. (4 de Junio de 2018). Recarga de coches eléctricos | Todo lo que debes saber. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=_9j-LJUBMY&t=517s
- Berkonte. (24 de Abril de 2020). BMW y la batería NMC 811 a la caza de Tesla. Episodio 1. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=-uq6WDSM_JM&list=RDCMUCpoY1Tf221qxHG3-3MCrzig&start_radio=1&rv=-uq6WDSM_JM&t=839
- Carlos, N. (15 de Agosto de 2014). *Energicentro*. <http://energicentro.blogspot.com/2014/08/carga-rapida-o-carga-lenta.html>
- Ces Edupack . (2010). *Grantadesign.com*. https://www.grantadesign.com/download/pdf/1_GETTING_STARTED_ES.pdf
- Cossalter, V. (2006). *Motorcycle Dynamics (Second Edition)*. LULU; 2nd ed. edición. <https://doi.org/1430308613>
- Cueva, E., Lucero, J., Guzmán, A., Rocha, J., & Espinoza , L. (2018). Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices. *Scielo*, 11. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422018000100166
- Desmond, K. (2018). *Electric Motorcycles and Bicycles: A History Including Scooters, Tricycles, Segways and Monocycles*. McFarland.
- Diagtools. (30 de Marzo de 2022). *diagtools.eu*. <https://diagtools.eu/es/equipos-de-medicion/54-usb-autoscope-iv.html>
- Enguneers Garage. (4 de Abril de 2021). *Enguneers Garage.com*. <https://www.engineersgarage.com/non-invasive-current-sensor-with-arduino/>
- Expert Choice. (6 de Junio de 2022). *expertchoice.us.com*. https://expertchoice.us.com/?gclid=CjwKCAjwwdWVBhA4EiwAjcYJECIJTQrhhSK2G7skahh8kxI9OFcJq5tuLZ8QI3M4t4FuhulRIrGhMBoC-pQQA_vD_BwE
- Fernandez, & Romo. (2020). IMPLEMENTACION DE UN MODELO DE UNA BATERIA HIBRIDA NI-MH MEDIANTE SIMULINK, PARA VERIFICAR LOS ESTADOS DE CARGA Y SALUD. (*Artículo de Maestría*). Universidad del Azuay, Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9844>

- Fluke. (2022). *www.fluke.com*. <https://www.fluke.com/es-ec/producto/comprobacion-electrica/multimetros-digitales/fluke-88v>
- Fontanier, M. (30 de Enero de 2020). Moto eléctrica Super Soco TC MAX 0-100 km/h [video]. Youtube . <https://www.youtube.com/watch?v=mkCvIvLjo1k>
- Ghassan, Z., López, R., Carvalho, M., & Pasaoglu, G. (2018). The lithium-ion battery: State of the art and future perspectives. *Elsevier*, 17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.002>
- Grepow. (27 de Abril de 2021). *Grepow.com*. [https://www.grepow.com/blog/what-is-the-high-energy-density-battery-battery-monday/#:~:text=The%20energy%20density%20of%20a,Density%20\(Wh%20%2F%20kg\)](https://www.grepow.com/blog/what-is-the-high-energy-density-battery-battery-monday/#:~:text=The%20energy%20density%20of%20a,Density%20(Wh%20%2F%20kg)).
- Guo, Y., Zhao , Z., & Huang, L. (2017). SoC Estimation of Lithium battery based on Improved BP Neutral Network. *Elsevier*, 6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.881>
- Hunter Engineering. (2019). *Tires Les Schwab*. <https://www.lesschwab.com/article/understanding-camber-caster-and-toe.html>
- Ian, H. (23 de Septiembre de 2022). *Google Play*. Retrieved 10 de Diciembre de 2022, from https://play.google.com/store/apps/details?id=org.prowl.torque&hl=es_EC&gl=US&pli=1
- Iglesias, R., Lago, A., Nogueiras, A., Martínez-Peñalver, C., Marcos, J., Quintans, C., Moure, M., & Valdés, M. (2012). Modelado y Simulación de una Batería de Ion-Litio. *Departamento de Tecnología Electrónica, Universidad de Vigo*, 6. <http://quintans.webs.uvigo.es/documentos/2012-SAAEI-0464-gf-000126.pdf>
- Ilyès, M., Abbas, F., & Nathan, E. (2020). Electric vehicle energy consumption modelling and estimation—A case study. *Wiley Online Library*, 20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/er.5700>
- INEN. (5 de Julio de 2010). *NTE INEN 807-4:2010*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/807-4.pdf>

- INEN. (12 de Mayo de 2017). *www.normalizacion.gob.ec*.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2250-2.pdf
- KAIS. (22 de Julio de 2021). *KaisPower.com*.
<https://www.kaispower.com/products/off-the-shelf-battery/>
- Kastillo, Nasimba, & German. (2017). Diseño e implementación del controlador de carga y descarga de una batería dentro de un sistema autónomo de iluminación pública a partir de fuentes de energía renovable. (*Tesis de ingeniería*). Escuela Politécnica Nacional, Quito. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17371>
- LuGEnerGY. (16 de Noviembre de 2021). *Modos de recarga vehiculos electricos*.
<https://www.lugenergy.com/modos-de-recarga-vehiculos-electricos/>
- Luis, E., Germán, E., & Luis, M. (Marzo de 2013). DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO, DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN DEL SISTEMA DE BATERÍAS DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS. 5.
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/6133>
- Manly Battery. (03 de 01 de 2023). *manlybattery.com*.
<https://manlybattery.com/product-item/60v-30ah-lifepo4-battery/>
- matelec. (2021). *matelec.com.ar*. https://www.matelec.com.ar/noticias/52_grados-de-proteccion-IP
- Miguel, A. Á. (2014). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CARGADOR AUTOMATIZADO DE BATERÍAS DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS. *Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga*, 10.
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9121/1/AC-ESPEL-MAI-0486.pdf>
- Naylamp Mechatronics. (4 de Agosto de 2021). *naylampmechatronics.com*.
<https://naylampmechatronics.com/conversores-ttl/62-conversor-rs485-a-serial-ttl.html#:~:text=El%20est%C3%A1ndar%20RS485%20est%C3%A1%20definido,en%20los%20voltajes%20producidos%20en>
- Ortega, O. S., & Peralta, W. (2020). *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE DIAGNÓSTICO Y RECUPERACIÓN DE BATERÍAS DE ALTO VOLTAJE DE*

VEHÍCULOS HÍBRIDOS[Tesis de Ingeniería, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA J. Respositorio Institucional.

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/187094>

Pérez, Salmerón, & Pérez. (2018). Implementación de un sistema de baterías de LI-ION. *Universidad Iberoamericana*, 4. [https://libess.webnode.mx/_files/200000020-](https://libess.webnode.mx/_files/200000020-a6006a6fa6/Baterias%20Litio_modalidad%20prototipo_articulo.pdf)

[a6006a6fa6/Baterias%20Litio_modalidad%20prototipo_articulo.pdf](https://libess.webnode.mx/_files/200000020-a6006a6fa6/Baterias%20Litio_modalidad%20prototipo_articulo.pdf)

Piña, J. B. (12 de Junio de 2012). *uhu.es*. [http://uhu.es/antonio.barragan/content/311-tecnologia-transmision-](http://uhu.es/antonio.barragan/content/311-tecnologia-transmision-rs485#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20de%20RS485,32%20estaciones%20pueden%20ser%20conectadas)

[rs485#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20de%20RS485,32%20estaciones%20pueden%20ser%20conectadas.](http://uhu.es/antonio.barragan/content/311-tecnologia-transmision-rs485#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20de%20RS485,32%20estaciones%20pueden%20ser%20conectadas)

Planas, O. (15 de Julio de 2021). *Energía Solar*. [https://solar-](https://solar-energia.net/electricidad/corriente-electrica/corriente-alterna)

[energia.net/electricidad/corriente-electrica/corriente-alterna](https://solar-energia.net/electricidad/corriente-electrica/corriente-alterna)

Portatil Movil. (24 de 02 de 2017). *Portatilmovil.com*.

https://www.portatilmovil.com/blog/54_carga-de-baterias-li-ion-los-mejores-metodos-de-carga.html#

Pumar, D. (2021). Diseño del layout de los componentes en moto eléctrica: proyecto MotoStudent. *titulo de Ingeniería*. Universidad Politécnica de València,

València. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/169095/Pumar%20-%20Dise%C3%B1o%20del%20layout%20de%20componentes%20en%20moto%20el%C3%A9ctrica%3A%20proyecto%20MotoStudent.pdf?sequence=1>

Quezada, D. M., & Cerpa, J. (2018). DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE ESTADO DE SALUD DE BATERÍAS DE ION-LITIO, MEDIANTE EL USO DE ESPECTROSCOPIA DE IMPEDANCIA ELECTROQUÍMICA Y CARACTERIZACIÓN DEL TÉRMINO DE LA VIDA ÚTIL BASADO EN LA GENERACIÓN DE CALOR DADA POR LA IMPEDANCIA INTERNA.

(*Tesis Maestría*). UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS, Santiago de Chile.

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/153342>

Ramírez, J. (2017). *ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE TRACCIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, Pereira.

- Renault Group. (19 de octubre de 2019). *www.renaultgroup.com*.
<https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/the-electric-car-how-does-its-lithium-ion-battery-work/>
- Research Interfaces. (27 de Febrero de 2018). *¿Qué sabemos sobre el cátodo NMC 811 de próxima generación?* <https://researchinterfaces.com/know-next-generation-nmc-811-cathode/>
- Rodríguez, A. (2020). *ANÁLISIS DE UN MOTOR ELÉCTRICO, ADAPTADO A UNA MOTOCICLETA*. Universidad Internacional SEK, Quito.
<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2871/1/Andr%C3%A9s%20Valencia%20Tesis%20Final.pdf>
- Rodríguez, C. I. (2017). *MODELO PARA LA BATERÍA DE ION DE LITIO DE UN VEHICULO ELÉCTRICO. Tesis de Maestría*. Escuela Ingenierías Industriales, Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/24673/TFM-I-648.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Romero, A. A. (2020). *Diseño y simulación de un cargador de batería para una motocicleta eléctrica. Título de maestría*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, Sevilla. <https://idus.us.es/handle/11441/104474>
- Saavedra , J. A., & Sibri, J. (2018). *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE BATERÍAS USADAS EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS DURANTE EL PROCESO DE RECUPERACIÓN*[Tesis de ingeniería; Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca]. Repositorio Internacional, Cuenca.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16285>
- Saavedra, J., & Sibri, J. (2018). *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE BATERÍAS USADAS EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS DURANTE EL PROCESO DE RECUPERACIÓN*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA, Cuenca.
- Samsung. (13 de Junio de 2014). *SPECIFICATION OF PRODUCT for Lithium-ion rechargeable cell Model name : INR18650-32E*.
<http://www.cleon.ru/specification/samsung-INR18650-32E.pdf>
- Super Soco . (23 de Marzo de 2022). <https://vmotosoco.es/tsx/>. <https://vmotosoco.es/tsx/>

- SuperSoco Intelligent Technology CO.Lta. (2021). *TS-1200pro*.
- Tenpower. (16 de Diciembre de 2022). *Tenpowercell.com*.
<https://www.tenpowercell.com/products/cells>
- Tibtech Innovations. (2018). *Tibtech.com*.
https://www.tibtech.com/conductivite.php?lang=en_US
- Tiny Tronics. (28 de Noviembre de 2022). *Tinytronics.com*.
<https://www.tinytronics.nl/shop/en/power/batteries/18650/tenpower-li-ion-battery-2800mah-10a-inr18650-28he>
- Uelectronics. (2022). *uelectronics.com*. <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-corriente-no-invasivo-50a-sct-013-050/>
- UNE. (25 de Octubre de 2017). *UNE – EN ISO 18246*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0059124#:~:text=Ciclomotores%20y%20motocicletas%20propulsados%20el%C3%A9ctricamente,fuente%20externa%20de%20alimentaci%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.>
- UNE. (17 de Julio de 2019). *UNE-EN ISO 18243:2019*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062184>
- UNIT Electronics. (2022). *uelectronics.com*. <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-corriente-no-invasivo-50a-sct-013-050/>
- Victor, B., & Malu, M. (2020). A PHYSICAL INVESTIGATION ON THE PHENOMENON OF THE DANCING COIN. *Cornell University*, 12.
<https://doi.org/https://arxiv.org/abs/1911.06651#:~:text=https%3A//doi.org/10.48550/arXiv.1911.06651>
- Victron Energy. (2021). *victronenergy.com*.
<https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-BMS-12-200-ES.pdf>
- Viera, P. J. (2003). CARGA RÁPIDA DE BATERÍAS DE Ni-Cd Y Ni-MH DE MEDIA GRAN CAPACIDAD. ANÁLISIS, SÍNTESIS Y COMPARACIÓN DE NUEVOS MÉTODOS. *Titulo de Doctorado*. UNIVERSIDAD DE

- OVIEDO, Oviedo.
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11142/UOV0036TJCVP.pdf>
- WANG, C.-Y. (2021). US team claims major EV battery breakthrough. *The Engineers*.
<https://www.theengineer.co.uk/us-team-claims-major-ev-battery-breakthrough/>
- Warner, J. (2015). *The handbook of Lithium- Ion battery Pack Desing*. Texas: Elsevier.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2013-0-23144-5>
- Weatherspark. (2022). *Weatherspark*. <https://es.weatherspark.com/y/19339/Clima-promedio-en-Loja-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Weis, O. (2 de Diciembre de 2020). *eltima.com*. Electronic Team, INC:
<https://www.eltima.com/es/article/9-pin-serial-port.html>
- Weis, O. (20 de Octubre de 2021). *Knowledge Base*.
<https://www.eltima.com/es/article/rs485-communication-guide/#:~:text=por%2014%20d%C3%ADas,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20RS%2D485%3F,de%20la%20interfaz%20RS%2D232.>
- Xiea, S., Qi, S., Lang, K., Tang, X., & Lin, X. (2020). Coordinated management of connected plug-in hybrid electric buses for energy saving, inter-vehicle safety, and battery health. *ScienceDirect*, 12.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115028>
- Zeljko, S. (14 de Enero de 2012). *Renewable Energy World*.
<https://www.renewableenergyworld.com/storage/how-do-you-calculate-battery-capacity-in-amphours-ah-at-different-c-rates/#gref>
- Zhang, R., Xia, B., Li, B., Lai, Y., Zheng, W., Whang, H., Wang, W., & Wang, M. (2018). Study on the Characteristics of a High Capacity Nickel Manganese Cobalt Oxide (NMC) Lithium-Ion Battery—An Experimental Investigation. *Energies*, 20. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/en11092275>

11 Anexos

Anexo 1. *Modelado en Inventor de la Batería SK0207 de SuperSoco.*



Nota. Modelado de la batería en inventor para acondicionar carcasa y demás mecanismos de seguridad.

Anexo 2. *Toma para el Trazado de Ruta con Ayuda del Programa Torque.*



Nota. En la imagen se observa el empleo de la aplicación TORQUE PRO, para el trazo de las rutas analizadas.

Anexo 3. *Carcasa Construida Para la Batería.*



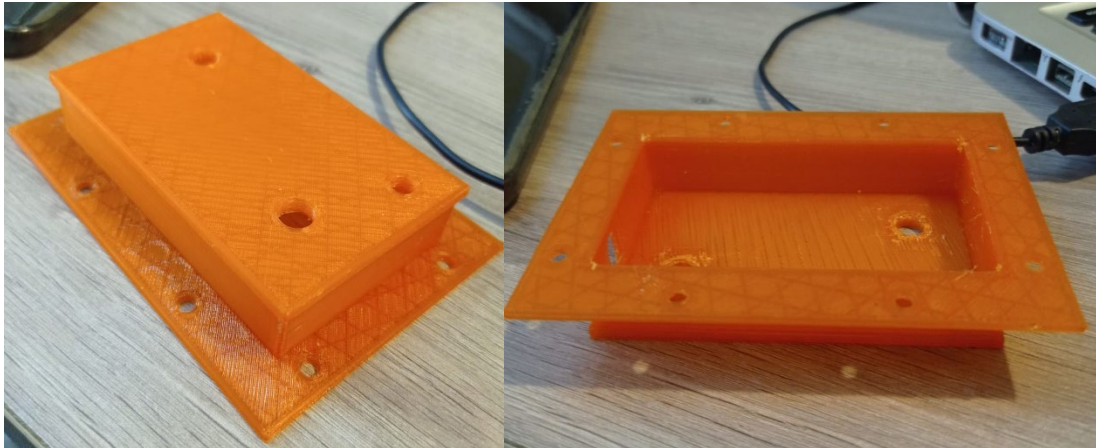
Nota. En la Figura se aprecia el resultado final de la construcción de la carcasa de la batería, la cual es de acero inoxidable AISI 430.

Anexo 4. *Dispositivo de Anclaje de Batería con la Carcasa.*



Nota. La imagen corresponde al mecanismo de anclaje de la batería para impedir el juego axial, esta está ubicada en la parte inferior de la carcasa de la batería.

Anexo 5. *Soporte de Sistema de Anclaje de Batería.*



Nota. Dado que el mecanismo de anclaje de la batería no está fijo es necesario hacerle un soporte para asegurar el sistema, este soporte es diseñado en inventor y fabricado en impresión 3D con filamento plástico PLA.

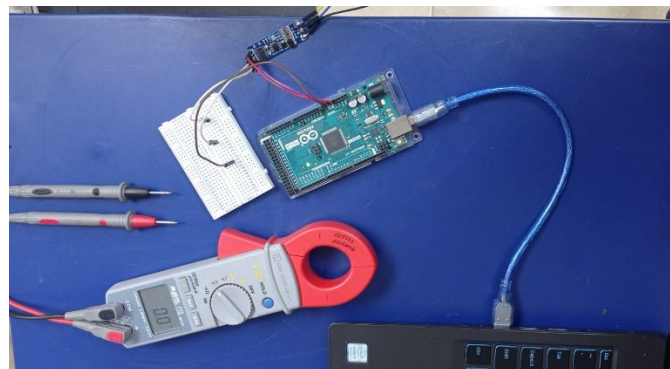
Anexo 6.

Dispositivo de Conexión a Cargador, Para Efectuar una Carga Externa.



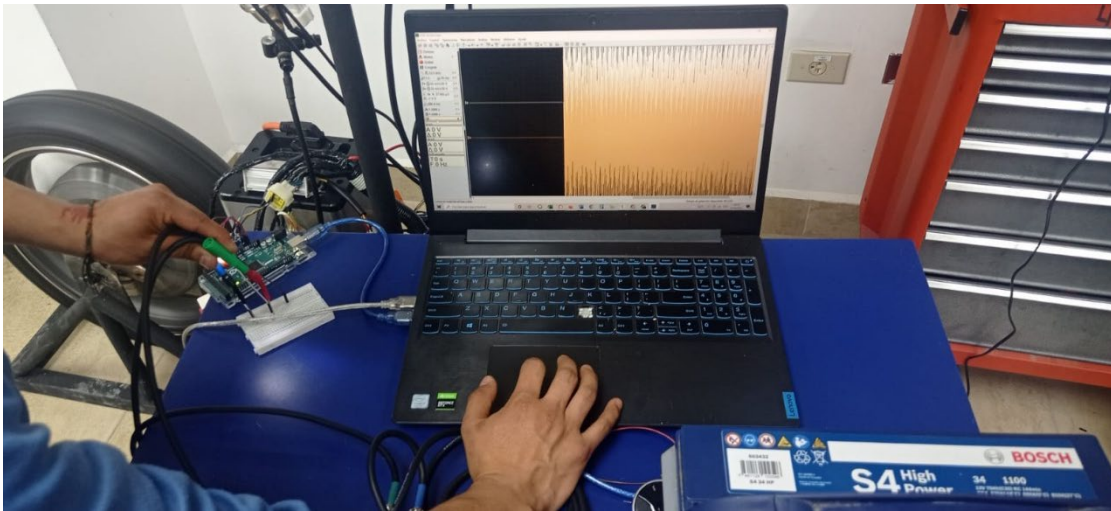
Nota. Este dispositivo es el Socket hembra para la conexión del cargador de la batería.

Anexo 7. *Conexión de 485 A y 485 B a Arduino.*



Nota. Conexión base para la adquisición de datos a través de la red Modbus, esta contiene: un conversor MAX 485, protoboard, Arduino Mega y cables de conexión.

Anexo 8. *Datos Captadas desde Arduino de la Red de Comunicación 485A y 485 B.*



Nota. Identificación de las señales de la red Modbus 485 A y 485 B con ayuda de osciloscopio Auto sope IV.

Anexo 9. *Sensor de Corriente Conectado a un Cable de Alimentación del Motor Trifásico.*



Nota. En la Figura se muestra la captación de la señal de corriente a través de un sensor de tipo pinza amperimétrica, conectado a una línea del motor trifásico, con la finalidad de captar la corriente instantánea consumida por el motor in wheel.

Anexo 10. Interfaz para Adquisición de Datos de Funcionamiento de la Batería.



Nota. Las líneas de color naranja representan el consumo instantáneo de corriente del motor eléctrico, donde los picos se deben a las aceleraciones y desaceleraciones, las líneas celestes representan el consumo de voltaje en función del tiempo y las dos graficas de la derecha representan el SoC y temperatura de la batería.

Anexo 11. *Certificación de traducción del Abstract.*



Lic. Mónica Guarnizo Torres.
SECRETARIA DE "BRENTWOOD LANGUAGE CENTER"

CERTIFICA:

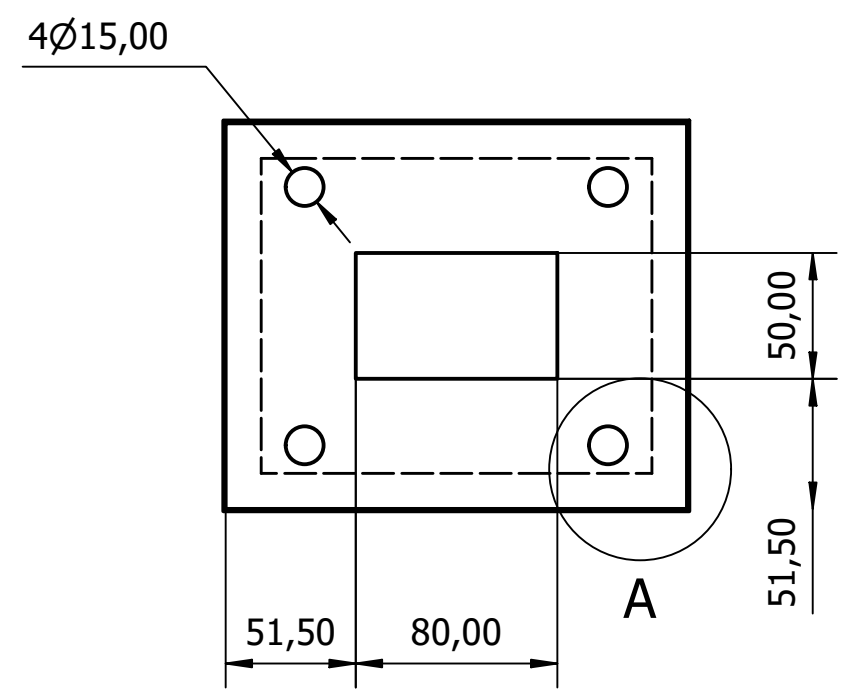
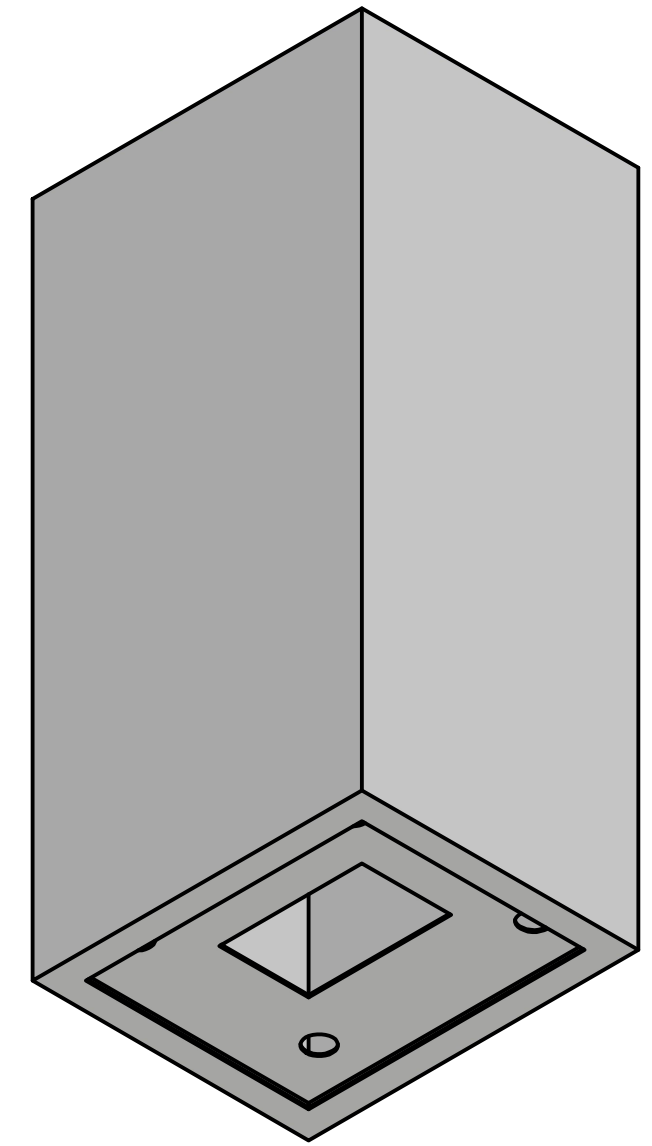
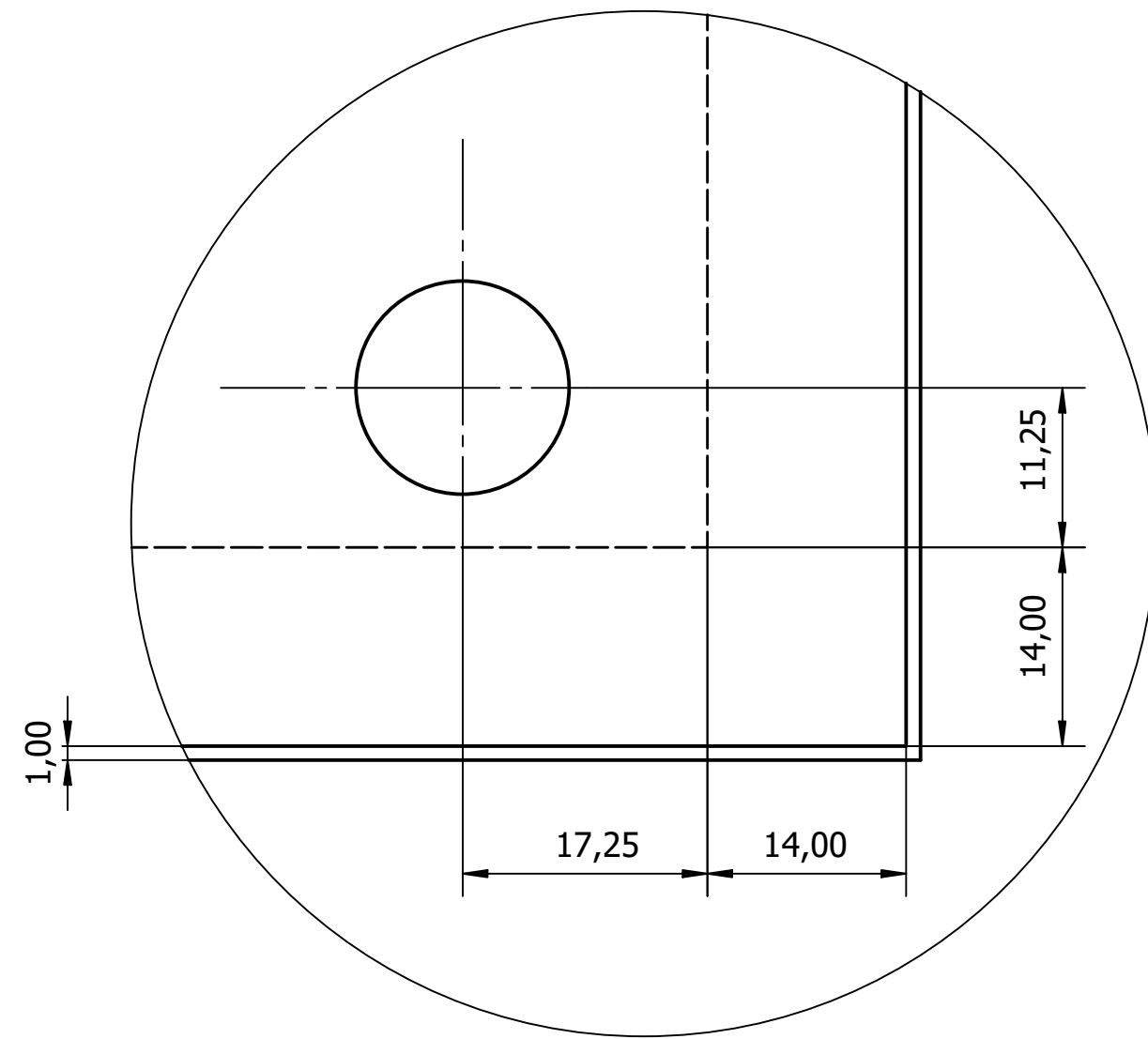
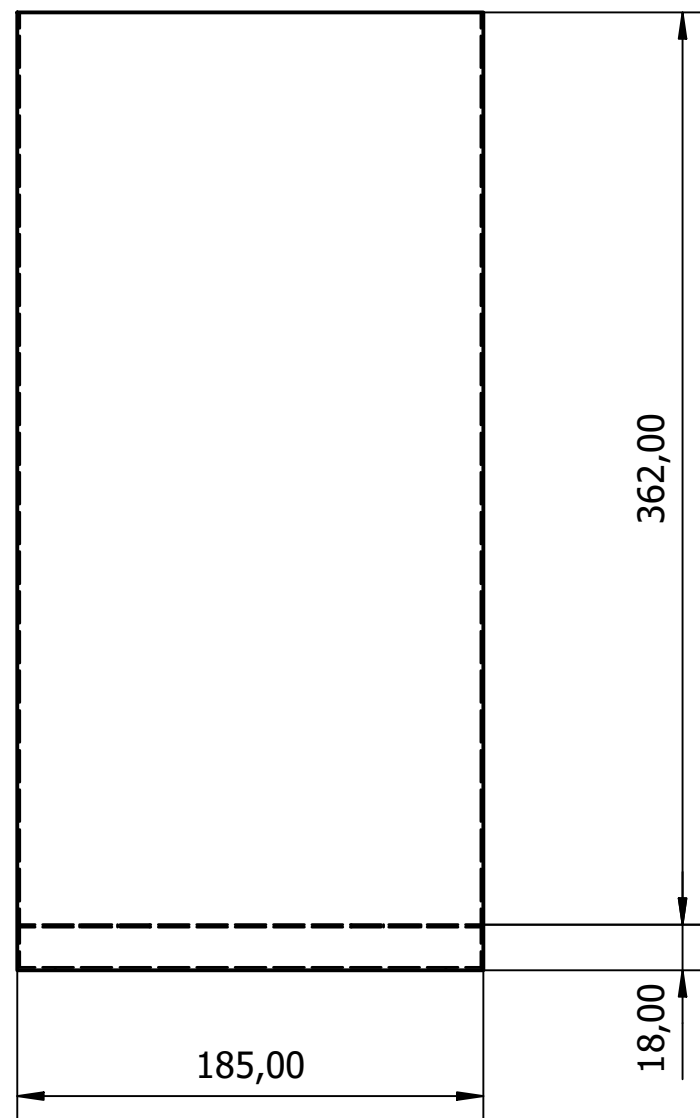
Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés del trabajo de titulación denominado "DIMENSIONAMIENTO DE BATERÍA Y CARGADOR PARA UNA MOTO ELÉCTRICA", del estudiante DAVID JOEL GRANDA RAMÍREZ, con cédula de identidad No. 1105921652, egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifica en honor a la verdad y autoriza al interesado hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Loja, 06 de enero de 2023


Lic. Mónica Guarnizo Torres
SECRETARIA DE B.L.C.

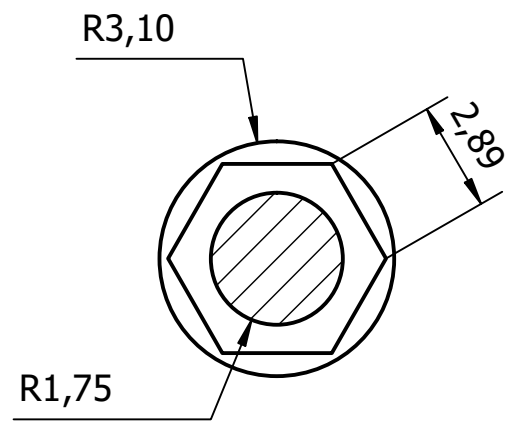




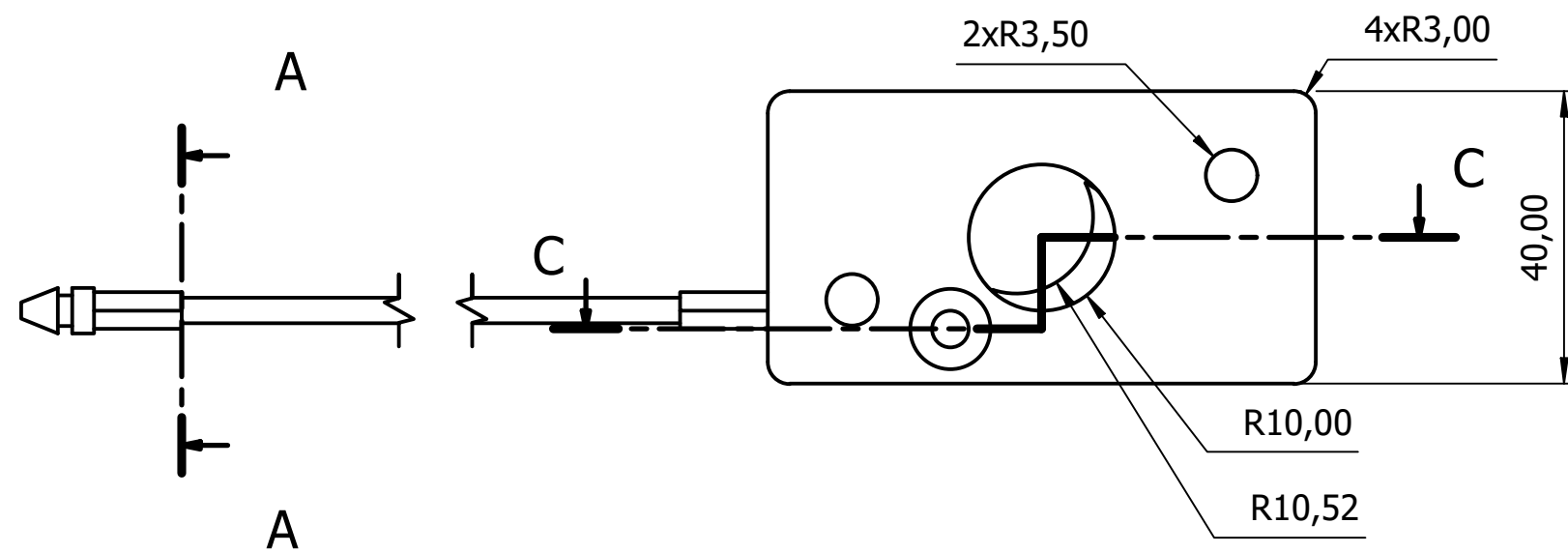
Vista A (2 : 1)

Vista Isométrica (1 : 3)

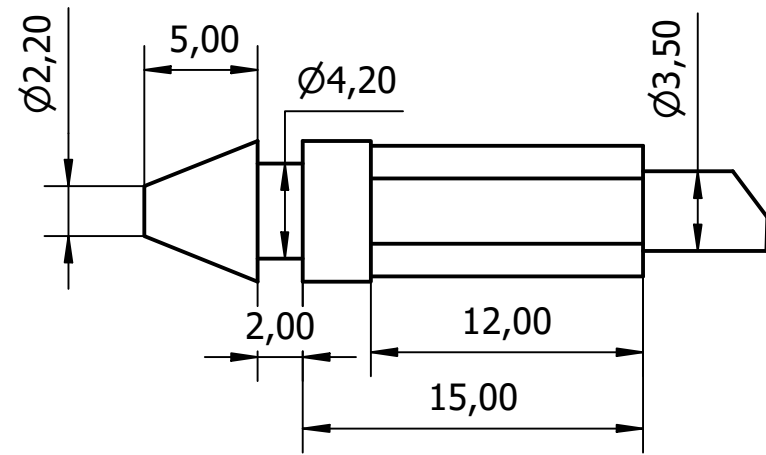
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
Autor: David Joel Granda Ramírez	Fecha: 09-11-2022	Tamaño: A3	
Nombre del dibujo: Carcasa	Nº hoja: 1/1	Unidades: mm	
Tutor: Ing. Christian Caraguay	Material: AISI 430	Escala: 1:3	



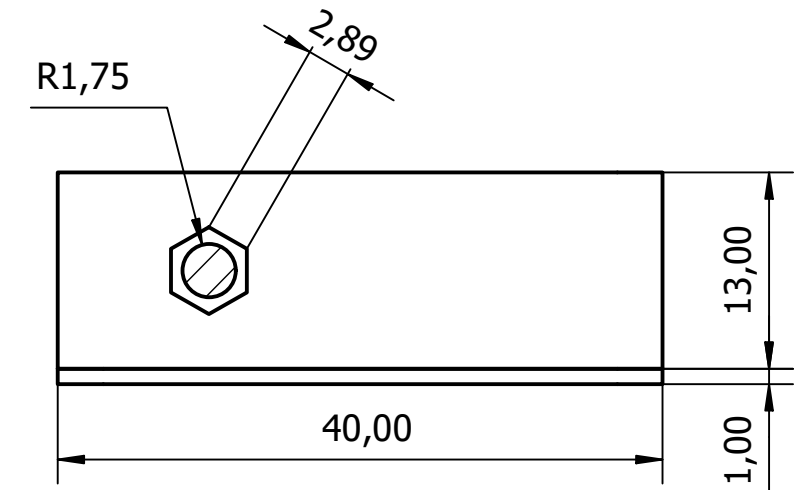
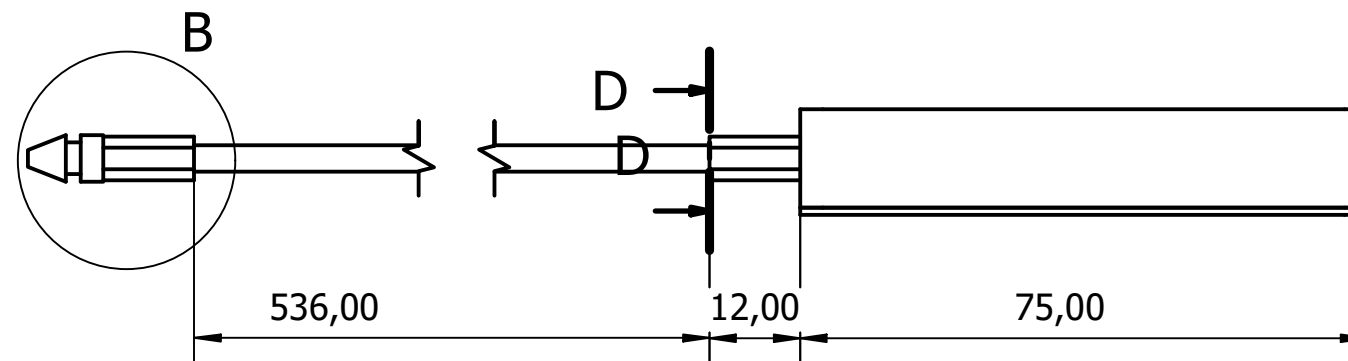
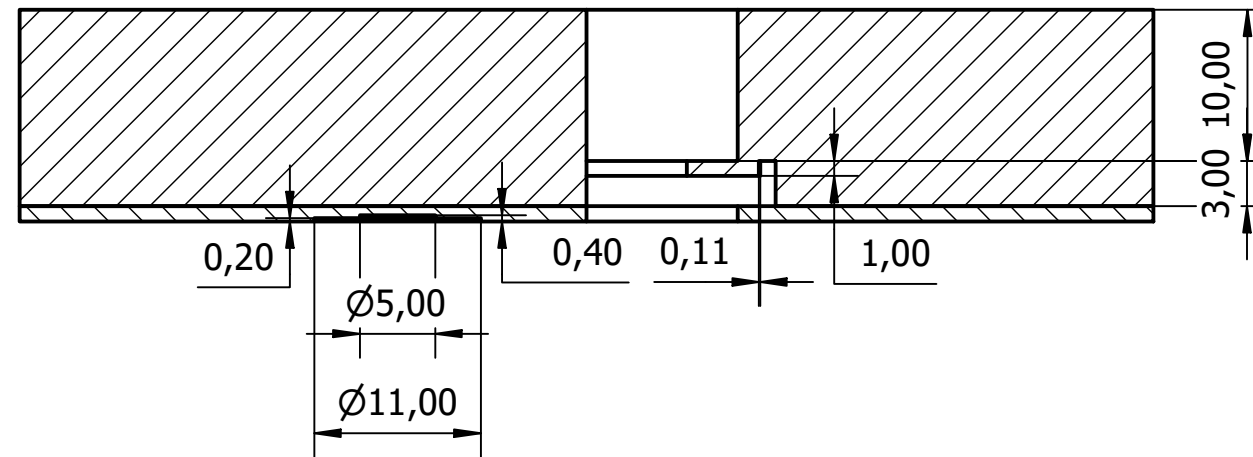
Vista A-A (5 : 1)



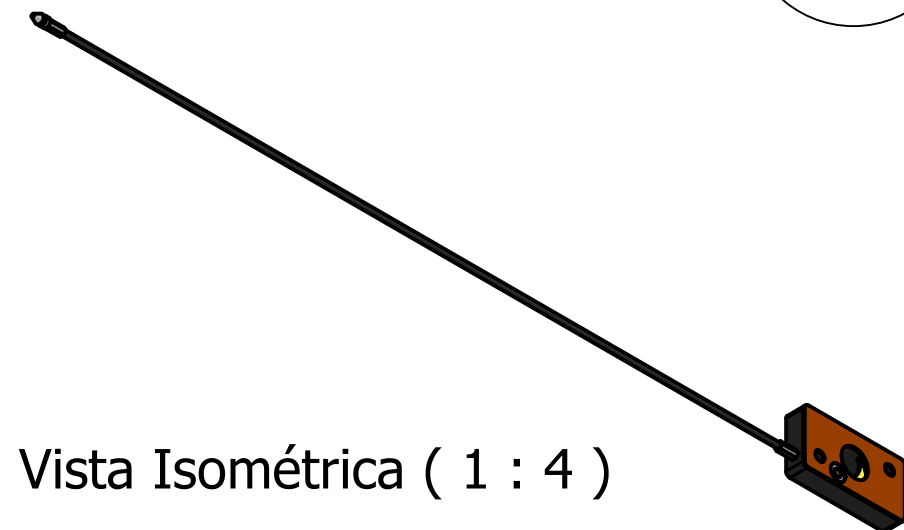
Vista C-C (2 : 1)



Vista B (3 : 1)



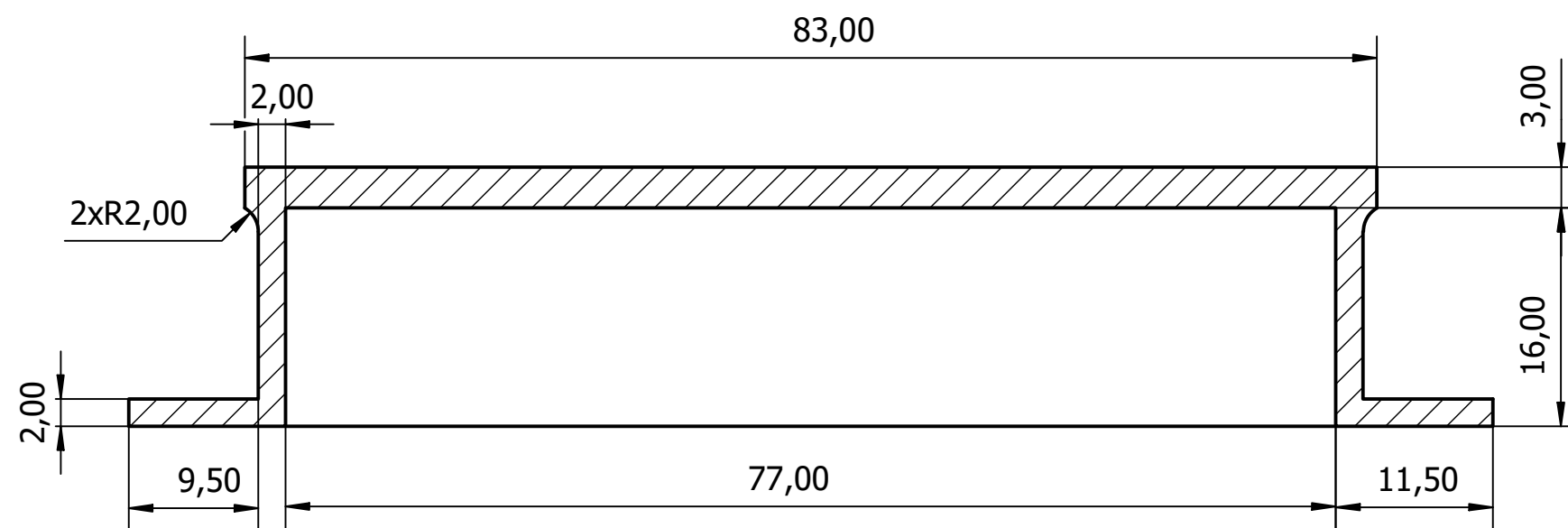
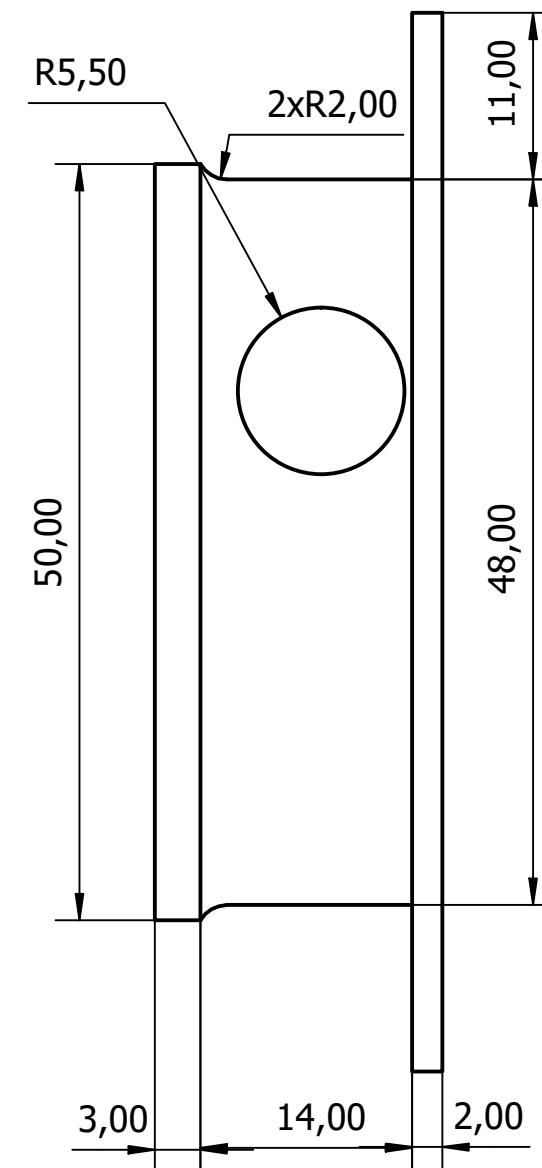
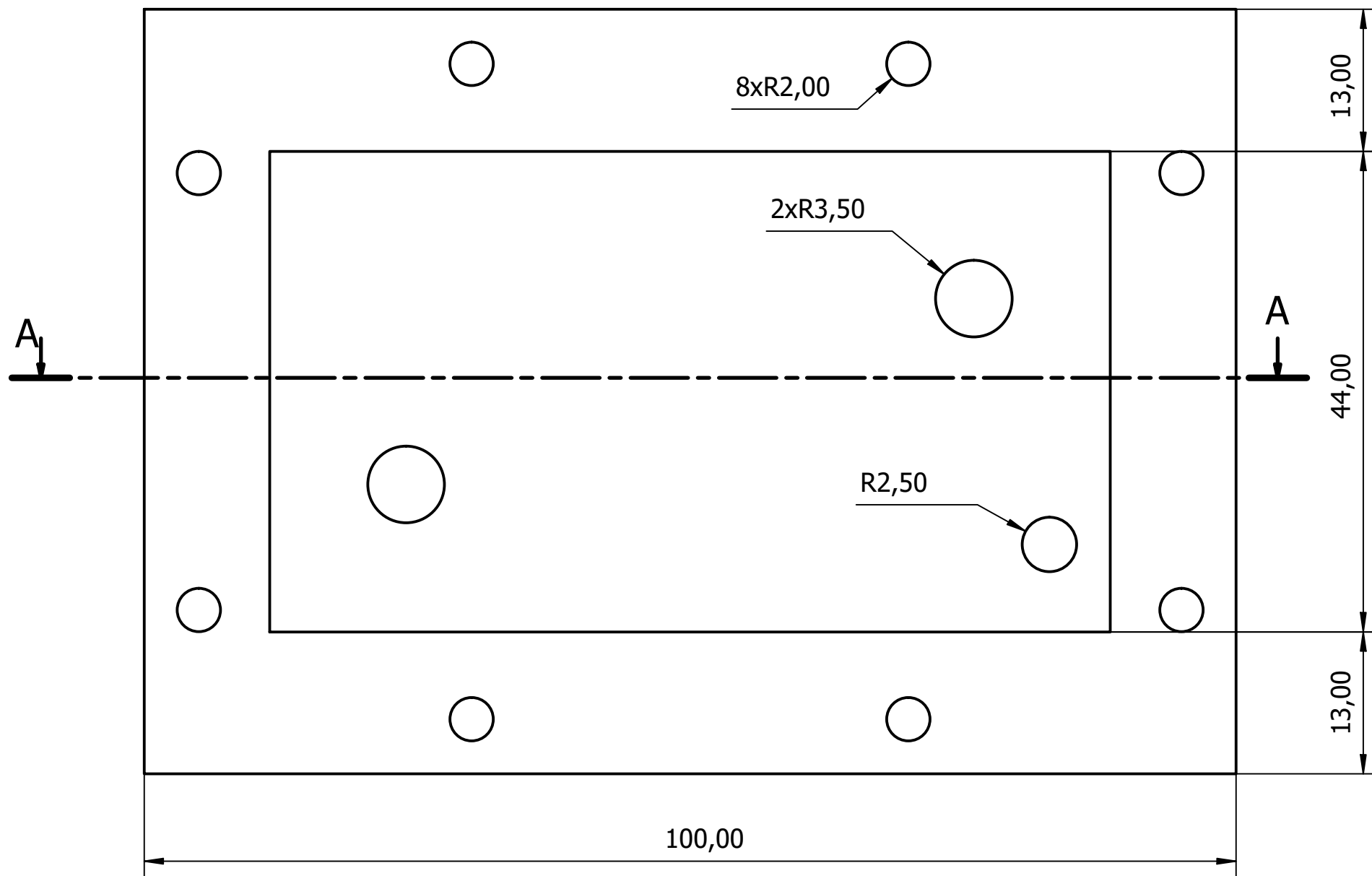
Vista D-D (2 : 1)




Vista Isométrica (1 : 4)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Autor: David Joel Granda Ramírez		Fecha: 09-11-2022	Tamaño: A3	
Nombre del dibujo: Sistema de anclaje de batería		Unidades: mm		
Tutor: Ing. Christian Caraguay		Material: Plástico	Escala: 1:1	



Vista A-A (2 : 1)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
Autor: David Joel Granda Ramírez	Fecha: 17-11-2022	Tamaño: A3	 INGENIERÍA AUTOMOTRIZ UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Nombre del dibujo: Soporte de batería	Nº hoja: 1/3	Unidades: mm	
Tutor: Ing. Christian Caraguay	Material: Plástico PLC	Escala: 2:1	
