Universidad Nacional de San Luis

Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuaria

DISEÑO, ANÁLISIS Y CÁLCULO DE MOTOCICLETA ELÉCTRICA A PARTIR DE MATERIALES RECICLABLES

Autor

Stéfano Leonel Escudero

Carrera

Trabajo Final de Ingeniería Mecatrónica

Director

Doc. Ing. Guillermo Catuogno

Co-director

Ing. Ramiro Rodrigo

Villa Mercedes, San Luis

2024

DERECHO DE AUTOR

© 2024

Se autoriza la reproducción
total, o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento,
incluyendo la cita bibliográfica del documento.

Dedicatoria y Agradecimientos

Dedico este trabajo final de la carrera Ingeniería Mecatrónica a Dios que estuvo en cada momento difícil de mi vida, teniendo muchas caídas, Jesús nunca me dejó solo y volvía para restaurarme. Gracias también a mi familia, desde mis padres, hermanos, sobrinos y a mi esposa e hija que con su compañía y aliento junto a Dios fueron de ayuda para que me recibiera.

Agradezco a Dios por permitirme realizar este camino que no ha sido nada fácil, pero siempre vi su ayuda y apoyo en cada momento transitado por la universidad. Estoy agradecido con mis padres, porque de una u otra forma aportaron para que yo continuara estudiando, y agradezco a mi esposa e hija por alentarme a recibirme. Por otro lado, también estoy agradecido con mis hermanos y con cada profesor que aportaron de sus conocimientos, para que hoy en día haya llegado a terminar la carrera de Ingeniería.

Resumen

Actualmente y desde hace un tiempo, el transporte urbano ha experimentado transformaciones, impulsadas por la búsqueda de soluciones sostenibles frente a los desafíos ambientales y energéticos. En este contexto, las motocicletas eléctricas son una alternativa eficiente, capaz de abordar no solo las preocupaciones ambientales, sino que también ofrecen un abanico de oportunidades al momento de elegir un transporte. Además, no sólo el beneficio lo lleva el medio ambiente, sino que también el usuario puede alimentar a su motocicleta a través de electricidad, siendo un sistema mucho más económico en comparación a cualquier tipo de combustible. Por otro lado, en Argentina, la economía actual no permite con facilidad acceder a la compra de un vehículo, ya sea tanto a combustión como también del tipo eléctrico. Por ello, buscar otras alternativas para productos eléctricos en esta región es el propósito de este proyecto, y una de ellas es poder diseñar, analizar y calcular un prototipo de motocicleta eléctrica a partir del uso de materiales que se puedan reciclar y reutilizar, y así que cualquier usuario pueda armar su propio prototipo eléctrico. Al medio ambiente se le debe brindar un mejor cuidado, y es conveniente introducirse en las nuevas tecnologías que día tras día van tomando fuerza. Estos avances tecnológicos están en actividad en diversas áreas, una de ellas es la movilidad eléctrica, pero para acceder a un vehículo de esta índole, como ya se mencionó, es un poco complicado porque su costo no llega a ser accesible a todo el público en general. Como solución a lo planteado se propone ahondar en el mundo de las motocicletas scooters de baja potencia del tipo urbano, a través de un prototipo de vehículo eléctrico que puede llegar a construirse con materiales que en este trabajo se desean presentar.

Palabras claves: medio ambiente, materiales reciclables, prototipo eléctrico.

INDICE DE CONTENIDO

Capítulo 1: Introducción

Introducción.....1

Marco teórico.....1

Motocicletas eléctricas en el mercado.....3

Capítulo 2: Motores

Posibles montajes del motor.....5

Rendimiento.....5

Motores AC Y DC.....6

Motores de imanes permanentes.....7

Motores Brushless.....8

Motores DC.....9

Alternativas de motores para equipar una motocicleta eléctrica.....10

Capítulo 3: Controladores

Controladores.....20

Controladores y sus precios.....22

Alternativas para controlar la velocidad del motor.....23

Capítulo 4: Batería

Batería.....30

Elección de la batería.....32

Opciones para armar un pack de batería.....34

Bms (Battery Management System) 38

Cargador.....41

Cargadores en el mercado.....42

Alternativa de construcción de cargador.....43

Propuesta del cargador universal.....44

Tiempo de carga de la batería.....46

Capítulo 5: Kit Moto Eléctrica, Transmisión y conexión eléctrica

Kit de motocicleta eléctrica.....49

Transmisión de motocicleta eléctrica.....50

Análisis y cálculo de la trasmisión secundaria.....52

Poleas y relación de velocidades.....54

Conexión eléctrica del prototipo.....59

Capítulo 6: Diseño y análisis estructural de la motocicleta

Diseño.....60

Análisis.....61

Capítulo 7: Prototipo experimental

Ciclomotores.....67

Resumen para la conversión de una motocicleta a combustión al tipo eléctrica.....70

Mejoras.....72

Capítulo 8: Análisis de Costos

Costos generales.....73

Capítulo 9: Impacto ambiental y criterios de eficiencia energética

Criterios de eficiencia e impacto en el medio ambiente.....75

Capítulo 10: Conclusión

Conclusiones.....76

Bibliografía.....77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Emisiones de gases de efecto invernadero globales.....2
Figura 2. Corven Mirage R2 110cc.....3
Figura 3. Siam Eléctrica N4.....4
Figura 4. Partes principales de una Motocicleta Eléctrica.....4
Figura 5. Motor AC.....6
Figura 6. Motor de imanes permanentes.....7
Figura 7. Principio de funcionamiento del motor Brushless.....8
Figura 8. Motor Brushless.....9
Figura 9. Motor DC.....9
Figura 10. Burro de arranque.....10
Figura 11. Motor 775 dc.....11
Figura 12. Motor de lavarropas.....11
Figura 13. Motor de electroventilador de auto.....11
Figura 14. Motor de taladro eléctrico.....12
Figura 15. Motor de amoladora angular.....12
Figura 16. Motor de sierra eléctrica.....12
Figura 17. Motor de destornillador inalámbrico.....13
Figura 18. Alternador de auto.....13
Figura 19. Máquina eléctrica rotativa.....14
Figura 20. Máquina eléctrica rotativa (Indiel).....15
Figura 21. Interior de un dínamo.....17
Figura 22. Tipos de dínamos.....18
Figura 23. Máquina Eléctrica Rotativa.....18
Figura 24. Conexión eléctrica en paralelo.....19
Figura 25. Conexión eléctrica en serie.....19
Figura 26. Controlador.....20
Figura 27. Controlador de estado sólido.....21
Figura 28. Controlador programable.....21
Figura 29. Controlador 500 W.....22
Figura 30. Controlador Yadea.....22
Figura 31. Controlador de Onda Sinusoidal.....23
Figura 32. Controlador de velocidad para motor dc.....23

Figura 33. Controlador de velocidad para motor dc 10 – 60 V 20 A.....24
Figura 34. Controlador de velocidad para motor dc 10 – 50 V 40 A.....24
Figura 35. Controlador de velocidad experimental.....25
Figura 36. Conexionado completo.....26
Figura 37. Controlador PWM con acelerador de puño o de monopatín.....27
Figura 38. Pasos de construcción de placa PCB.....28
Figura 39. Batería de Litio.....30
Figura 40. Batería de Plomo – Ácido.....30
Figura 41. Níquel – Metal – Hidruro (NiMH).....31
Figura 42. Batería de Gel.....31
Figura 43. Batería de Grafeno.....32
Figura 44. Batería de Litio de 24 V 22 A.....32
Figura 45. Pila de Litio Li – Ion.....33
Figura 46. Baterías de pc portátil.....35
Figura 47. Interior de una batería de pc portátil.....36
Figura 48. Pila de Litio reciclable.....36
Figura 49. Orden de pilas por su carga.....37
Figura 50. Vista superior.....37
Figura 51. Vista inferior.....38
Figura 52. Pack conformado.....38
Figura 53. Pack de baterías real autodescárgandose con el paso del tiempo.....39
Figura 54. BMS.....40
Figura 55 al 57. Proceso de elaboración de recipiente de batería en 3D.....41
Figura 58. Cargador Schumacher DSR140.....42
Figura 59. Cargador 24 V 10 A.....42
Figura 60. Cargador universal.....43
Figura 61. Presentación del Cargador Universal.....45
Figura 62. Cargador 29, 4 V 2 A.....46
Figura 63. Kit moto eléctrica.....49
Figura 64. Kit moto eléctrica e-core.....50
Figura 65. Transmisión primaria.....50
Figura 66. Transmisión secundaria.....51
Figura 67. Transmisión a Cadena.....51
Figura 68. Transmisión a Correa.....51

Figura 69. Transmisión a Cardan.....52
Figura 70. Correa tipo v.....53
Figura 71. Correa dentada.....54
Figura 72. Relación de transmisión.....55
Figura 73. Aumento de fuerza de la motocicleta.....55
Figura 74. Transmisión CVT.....56
Figura 75. Piñón y Corona.....56
Figura 76. Corona original de 32 dientes.....57
Figura 77. Polea conducida de 200mm.....57
Figura 78. Correa poly V (A 53) 57
Figura 79. Transmisión secundaria.....58
Figura 80. Conexión eléctrica general de la motocicleta eléctrica.....59
Figura 81. Vista lateral derecho de motocicleta Fusion 360.....60
Figura 82. Vista diagonal de la motocicleta.....60
Figura 83. Vista trasera de la motocicleta.....61
Figura 84. Zoom de la motocicleta.....61
Figura 85. Análisis de estrés 1.....63
Figura 86. Análisis de deformación 1.....63
Figura 87. Análisis de desplazamiento 1.....64
Figura 88. Análisis de estrés 2.....64
Figura 89. Análisis de desplazamiento 2.....65
Figura 90. Análisis de deformación 2.....65
Figura 91. Siambretta 1957.....68
Figura 92. Zanella Bambina.....68
Figura 93. Garelli Mosquito.....68
Figura 94. Garelli Super Mosquito.....69
Figura 95. Zanella Delivery.....69
Figura 96. Garelli 50cc.....70
Figura 97. Conversión a motocicleta eléctrica.....70
Figura 98 al 103. Cambio de transmisión secundaria.....71

INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS

Tabla 1. Elección del motor.....16
Tabla 2. Comparación de baterías.....32
Tabla 3. Pilas de Litio.....33
Gráfico 1. Prototipo de cargador para baterías de Litio.....43
Tabla 4. Cargadores.....48
Tabla 5. Tipos de transmisiones secundarias.....52
Gráfico 2. Sistemas de transmisión.....53
Gráfico 3. Conexión eléctrica general de la motocicleta eléctrica.....59
Tabla 6. Costos Generales.....74

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Introducción

En el contexto actual de preocupaciones medioambientales y la búsqueda constante de alternativas sostenibles, la movilidad eléctrica ha emergido como una solución prometedora para abordar los desafíos asociados con la contaminación del aire y la dependencia de los combustibles fósiles.

En este escenario, las motocicletas eléctricas se presentan como una opción viable y eficiente para la movilidad personal, ofreciendo beneficios tanto ambientales como económicos.

El objetivo principal de este trabajo es analizar y calcular materiales que se puedan reciclar y reutilizar para que el usuario pueda equipar una motocicleta, y transformarla a eléctrica si era a combustión o bien diseñarla desde el inicio como vehículo eléctrico. En nuestro caso, se profundizará el desarrollo en la primera opción.

En resumen, se desea proporcionar una visión integral y detallada sobre la motocicleta eléctrica, explorando no solo los aspectos tecnológicos, sino también los impactos en la sociedad y el medio ambiente. A través de este estudio, se busca contribuir al crecimiento sostenible de la movilidad personal y fomentar la adopción de motocicletas eléctricas como una alternativa viable para el usuario, y a su vez contribuir el cuidado del medio ambiente.

Marco teórico

Según un análisis internacional divulgativo que realizó la organización del EOM (El Orden Mundial) en el año 2016, pudieron determinar las emisiones de gases de efecto invernadero que son generados en el planeta. Lo hicieron recabando información de las distintas fuentes que emiten estos tipos de gases, y en una imagen como la siguiente puede observarse el gráfico que lo explica:

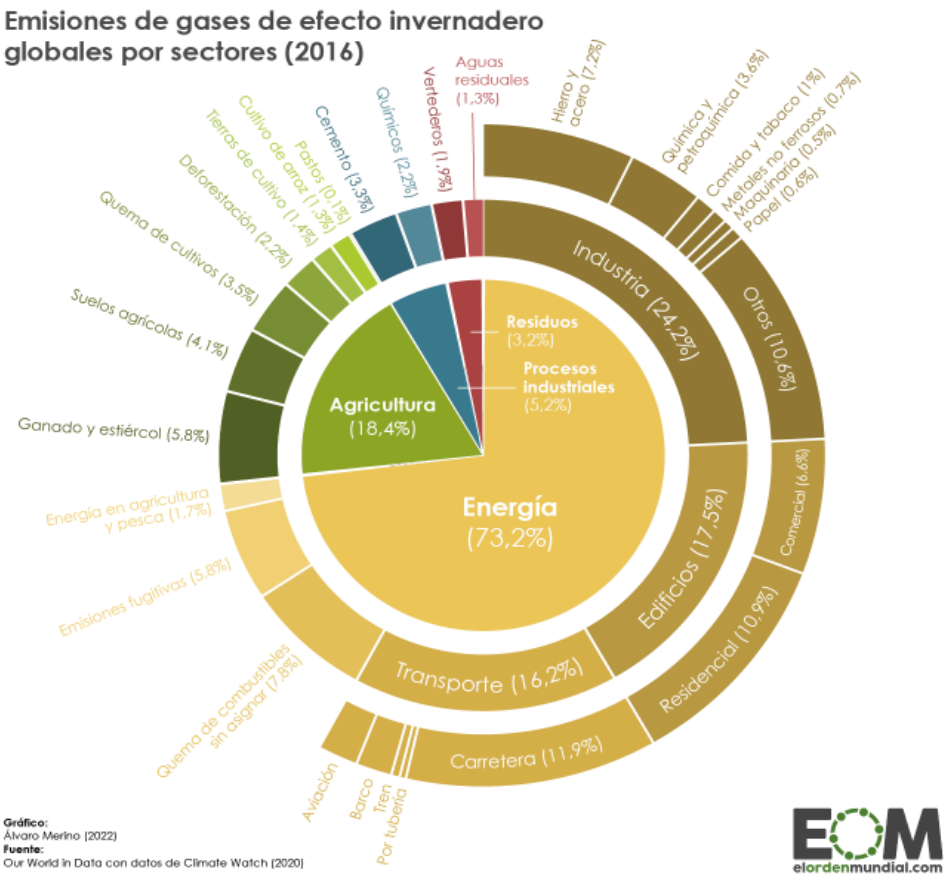


Figura N° 1. Emisiones de gases de efecto invernadero. Fuente: [1]

Cerca del 100% de la contribución negativa al cambio climático, el 73,2% lo ejecuta el rubro de la energía, y dentro de ese valor el 16,2% lo aporta el transporte. En carretera, es el 11,9%, es decir, casi el 12% del cambio climático es producido por los gases que emiten los autos, camiones, colectivos, motos, etc. Por lo tanto, para reducir estas problemáticas es crucial seguir atacando distintos agentes contaminantes que afectan al medio ambiente. Uno de ellos es aportar en el mundo de los vehículos eléctricos, por este motivo, se pretende presentar este proyecto de trabajo final que busca ahondar en el mundo de las motos eléctricas.

Las motos eléctricas desde hace tiempo tienen protagonismo en las calles, pero no en gran escala, lo que hace insuficiente brindar un cambio positivo a la problemática de la contaminación del medio ambiente. Su costo de adquisición es la causa principal por el cual aún no son un mercado masivo, sobre todo en Argentina. Además, en el país no se cuenta con demasiadas estaciones de carga de motocicletas eléctricas; Buenos Aires y la Plata son algunos de los lugares que tienen estas estaciones. Pero en muchas de las provincias de la Argentina aún está en etapa de iniciativa.

Una de las ventajas de elegir una moto eléctrica es que, el mantenimiento de un motor eléctrico durante su vida útil suele ser igual a cero: no hay que cambiar aceites, ni bujías, no hay que hacer regular válvulas, ni cambiar correas en su interior, no generan ruidos, etc.

Por un lado, el propósito va dirigido a mejorar el cuidado del medio ambiente, pero también se presenta un segundo inconveniente. La economía a nivel país en Argentina no es estable en la actualidad, esto lleva a que la compra de un vehículo ya sea a combustión o bien del tipo eléctrico sea muy encarecida, y en realidad lo es. Por todo lo anterior ya visto, se pretende realizar un análisis de materiales y elementos que puedan llegar a reciclarse y reutilizarse, calculando sus características y definiendo cuál de todos ellos puede llegar a emplearse para el equipamiento de una motocicleta eléctrica del tipo casera, y para finalizar el proyecto se hará un diseño del prototipo que podría a llegar a armarse con los materiales reciclables.

Motocicletas eléctricas en el mercado

Como se ha mencionado el valor de motocicletas es alto en Argentina, por ejemplo: un scooter eléctrico ronda entre los 3 y 4 millones de pesos argentinos, y una motocicleta 110cc a combustión cerca de 1,5 millones (con valores del año 2024).

Figura N° 2. Corven Mirage R2 110cc. Fuente: Mercadolibre

Figura N° 3. Siam Eléctrica N4. Fuente: Mercadolibre

Con valores aproximados a los anteriores, se puede observar que adquisición de vehículos tanto a combustión como eléctricos en Argentina, no es una propuesta y una decisión fácil de tomar. Por esta problemática, y teniendo en cuenta el deseo de aportar a la mejora del cuidado del medio ambiente, es que se pretende a través de este trabajo investigar, analizar, calcular y presentar diseño de alternativas para que el usuario pueda tomar materiales y elementos reciclables que se puedan reutilizar, y junto con la adquisición de otros insumos, poder llegar a equipar una motocicleta scooter eléctrica del tipo casera. Ahora bien, para equipar una motocicleta eléctrica es necesario conocer cuáles son las partes principales que la componen. Según la imagen que presenta FayerWayer, una página web especializada en noticias y artículos sobre tecnología, ciencia, entretenimiento, videojuegos y cultura digital; se observan las partes principales: Motor eléctrico, batería y controlador.

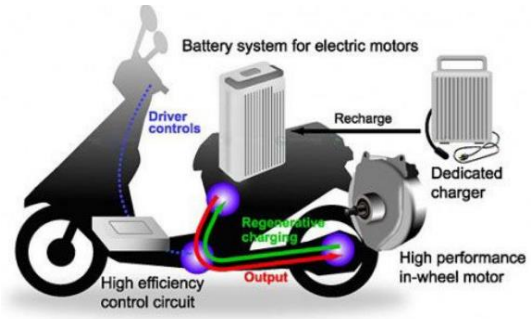


Figura N° 4. Partes principales de una Motocicleta Eléctrica.
Fuente: [2]

Para ir conociendo cada elemento que integra a un scooter eléctrico, se comenzará primero por los motores eléctricos, que tipos hay, sus prestaciones y aplicaciones y finalmente que motor conviene emplear a la hora de equipar una motocicleta eléctrica según el proyecto

CAPÍTULO 2: MOTORES

Para ingresar al segundo capítulo, se comenta acerca de los tipos de montajes de un motor eléctrico.

Algunas páginas [3], explican posibles montajes del motor, como así también las ventajas o desventajas:

Un motor eléctrico es capaz de transformar la energía eléctrica en energía mecánica para mover el vehículo. Están compuestos de un rotor y un estator.

Según donde vaya colocado el motor puede ser:

- Central, que va instalado en la estructura de chasis.
- De puje, que va conectado a la rueda trasera.

Este proyecto pretende entrar en los motores centrales, que más adelante se explicará y determinará cual será el propuesto por el informe.

Posibles montajes del motor

En lo que respecta al motor central es más costoso de montar, el motivo es que este motor no va acoplado a la rueda trasera, por lo que la moto necesitará un sistema de transmisión secundaria para pasar la potencia a las ruedas con una cadena o una correa. El motor tipo puje tiene como desventaja que desgasta más los neumáticos traseros de la motocicleta.

En cuanto a la fiabilidad, ambos tipos de motores son muy fiables al día de hoy. Sin embargo, los tipos puje, al ir acoplados a la rueda, absorben todas las vibraciones e irregularidades del terreno, y esto puede llegar a ser otra desventaja en lugares o ciudades donde existan baches o pozos en las calles.

La elección del motor central depende de la variedad de alternativas de motores que pueden llegar a utilizarse y que estén disponibles como elementos reciclables.

Rendimiento

En cuanto al rendimiento, los centrales son más potentes, lo que es normal, ya que no se limitan por la capacidad de giro de la rueda.

En este proyecto se pretende usar un motor central, porque se busca potencia, durabilidad y también que pueda ser instalado por alguien que tenga algunos conocimientos en mecánica, electricidad y electrónica.

Motores AC y DC

Existen dos tipos de motores que son empleados en motocicletas eléctricas. Los del tipo AC son los más comunes en las motocicletas del mercado. Según la tesis [4], en la pág. 32 se explica acerca de los motores AC:

Es aquel que funciona con corriente eléctrica en la que la magnitud y el sentido varían constantemente, este tipo de motores se utiliza en muchos campos industriales ya que tiene un excelente rendimiento, es sencillo y presenta bajos costos de mantenimiento.

Figura N° 5. Motor AC. Fuente: [5]

Los tipos de motores de corriente alterna son:

Motor Síncrono: Su velocidad de giro es constante y depende de la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté conectado y por el número de pares de polos del motor, siendo conocida esa velocidad como "velocidad de sincronismo". Este tipo de motor contiene electro magnetos en el estator del motor que crean un campo magnético que rota en el tiempo a esta velocidad de sincronismo. [6]

Motores Monofásicos y Trifásicos La diferencia principal entre estos dos motores es la instalación y la corriente que los hace funcionar, ya que usan corriente monofásica y trifásica respectivamente, además los motores monofásicos son usados para generar potencias pequeñas como por ejemplo 2 KW y los motores trifásicos son usados generalmente en las industrias porque generan mayor fuerza de trabajo y pueden ser usados como generadores. [7]

Por otro lado, se mostrarán algunos motores AC según la Tesis de grado, [8]:

El primero que explica la Tesis de Valencia es un motor tipo central (Motor de imanes permanentes), y el segundo es un motor de tipo puje (Motor Brushless).

Motores de imanes permanentes

Son motores que utilizan la combinación de campos magnéticos de los imanes y campos magnéticos del estator, donde el imán permanente produce un flujo magnético con una pequeña masa.

Estos motores deben colocarse en la estructura central de una motocicleta eléctrica. Los imanes permanentes son materiales, que poseen gran capacidad de almacenamiento de energía magnética, gracias al avance tecnológico estos materiales, han mejorado, son hechos de Samario (Sm) y Neodimio (Nd). Estos motores han llegado a ser similares al motor tipo Shunt, en su velocidad, torque y frenado regenerativo.

Estos motores ofrecen una alta eficiencia y un mejor rendimiento a altas velocidades. Son comunes en motocicletas eléctricas de alto rendimiento. Pero pueden ser más costosos. Este tipo de motor se encuentra colocado dentro del chasis.

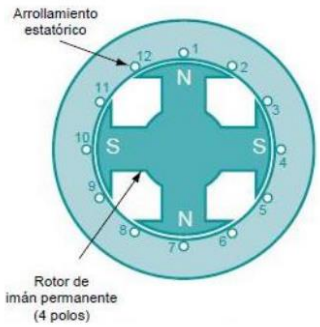


Figura N° 6. Motor de imanes permanentes. Fuente: [9]

Motores Brushless

Más eficientes y requieren menos mantenimiento. Su función es convertir la energía eléctrica en movimiento girando un rotor que está conectado a la rueda trasera de la moto, su posición sería de tipo puje. Su potencia va desde Hp bajos como 5 o 6Hp en Scooters, y hasta 107Hp en motocicletas deportivas. A continuación, se detallará una breve explicación de lo que es un motor Brushless extraída de la referencia [10]:

El motor Brushless también es conocido como: motor eléctrico sin escobillas, motor trifásico síncrono. El término síncrono es cuando la velocidad de giro del motor

es igual a la velocidad del campo magnético del estator. Contiene el estator que es la parte fija, donde se encuentra el bobinado, el rotor es la parte móvil, donde están los imanes permanentes, y el sensor Hall, que da lectura de la posición del rotor.

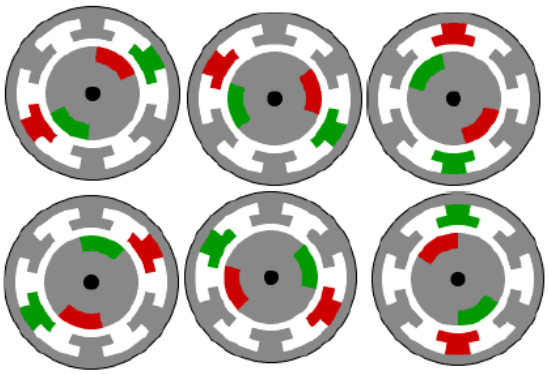


Figura N° 7. Principio de funcionamiento del motor Brushless.

Fuente: [11]

Este motor no tiene escobillas, la corriente pasa directamente por las bobinas del estator, creando un campo magnético, haciendo que aparezca una fuerza que hace girar al rotor, y por lo tanto al eje del motor. Este motor no opera directamente con corriente continua sino alterna, debido a que necesitan administración electrónica para funcionar.

El motor BLDC tipo Brushless, al ser más pequeño y liviano que un motor de escobilla y con la misma salida de potencia, es ideal para aplicaciones donde el espacio es reducido. El precio de este motor es costoso ronda alrededor de los 300.000$ en Mercado libre, gracias a su tecnología, estos son la mejor opción para transformar un vehículo de combustión a eléctrica. El precio también aumenta, porque llevan un controlador que es programable, y su funcionamiento es electrónico.

Son comunes en muchas motos eléctricas debido a su simplicidad y eficiencia. Al no poseer escobillas, son más eficientes y requieren menos mantenimiento. Su función es convertir la energía eléctrica en movimiento girando un rotor que está conectado a la rueda trasera de la moto.

Figura N° 8. Motor Brushless. Fuente: [12]

Motores DC

Algunas motos eléctricas utilizan motores de corriente directa. Su costo de fabricación es mucho menor. Su principal área de funcionamiento son las motos eléctricas de baja potencia. Utilizan la corriente continua para generar un campo magnético en el rotor. Cuando la corriente fluye a través del rotor, interactúa con el campo magnético del estator, generando un par motor que hace girar el rotor y, por ende, la rueda de la moto. Según la tesis [13], en la pág. 33 se explica un poco más acerca de un motor dc:

Desarrolla un alto torque a bajas revoluciones, está definido como una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción del campo magnético. Se compone principalmente de dos partes: el estator, que se encarga de dar soporte mecánico al aparato y contener los devanados principales de la máquina, conocidos también con el nombre de polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro; y el rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, alimentado con corriente directa mediante escobillas fijas, conocidas también como carbones. [14]

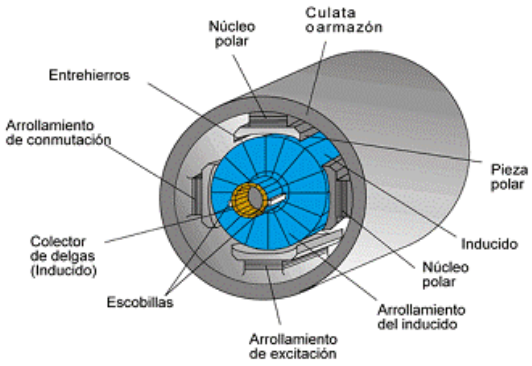


Figura N° 9. Motor DC. Fuente: [15]

Se citará otros párrafos de la tesis que hablan de los motores dc y sus configuraciones:

- Motores Tipo Serie: Este tipo de motores es el más implementado en las motocicletas eléctricas, debido a que estos permiten desarrollar un gran torque a mínimas revoluciones. Teniendo la capacidad de girar el sentido de la polaridad y funcionar como un generador para brindarle carga a la batería.
- Motores Tipo Shunt: Su funcionamiento está conectado en paralelo, es decir, “cuyo bobinado inductor principal está conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados inducidos e inductor auxiliar”, [16]. La mayoría de este tipo de motores eléctricos se utiliza para motocicletas y herramientas eléctricas.
- Motor Tipo Compound: También llamado de excitación compuesta, este tipo de motores es una combinación entre el motor a serie y shunt, “aquí una bobina inductora está conectada en serie con el inducido y la otra bobina inductora está conectada en paralelo con la misma”. [17]

Alternativas de motores para equipar una motocicleta eléctrica

Conociendo los motores que se emplean en motocicletas eléctricas, ahora se hará una investigación y análisis de que motores eléctricos pueden llegar a ser empleados en lugar de un motor comercial. Este análisis fue realizado por un canal de You Tube [18]. Donde explica que tipos de motores no se recomiendan para el uso de una bicicleta o moto eléctrica.

Burro de arranque

Este es un motor empleado para hacer arrancar un automóvil o motocicletas. A pesar que posee un gran número de revoluciones, tiene como gran desventaja que el consumo de corriente puede llegar a superar los 70 A en vacío. Su funcionamiento radica en cortos períodos de tiempo y no para lapsos de tiempo extensos, es decir, que su mecánica interna se desgastaría pronto y no soportaría un uso constante.

Figura N° 10. Burro de arranque. Fuente: [19]

Motor 775 dc

Son motores de continua que se pueden colocar en grupos de 4 o 6 motores. La motocicleta puede funcionar, pero le costará demasiado al grupo de motores cargar tanto peso, cabe agregar también que internamente el desgaste de piezas como el colector y las escobillas será rápido porque son piezas pequeñas.

Figura N° 11. Motor 775 dc. Fuente: Amazon

Motor de lavarropas

Estos motores son alternos a 220 Vac, es decir, que se necesita un inversor para que funcione. La problemática está en que se necesita colocar un pack de baterías para poner en funcionamiento el inversor y aun así genera caídas de tensión y consumos de corriente altos, próximos a los 50 A, sumado a lo peligroso que puede ser trabajar con 220 Vac.

Figura N° 12. Motor de lavarropas. Fuente: Mercadolibre

Motor de electroventilador de auto

Son motores de 12vdc que pueden llegar a funcionar, pero su problema es que no poseen una gran fuerza como para cargar el peso de una moto y a su vez el de una persona. Su funcionamiento es brindar enfriamiento al motor del auto por medio de las aspas del ventilador y no realizar una fuerza mecánica para mover un vehículo.

Figura N° 13. Motor de electroventilador. Fuente: Mercadolibre

Motores de taladro eléctrico, amoladora angular o sierras eléctricas

Son motores que se pueden acoplar fácilmente a un sistema de transmisión a piñon, pero con la particularidad de que trabajan a 220v y esto es peligroso si no se sabe cómo trabajarlo. Por otro lado, también son motores que consumen mucha corriente arriba de los 20 A en vacío y necesitan para su funcionamiento del apoyo de un inversor.

Figura N° 14. Motor de taladro eléctrico. Fuente: Mercadolibre

Figura N° 15. Motor de amoladora angular. Fuente: https://es.aliexpress.com/i/1005005845613127.html

Figura N° 16. Motor de sierra eléctrica. Fuente: Mercadolibre

Motor de destornillador inalámbrico

Este motor a pesar que tiene fuerza, lleva la dificultad que su velocidad es baja, además sus engranajes son de plástico y su vida útil será demasiado corta, se dañará con facilidad por el peso de una moto y el peso del usuario mismo. Su voltaje es continuo de 18v.

Figura N° 17. Motor de destornillador inalámbrico. Fuente: Mercadolibre

Alternador de auto

Se puede emplear como motor, tiene como ventaja que posee mucha potencia, y se puede regular su velocidad, pero como desventaja el alto consumo de corriente, alrededor de 35 A en vacío, y además necesita de un controlador para hacerlo funcionar. Posee 5 cables, 3 de ellos van al controlador, y los otros 2 van a la batería. Otra desventaja que tiene es que una vez transformado a motor, ya no puede volver a funcionar como alternador.

Figura N° 18. Alternador de auto. Fuente: [20]

Máquina eléctrica rotativa

Según [21], una máquina eléctrica rotativa puede ser de dos grupos: Si la máquina convierte energía mecánica en energía eléctrica se llama generador, mientras que si convierte energía eléctrica en energía mecánica se denomina motor.

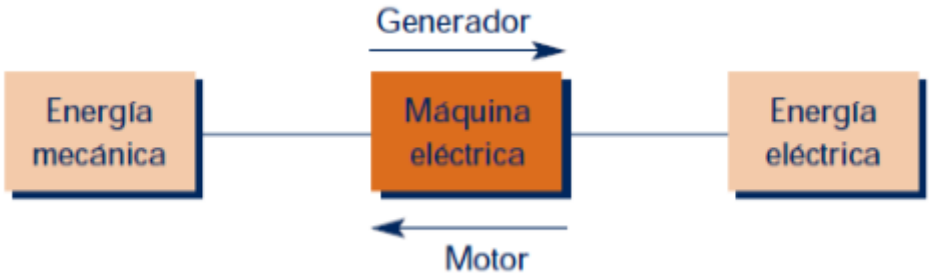


Figura N° 19. Máquina eléctrica rotativa. Fuente: [22]

En este informe se pretende estudiar a una máquina eléctrica rotativa como motor, más precisamente tomar un generador eléctrico y transformarlo a motor. El alternador y el dínamo son máquinas eléctricas rotativas y son generadores, pero como se vio el alternador tiene algunas desventajas para ser empleado como motor de un vehículo eléctrico, por lo tanto, se estudiará al dínamo y veremos sus ventajas y desventajas.

En lo que historia se refiere, desde el año 1970 los dínamos fueron totalmente reemplazadas por los alternadores, quedando fuera del mercado, pero con poder de reciclado. Los dínamos, funcionan a 12 y 24 V de corriente directa. La corriente que consume un dínamo de 24 V es alrededor de 21 A (en carga). Para saber la energía mecánica que entregará el dínamo se realizará el siguiente cálculo:

Potencia eléctrica entregada por el generador:

$$\text{Peléctrica} = 24\ \text{V x}\ 21\ \text{A} = 504\ \text{W}$$

Con una eficiencia energética (Ƞ) de 0,85 promedio, y conociendo la potencia eléctrica, podemos determinar la potencia mecánica que entregará el dínamo como motor:

$$\text{Pmecánica} = \text{Peléctrica x}\ \text{Ƞ}$$
$$\text{Pmecánica} = 504\ \text{W x}\ 0{,}9$$
$$\text{Pmecánica} = 454\ \text{W}$$

Con una potencia mecánica de 454 W, sería cercano a 1/2 Hp. Con esos Watts de salida el motor puede ser empleado en motocicletas o vehículos de gama media, que van desde los 500 W a los 1000 W, y que pueden llegar a una velocidad máxima aproximada de 25 Km/h. Estos generadores se encontraban en vehículos como Ford Falcon, Chevrolet, tractores, etc. El diseño de un dínamo, en principio, es igual al de un motor eléctrico. El rotor del dinamo es impulsado por el cigüeñal a través de un mecanismo de transmisión por correa trapezoidal. Dado que gira en un campo magnético se genera una tensión eléctrica. Ésta es transmitida a través del colector a las escobillas. La corriente entregada se regula con la ayuda de un regulador a una determinada tensión que, por norma general, suele ser de 12 V o 24 V. Sin este regulador la tensión variaría debido al cambio constante de las revoluciones del motor. Hasta los años 70 prácticamente sólo existían los dinamos de corriente continua. Estos tenían la ventaja de que eran capaces de generar corriente continua sin necesidad de componentes electrónicos adicionales. Sin embargo, también tenían un inconveniente, y era que sólo producían suficiente corriente cuando las revoluciones del motor eran altas. También existían algunos automóviles equipados con dinamos de corriente alterna (o alternadores). No obstante, su uso no logró consolidarse. Una vez que fue técnicamente posible fabricar rectificadores de corriente de alta potencia llegó el éxito del alternador trifásico. El cual produce suficiente corriente a un régimen de giro bajo, y por este motivo, se encuentran en todos los vehículos nuevos.

Figura N° 20. Máquina eléctrica rotativa dínamo Indiel 24 V. Fuente: Autor

Elección del motor

Ahora bien, se han mostrado algunos de los motores que pueden llegar a emplearse para equipar una motocicleta eléctrica, pero para saber cuál de todos ellos conviene para el equipamiento se hará un análisis de sus ventajas y desventajas.

1. Burro de arranque
2. Motor 775 dc
3. Motor de lavarropas
4. Motor de electroventilador de auto

5. Motor de taladro, amoladora angular y sierra eléctrica
6. Motor de destornillador eléctrico
7. Alternador de auto
8. Máquina eléctrica rotativa dínamo

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Tipo de motor	DC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
Consumo de corriente								
Potencia del motor (desde ½ Hp)								
Voltaje de seguridad 12 o 24 V								
Dimensiones y peso del motor								
Vida útil								
Velocidad Nominal (Rpm)								
Total	3	4	2	4	2	3	5	5

Tabla N° 1. Elección del motor. Fuente: Autor

Como resultado de la tabla de comparaciones, se observa que el alternador y la máquina eléctrica rotativa (dínamo) son los aparatos más recomendables para ser seleccionados como motor de una motocicleta eléctrica. La opción más rentable es el dínamo, ya que no necesita del uso de un controlador, y como se busca emplear materiales reciclables y no adquirir tantos componentes electrónicos, en este proyecto se propone emplearlo, además el consumo de corriente de un alternador es superior. El generador eléctrico dínamo de 24v, sería el propuesto como motor en el prototipo a futuro, su velocidad nominal llega a unas 1200 Rpm, estos generadores convertidos a motor consumen entre 5 y 8 A en vacío, dependiendo el modelo, y en carga pueden llegar a unos 21 A. El funcionamiento de esta máquina eléctrica es de transformar la energía mecánica, en energía eléctrica del tipo continua. En este caso, el dínamo se usaría de forma invertida. Al recibir energía eléctrica (dc) proveniente de la batería, comienza a funcionar como un motor y entrega la energía en forma mecánica, para luego transmitir el impulso a la rueda trasera de la motocicleta por medio de la trasmisión secundaria.

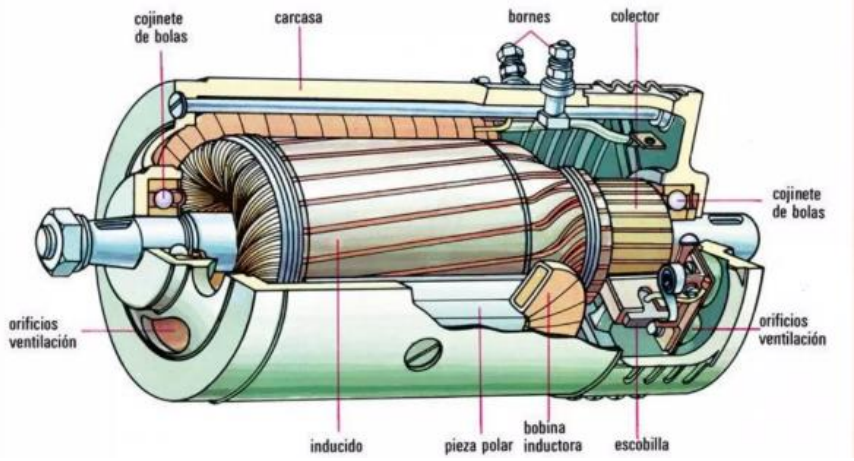


Figura N° 21. Interior de un dínamo. Fuente: [23]

Un dínamo aprovecha el fenómeno de inducción electromagnética. Para ello está dotada de un armazón fijo (estator) encargado de crear el campo magnético en cuya interior gira un cilindro (rotor) donde se crearán las fuerzas electromotrices inducidas. Tanto el rotor como el estator están bobinados. Esto permite un mejor control y rendimiento de la velocidad, par y eficiencia.

El estator consta de un electroimán encargado de crear el campo magnético fijo conocido por el nombre de inductor.

El rotor, es un cilindro donde se enrollan bobinas de cobre, que se hace girar a una cierta velocidad cortando el flujo inductor y que se conoce como inducido.

Por otro lado, existen dos tipos de dínamos; A y B (existe un tercer tipo llamado en combinación, pero dejo de emplearse porque no ofrecía buenos resultados; traía una tercera escobilla entre las otras dos que regulaba la tensión):

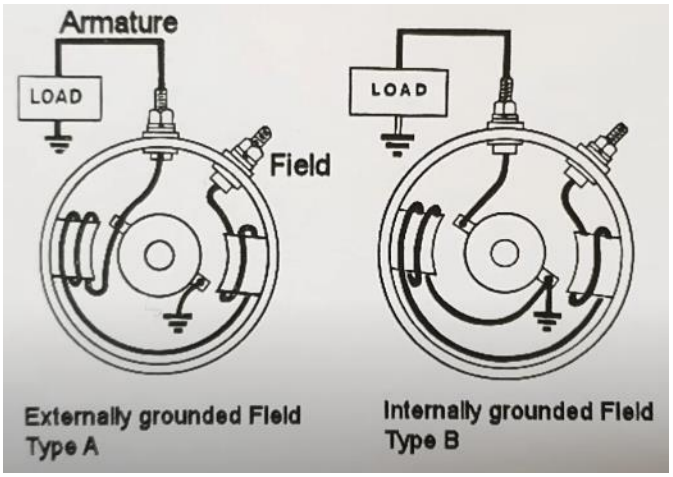


Figura N° 22. Tipos de dínamos. Fuente: [24]

En el tipo A el terminal de armadura pasa por una escobilla y sale por el terminal de campo y la otra escobilla va a tierra; mientras que en el tipo B, el terminal de armadura se une a una escobilla, y el terminal de campo va a la otra escobilla y de ahí a tierra. Para saber si un dínamo es tipo A o B se deben separar las escobillas del rotor, y luego con un multímetro medir la armadura y el chasis o la armadura y el campo, medimos continuidad y si arroja abierto es un tipo A, y si entrega continuidad es un tipo B. El uso de uno u otro tipo dependerá de la aplicación a realizar, pero ambos en conexión paralelo entregan aproximadamente 1200rpm. En conexión serie el tipo A puede llegar a más revoluciones. Exteriormente este aparato posee los terminales de campo, armadura y tierra.

Figura N° 23. Máquina Eléctrica Rotativa dínamo. Mercadolibre

Conexión eléctrica de la máquina eléctrica rotativa

- Tipo paralelo: esta configuración ofrece mayor fuerza y alrededor de 1200rpm.
- Tipo serie: ofrece un poco más de 500rpm, pero se le pueden hacer otras aplicaciones y ganar muchas más revoluciones. Este proyecto propone elegir la configuración eléctrica en paralelo.

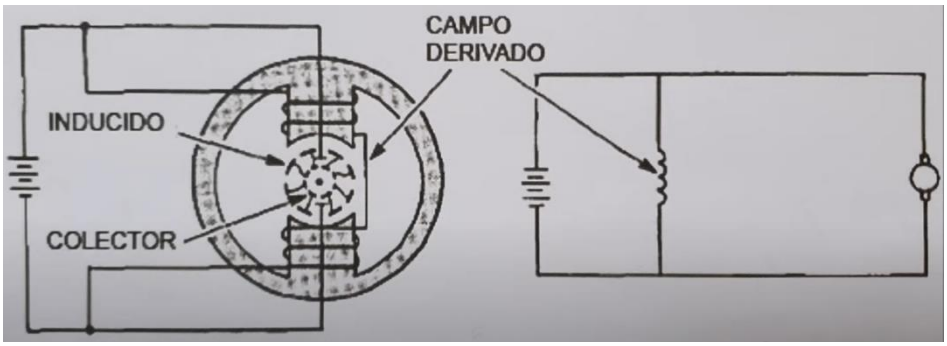


Figura N° 24. Conexión eléctrica en paralelo. Fuente: YouTube

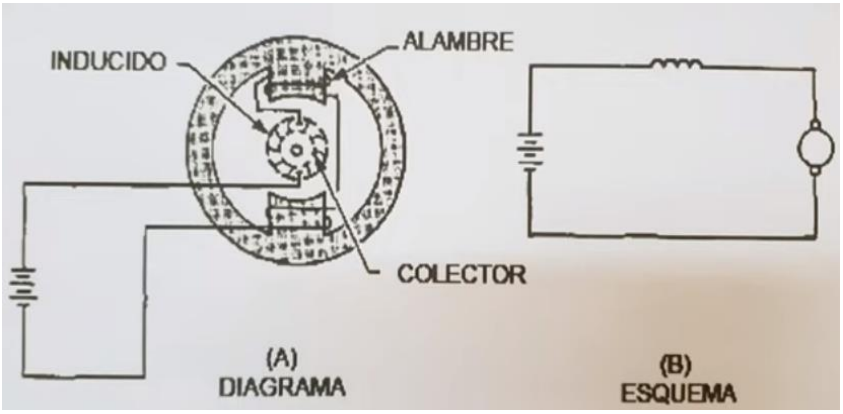


Figura N° 25. Conexión eléctrica en serie. Fuente: YouTube

Se puede observar en la primera imagen como el bobinado en paralelo sale de un extremo de la fuente hacia una escobilla, y con un puente derivado, se dirige desde la otra escobilla al otro extremo de la batería. En cambio, en una conexión en serie, la conexión es un continuo camino desde la fuente al bobinado y de ahí al otro extremo de la batería. Para concluir con este capítulo, la elección del motor dependerá de las necesidades del usuario del vehículo, en este caso se elige el dínamo como máquina eléctrica rotativa, y se pretende trabajar con una configuración tipo B en paralelo que llega a unos 1200 rpm aproximadamente de velocidad nominal.

CAPÍTULO 3: CONTROLADORES

Según la tesis [25], en la pág. 33, los controladores para motos eléctricas son dispositivos que regulan y controlan el flujo de energía eléctrica desde la batería hasta el motor eléctrico. Algunas de las áreas en las que trabajan son:

- **Velocidad**

Regula la velocidad del motor eléctrico al variar la cantidad de corriente entregada al mismo.

- **Torque**

Regula la cantidad fuerza de giro que el motor eléctrico produce cuando la tensión va aumentando en forma progresiva evitando el cambio brusco de par.

- **Freno regenerativo**

Gestiona la función de frenado regenerativo, que convierte la energía cinética de la moto de nuevo en energía eléctrica y la almacena en la batería.

Figura N° 26. Controlador. Fuente: [26]

Los controladores son los encargados de decir el orden en el que tienen que encenderse los diferentes bobinados para que el motor gire, transmite la potencia desde la batería hacia el motor. Según la Tesis [27], en la pág. 30, se explica la existencia de los dos tipos de controladores que existen, con párrafos citados:

- Controlador de Estado Sólido: Elemento electrónico que permite cambiar instantáneamente el sistema de encendido, por otro lado, también logra manejar la velocidad del motor. La frecuencia de conmutación más alta crea una operación

suave del motor. Esto hace que sean silenciosos, generalmente incluyen algún tipo de limitador de corriente para proteger el motor contra daños.” (Calupiña, 2020, p. 40). [28]

Figura N° 27. Controlador de estado sólido. Fuente: Amazon

- Controlador Programable: Es de los más comunes en el medio y se utilizan en vehículos eléctricos para realizar acciones como encendido y apagados; rapidez de conducción, diferentes modos de conducción, límites de velocidad y control de torque.

Figura N° 28. Controlador programable. Fuente: Amazon

Además, existen dos tipos de tecnologías en los controladores, el estándar y el sinusoidal. El primero trabaja con onda tipo cuadrada, mientras que el segundo ya lo hace con onda sinusoidal, trabajando mejor en la disminución de vibraciones del motor. Sus valores económicos son diferentes, un sinusoidal es mucho más costoso, pero ofrece mayor rendimiento.

Un controlador estándar entrega toda la potencia del motor o potencia cero, en cambio un sinusoidal puede variar la potencia del motor, es decir, su velocidad de salida de forma más precisa. La tecnología estándar es propia de un controlador de estado sólido, mientras que la onda sinusoidal es característica de un controlador programable.

Controladores y sus precios

A continuación, iremos conociendo algunos de los precios en el mercado de los controladores de velocidad (que rigen en septiembre del 2024).

El primer controlador es de estado sólido, y tiene un valor de $142.000. Puede trabajar en 48 V/ 60 V/ 64 V:

Figura N° 29. Controlador 500 W. Fuente: Mercadolibre

En segundo lugar, se mostrará un controlador de la marca Yadea de 36 V y 6 A, su costo es de $102.000:

Figura N° 30. Controlador Yadea. Fuente: [29]

Por último, se presentará un controlador de onda sinusoidal. Su valor alcanzaba los $1.500.000 pesos argentinos:

Figura N° 31. Controlador de Onda Sinusoidal. Fuente: Mercadolibre

Los primeros dos controladores son de onda cuadrada, mientras que el tercero es mucho más eficiente al ser de onda sinusoidal pero también su costo aumenta demasiado. Estos últimos, son aparatos que ofrecen muchas aplicaciones, pero si solo se pretende hacer funcionar una motocicleta eléctrica, para frenar y acelerar, con el siguiente aparato ya podemos cumplir dichas necesidades.

Alternativas para controlar la velocidad del motor

Entonces, ¿Que dispositivo conviene emplear para el equipamiento de la motocicleta eléctrica? Los controladores de las motocicletas eléctricas son muy costosos, y con muchas aplicaciones, pero si solo se busca acelerar el vehículo, se pretende utilizar controladores de velocidad para motores dc.

Figura N° 32. Controlador de velocidad para motor dc. Fuente: Mercadolibre

Un pwm (pulse with modulation – modulación por ancho de pulso) es una forma de controlar señales analógicas y digitales, que se aplica, por ejemplo, para variar la energía enviada a una carga. En señales digitales, emplea datos binarios, (ceros - unos, altos - bajos, encendido – apagado), permitiendo modular el ancho de pulso de la señal de alimentación, es decir, puede controlar la velocidad de motores dc, porque varía el

tiempo durante el cual se aplica la tensión a lo largo de un ciclo de trabajo. Este dispositivo tiene un costo mucho menor a un controlador, pero también su valor dependerá de las características técnicas del motor. Un controlador como el de la figura 31 tenía un costo de $18.769, y el segundo controlador su valor es de $50.000.

Figura N° 33. Controlador de velocidad para motor dc 60 V 20 A. Fuente: vanacell

Figura N° 34. Controlador de velocidad para motor dc 50 V 40 A. Fuente: Mercadolibre

También, existe la opción de diseñar un controlador de velocidad propio y experimental para motores dc. Un ejemplo, se muestra en la figura a continuación, donde veremos principalmente el uso de un transistor Mosfet, y el integrado 555:

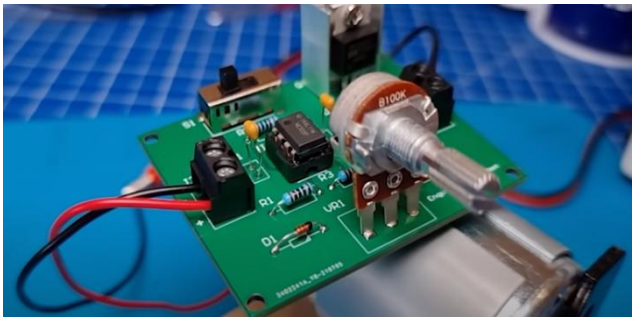


Figura N° 35. Controlador de velocidad experimental. Fuente: YouTube

A continuación, se explicarán las partes que conforman un controlador experimental y como las mismas se conectan entre sí. El corazón de esta placa es un circuito integrado, el temporizador 555. Su voltaje de alimentación es entre 4,5 y 16 V, con una corriente de salida 200 mA. Se puede colocar una fuente de tensión del tipo down, a la salida de la batería, para que al 555 le llegue un voltaje menor dentro de su rango de trabajo.

El temporizador 555 debe estar en modo astable, para funcionar como un oscilador, generando una señal de onda cuadrada continua. En este modo, no tiene un estado estable y cambia constantemente entre dos estados, alto y bajo. Este comportamiento se usa para generar señales de reloj, PWM, y otras formas de onda de salida. Como el 555 maneja corrientes muy bajas, para protegerlo va ser necesario emplear un transistor mosfet en modo interruptor o bien un transistor bjt. Un mosfet empleado para el proyecto puede ser un tipo IRFZ24N, que trabaja con una corriente de drenaje continua máxima de 17 A, posee una resistencia de 0,07 Ω, y un voltaje de ruptura del drenaje a la fuente de 55 V, (para un dinamo, que consuma alrededor de 21 A, un mosfet tipo IRLZ44N, puede ser el correcto, porque soporta 47 A). El mosfet puede controlar tanto el voltaje como la corriente, teniendo una resistencia de drenaje fuente. Su función es bloquear el flujo de corriente para que el motor no gire, sin embargo, si aplicamos un pequeño voltaje al terminal de puerta permitirá que fluya algo de corriente, por ende, cuanto más voltaje se aplique, más corriente podrá fluir y el motor girará más rápido. El integrado 555 proporcionará el voltaje al terminal de puerta del mosfet desde el terminal 3 para variar el voltaje y controlar la velocidad del motor, el envío lo hará en forma de pulsos, cada pulso durará un período de tiempo. Como la señal por momento entrega voltaje y por otro está apagado, el mosfet ofrecerá el voltaje medio, y esto en breve, es la modulación por ancho de pulso.

Además, para proteger los componentes, se hace uso de resistencias de 1kΩ entre el terminal de puerta del mosfet y el terminal 3 del temporizador, también se coloca

otra resistencia del mismo valor en el descargue de corriente de la puerta del mosfet. La placa deberá llevar también dos conectores, uno para conectar el motor, y el otro para conectar la batería. Se le puede agregar además un interruptor general que encienda y apague la placa. El motor tiene bobinas, y puede compararse con un inductor, el cual al dejar de recibir energía se colapsa y entrega un conjunto de electrones que puede ser peligroso para la placa, entonces se colocan diodos para protegerla. El diodo 1n 4007 puede emplearse porque maneja grandes picos de corriente. Para controlar el voltaje, y por lo tanto el intervalo de tiempo, se coloca un capacitor cerámico de 10nf. Cuando el capacitor se conecta a una fuente alimentación se carga instantáneamente, entonces es necesario colocarle una resistencia, para que su carga se retrase. Se coloca una resistencia fija, y una variable, (un potenciómetro). Este último, es otro componente que forma parte de esta placa, su función es variar el tiempo de carga del capacitor. Para reiniciar el temporizador, se deben añadir dos diodos 1N4148, uno de carga y otro de descarga que soportan una corriente máxima de 300 mA. Lo que sucede con el capacitor es lo siguiente, cuando la salida del flip-flop interno del 555 es baja, el transistor está apagado por lo que el capacitor se carga y el voltaje comienza aumentar, y cuando lo hace lo suficiente el flip-flop está en alta y el transistor descarga el capacitor y así se reduce el voltaje. El ciclo de carga y descarga del capacitor crea una onda en forma de diente de sierra y el 555 emite una onda cuadrada, que es modulada por el ancho de pulso; y así en resumen queda explicado el funcionamiento de un pwm. A continuación, se mostrará el circuito completo de conexión:

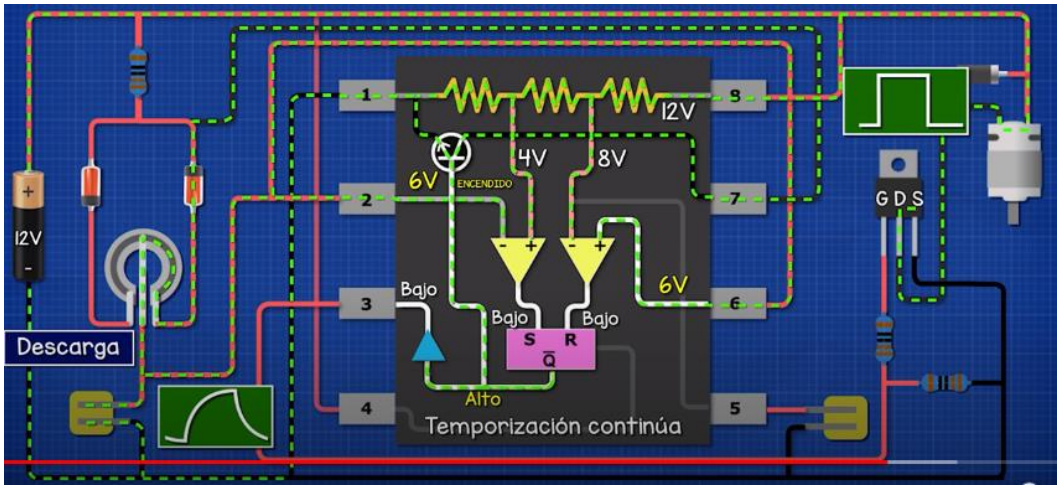


Figura N° 36. Conexionado completo. Fuente: YouTube

Ahora bien, la salida física para comandar la velocidad del motor es el potenciómetro, pero una motocicleta eléctrica necesita de otro tipo de comando para variar su velocidad, como por ejemplo un acelerador de puño o de tipo gatillo. Entonces, la placa debe reemplazar el potenciómetro por alguno de los aceleradores mencionados. Estos aceleradores traen tres cables, dos de alimentación y uno de señal para los sensores de efecto hall que traen los motores de bicicleta o motocicleta eléctrica. A continuación, se presenta a modo de ejemplo de prototipo un controlador pwm con acelerador de puño o de monopatín realizado por un canal de you tube [30].

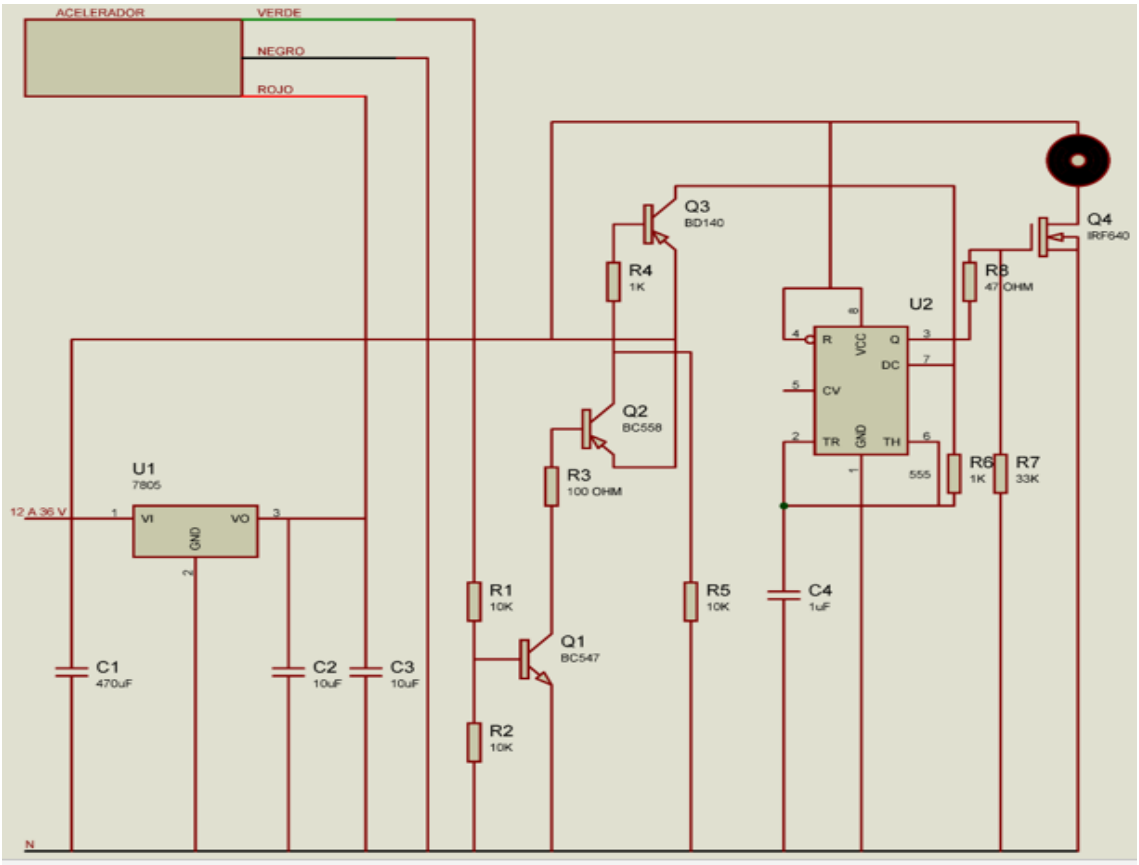


Figura N° 37. Diseño gráfico de PWM con acelerador de puño o de monopatín en Proteus.
Fuente: Autor

Por medio del software de diseño electrónico Proteus, se diseñó el circuito de pwm. Este circuito es comandado con acelerador de puño o de monopatín. Su uso en particular es, para motores de 12 a 36v. A la entrada del 7805 (U1), se conectará la batería de 25.9 V y 21 A, y en su salida entrega 5 V. Luego, se muestra un acelerador con tres cables que salen de él, rojo, negro y verde. El acelerador funciona a 5 V, por lo tanto, este debe conectarse a la salida del transistor 7805 (U1), y así funcionar entre 0 y 5 V. El cable negro del acelerador se conecta a neutro, y el cable verde es el que entrega la señal cuando se acelera desde el 0 V a los 5 V. Además, este cable se dirige

a la base de un transistor BC547 NPN (Q1) que responde a un divisor resistivo para que no dispare continuamente.

La salida del colector se vincula con el siguiente transistor, el BC558 (Q2) PNP, y de la salida de este, el circuito continúa a otro transistor, en este caso uno de potencia el BD140 (Q3), que está siempre en modo de disparo y se conecta a través de su salida al terminal 7 del 555. Cuando se ejecuta el acelerador, el equipo de transistores y las resistencias permiten que no llegue demasiada corriente al 555, que está conectado en modo pwm. Luego, la salida del terminal 3 del 555 se conecta con transistor Mosfet IRF640A (Q4), el cual es de 6 A, y si se requiere más potencia se colocan más de estos transistores en paralelo (5 en total que llegaría a 30 A, para soportar la corriente de consumo del motor de 21 A). También puede emplearse un mosfet IRLZ44N que soporta hasta 47 A como corriente máxima de salida en su drenaje. El drenaje del mosfet controla la velocidad del motor suministrándole la corriente que comande el acelerador de puño. Es decir, que la corriente controla la velocidad del motor. La otra la salida del motor va al positivo de la batería.

Todos los capacitores colocados, sirven para entregar una señal más limpia y estable, y pueden ser cerámicos o electrolíticos. El proceso de variación de velocidad es similar al de la placa con potenciómetro, por ende, se puede aplicar este diseño con acelerador de puño al vehículo eléctrico.

Ahora bien, luego de las pruebas en protoboard, la placa puede ser diseñada con múltiples softwares, como Proteus, Eagle, Altium, etc; y su fabricación física, lo puede realizar una persona con conocimientos en el tema, o se puede mandar a construir como circuito PCB y luego solo queda la etapa de conexionado por medio de un soldador tipo estaño o Cautín.

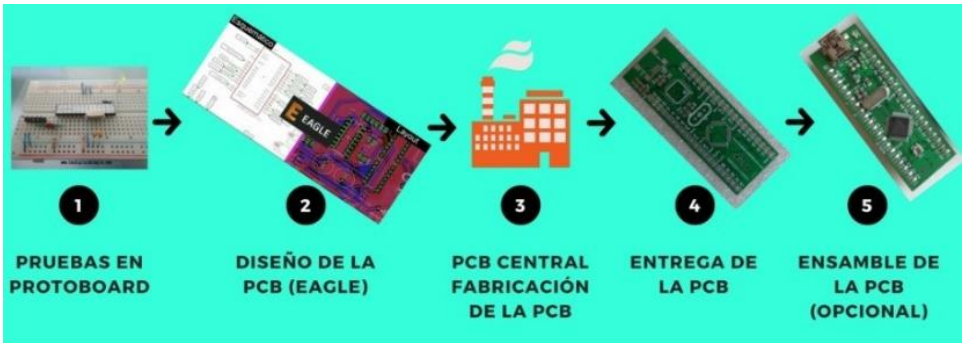


Figura N° 38. Pasos de construcción de placa PCB. Fuente: [31]

Otra forma de realizar el control de velocidad, sería reemplazar el integrado 555 por algún microcontrolador programable, como un Arduino uno, que entrega una señal PWM, pero también hay que protegerlo, por ejemplo, a la salida del Micro se puede colocar un optoacoplador, el cual irá conectado al gate del mosfet, y de aquí al motor respectivamente.

CAPÍTULO 4: BATERÍA

Ya se presentó el motor, el controlador, ahora es el turno de la batería para continuar con el equipamiento de la motocicleta eléctrica.

El mundo de las baterías es un tema que está en pleno proceso de evolución, buscando siempre la mejor autonomía, peso, vida útil, y demás características que hacen a la batería un elemento fundamental en un vehículo eléctrico. Entre las baterías del mercado, según la página de internet [32], se pueden encontrar las siguientes:

- **Baterías de Litio:** Estas son las baterías más comunes en las motos eléctricas debido a su alta densidad energética, peso ligero y larga vida útil. Las baterías de litio son conocidas por su eficiencia y capacidad de carga rápida.

Figura N° 39. Batería de Litio. Fuente: Amazon

- **Baterías de Plomo-Ácido:** Aunque son menos comunes en las motos eléctricas modernas debido a su mayor peso y menor densidad energética en comparación con las baterías de litio, todavía se utilizan en algunas motos eléctricas económicas. Son más pesadas y tienen una vida útil más corta en general.

Figura N° 40. Batería de Plomo - Ácido. Fuente: [33]

- **Baterías de Níquel-Metal-Hidruro (NiMH):** Estas baterías fueron populares en el pasado, pero han sido en gran medida reemplazadas por las de iones de litio. Aun así, algunas motos eléctricas más antiguas pueden utilizar baterías NiMH.

Figura N° 41. Batería de Níquel – Metal – Hidruro (NiMH). Fuente: eBay

Con el paso del tiempo los tipos de baterías han ido evolucionando, y el desarrollo de las mismas se ha mejorado en cuanto a características de rendimiento, peso y sostenibilidad. Ha sido entonces, cuando han entrado en juego las baterías de gel y de grafeno.

- **Baterías de Gel:** Constituyen un tipo mejorado de batería de plomo-ácido. Utilizan un electrolito en forma de gel en lugar de líquido, lo que las hace más seguras y menos propensas a fugas. Aunque son más pesadas que las baterías de litio con una capacidad similar, lo que podría afectar el rendimiento y la maniobrabilidad de una moto eléctrica, requieren menos mantenimiento que las baterías de plomo-ácido tradicionales.

Figura N° 42. Batería de Gel. Fuente: Mercadolibre

- **Baterías de Grafeno:** Representan una tecnología en desarrollo que emplea el grafeno, una forma de carbono, en lugar de materiales convencionales en las celdas de la batería. El grafeno cuenta con propiedades excepcionales de conductividad eléctrica y térmica, lo que lo convierte en una opción prometedora para baterías más eficientes y de alto rendimiento. Es importante destacar que aún

se encuentran en las fases tempranas de desarrollo y comercialización, y su adopción masiva en motos eléctricas y otros vehículos está por determinar.

Figura N° 43. Batería de Grafeno. Fuente: Mercadolibre

Elección de la batería

Características	Litio	Plomo-Ácido	NiMH	Gel	Grafeno
Peso					
Vida útil (menos de 5 años)					
Carga 24V					
Autonomía					
Costo					

Tabla N° 2. Gráfico comparativo. Fuente: Autor

Realizando una comparativa de las baterías de motos eléctricas, vemos que la más factible para hacer el equipamiento, son las baterías de litio. Pero para septiembre del 2024, su precio es muy alto, llegando a los $535.497 para una batería de 24 V 22 A.

Figura N° 44. Batería de Litio de 24 V 22 A. Fuente: productosintegra

Se propone que el usuario pueda equipar su motocicleta eléctrica armando su propio pack de batería de litio, con pilas reciclables y reutilizables. Pero antes que todo, se hablará de las pilas de litio.

Existen dos tipos de celdas de litio, las Li-Ion, y las Li-Po. A continuación, se muestra una tabla comparativa:

Pilas de Litio	Li-Ion	Li-Po
Ventajas	Alta densidad de energía. Menores costos.	Robusta y flexible. Dimensiones reducidas.
Desventajas	Inflamable. Con el tiempo pierde sus propiedades.	Costo de manufactura más alto. Almacena menos potencia. Vida útil corta.

Tabla N° 3. Diferencias entre una batería Li-Po y Li-Ion. Fuente: [34]

Se propone elegir las pilas de litio Li-Ion, porque su costo es mucho menor por unidad. En imagen se visualiza de la siguiente manera:

Figura N° 45. Pila de Litio Li - Ion. Fuente: hissuma-materiales

Dentro de estas celdas se encuentra el litio, que es un metal alcalino, altamente reactivo y liviano, lo que lo hace atractivo para aplicaciones en baterías. En Argentina, existe una gran reserva de este mineral, pero actualmente como principales exportadores son Australia, Chile y China como países en el mundo. Se extrae principalmente de tres fuentes: salmueras, rocas ígneas y minerales de espodumeno y lepidolita.

El voltaje nominal de una celda de litio es de 3,7 V, voltaje máximo de 4,2 V y 3,2 V de mínimo.

Las baterías deben ser tratadas con cuidado ya que, en casos extremos, pueden experimentar problemas de seguridad como el sobrecalentamiento o la

inflamación. Por eso, existen sistemas de gestión de baterías (BMS), para reducir el riesgo de problemas relacionados con la seguridad.

Las pilas de litio se pueden reciclar y ser reutilizadas, pero deben emplearse todas aquellas celdas que posean un similar voltaje para poder equipar un pack de batería. Las más empleadas de las celdas son las 18650, que su número significa: 18 mm de diámetro, 65 mm de longitud, y el 0 indica que su forma es cilíndrica, es decir, este número indica las características físicas de la pila. El amperaje que maneja este tipo de celda es de 2200 mAH, y una sola de ellas tiene un valor de $3.300 para septiembre del 2024.

Opciones para armar un pack de batería

Para armar un pack de batería de litio, se necesitan muchas de estas pilas, pero para saber cuántas de estas celdas se necesita primero saber qué tipo de batería es la que se necesita. Para saber el voltaje y la corriente que llevará el pack, debe conocerse el motor a impulsar con dicha batería. Como se ha venido estudiando la máquina eléctrica rotativa como motor para equipar una motocicleta eléctrica, y sabiendo que, para una moto de baja potencia como un scooter, se puede emplear un motor de 24 V que en vacío consume 8 A y en carga alrededor de 21 A, entonces el pack de batería que se emplearía sería un 7S10P, con celdas de 3,7 V de voltaje nominal y 2,2 AH, se llegaría a unos 25,9 V y 22 A suficientes para impulsar el vehículo eléctrico. Con la configuración 7s10p la autonomía sería la siguiente:

- **Capacidad del pack**: 22Ah.
- **Consumo del motor**: 21A.
- **Autonomía**: $\frac{22\ \text{Ah}}{21\ \text{A}} = 1.05\ \text{hs}$ o aproximadamente 60 minutos (1 hora) de uso continuo a plena carga.

Sabiendo los valores de la batería, ahora se debe llegar al valor de 25,9 V y 22 A y eso se puede lograr con celdas de litio en serie y en paralelo. En serie el voltaje aumenta y en paralelo la corriente es la que aumenta. Cuando se conectan pilas en paralelo, se están conectando los terminales positivos entre sí y los terminales negativos entre sí. En esta configuración el voltaje entre los terminales de las pilas es el mismo, pero la capacidad de corriente total aumenta. Además, si hay más pilas en paralelo, hay más caminos para que la corriente fluya, lo que reduce efectivamente la resistencia total del sistema.

Entonces si una celda tiene un voltaje nominal de 3,7 V, y si multiplicamos este valor por 7, llegaremos a 25,9 V. Si ahora, multiplicamos 2,2 A por 10, tendremos 22 A.

$$(3{,}7\ V) \times 7 = 25{,}9\ V$$

$$(2{,}2\ A) \times 10 = 22\ A$$

Es decir, que el pack conformado es de 7 celdas en serie y 10 en paralelo, o bien mejor conocida como una batería 7S10P. Cabe agregar que la capacidad de descarga aproximada de cada celda es de 10 A, pero como son celdas recicladas, su capacidad tendrá un valor estimado de 6 A, y si multiplicamos este valor por las 10 celdas en paralelo, tendremos 60 A de capacidad de descarga, suficientes para cubrir los 21 A de consumo del motor.

$$(6\ A) \times 10 = 60\ A$$

Con este cálculo se pudo determinar que se necesitan 70 celdas de litio, según el siguiente cálculo. Y si sabemos que una celda cuesta alrededor de $3300 pesos, entonces:

$$7 \text{ celdas en serie} \times 10 \text{ en paralelo} = 70 \text{ pilas de litio}$$

$$70 \times 3300 = \$\ 231.000$$

Es decir, que para poder armar un pack se necesitan más de doscientos mil pesos y todavía sin agregar la protección del BMS, cableado, soldadura, etc. Por este motivo, es que se propone reciclar celdas de litio. Un lugar para encontrar y reciclar celdas de este tipo son los service técnicos de pc's, que poseen baterías de computadoras, como netbooks y notebooks. El precio en que se las puede conseguir será mucho menos o bien gratuito en ciertos casos, y además reciclando se contribuye con el medio ambiente disminuyendo su contaminación. A continuación, se mostrará el tipo de baterías de pc's que poseen estas celdas de litio:

Figura N° 46. Baterías de pc portátil. Fuente: Autor

Figura N° 47. Interior de una batería de pc portátil. Fuente: Autor

Lo siguiente sería reconocer si todas las celdas estás aptas para el armado del pack de batería. Para ello se debe retirar celda por celda y verificar que no estén en malas condiciones, y luego medir su voltaje con un instrumento de medición, como el multímetro. Una batería de litio completamente cargada debe indicar alrededor de 4,2 voltios. Si la lectura del voltaje es significativamente inferior, es posible que la batería esté descargada o en el peor de los casos, dañada, si algunas de ellas tienen un valor por debajo de 1 V es recomendable no emplearlas, porque su reciclado no sería el óptimo, por ello, se propone elegir todas aquellas celdas que arrojen valores cercanos al voltaje nominal, es decir, 3,7 V por lo mínimo. Las celdas seleccionadas luego deben someterse a un proceso de carga, y de allí determinar cuáles de ellas se descargan con facilidad y cuales pueden alcanzar su voltaje máximo. Si se observa que el proceso de prueba de las cargas de las celdas, su voltaje no llega al voltaje nominal, se deben desechar y seguir buscando cuales de ellas lo alcanzan o mejor aún lo superan. A continuación, las imágenes detallan el proceso de selección de celdas:

Figura N° 48. Pila de Litio reciclable. Fuente: Autor

Figura N° 49. Organización de celdas por sus cargas. Fuente: Autor

Una vez obtenidas las celdas, el siguiente paso es armar el pack. Para llegar a un pack de 25,9 V y 22 A, se deben determinar la cantidad de celdas en serie (suma de voltaje), y en paralelo (suma de intensidad). Sabemos que el voltaje nominal de una celda de litio es de 3,7 V y su corriente de 2,2 A. Entonces, en serie se deberían poner 7 celdas y se llegaría a los 25,9 V y 10 celdas en paralelo para llegar a los 22 A. Cabe aclarar, que el pack propuesto es una opción, pero ello no quiere decir que sea la mejor, más adelante se determinará qué tipo de configuración de pack de batería sería el más conveniente para cargar la batería.

Por medio de un croquis en AutoCAD, se verá un ejemplo de cómo se podrían colocar las celdas, para el pack de 7S10P. Esta configuración muestra dos vistas: una superior donde se observa una fila conectada al positivo, y una vista inferior que permite ver la conexión del negativo. Las líneas indican la conexión a través de la soldadura, la cual puede ser con agregado de material (estaño) o a punto empleando tiras de Níquel.

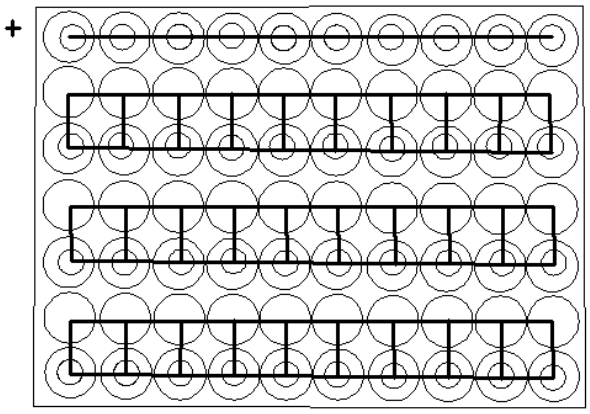


Figura N° 50. Vista superior. Fuente: Autor

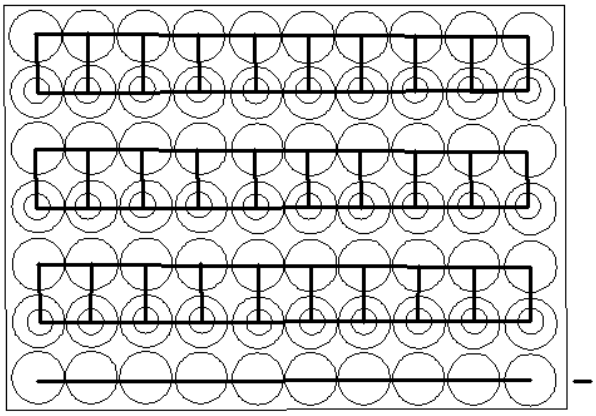


Figura N° 51. Vista Inferior. Fuente: Autor

En forma práctica y utilizando el estaño como material para soldar las celdas, y cobre para unirlas, se observa cómo podría quedar un pack de batería:

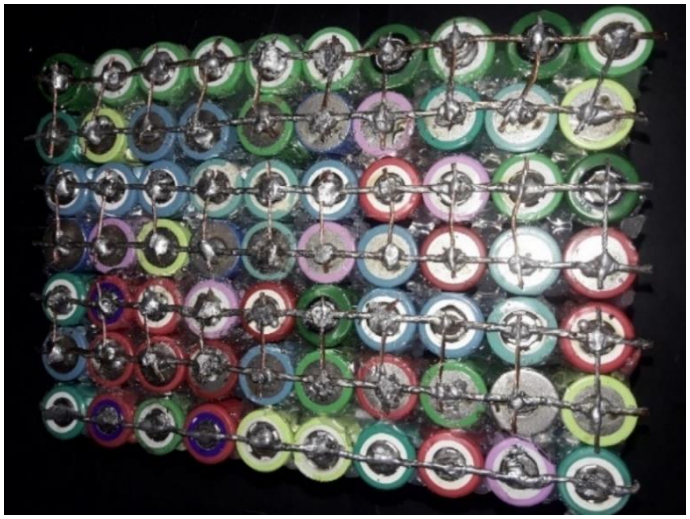


Figura N° 52. Pack conformado. Fuente: Autor

Bms (Battery Management System)

Una vez que el pack queda conformado, una de las protecciones que podría emplearse para cuidar la vida útil de las celdas, es un dispositivo electrónico denominado BMS (Battery Management System), o bien sistema de gestión de baterías. Su función principal es supervisar y controlar varios aspectos de la batería para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente.

Según la Tesis [35], en la pág. 15 describe: Un sistema de baterías depende absolutamente de la salud de las celdas que lo conforman, siendo imprescindible un sistema que al menos corte la carga y descarga del sistema cuando una de sus celdas

llega a cierto nivel de tensión. Esta función la cumple el BMS, que monitoriza todas las tensiones de las celdas y evita que sean sobre descargadas y dañadas.

Hay que tener en cuenta, que las celdas de litio con el paso del tiempo van descargándose y esto implica que su vida útil variará dependiendo de la calidad que posea cada celda a la hora de reciclarla. El SOC (State of Charge, estado de carga), es un valor de medida de las celdas que permite determinar cuanta carga posee una celda. A continuación, se muestra una imagen con un ejemplo real de celdas de litio y su descarga en el tiempo, cabe agregar, que el BMS mantendrá el cuidado de las celdas hasta que ellas se agoten:

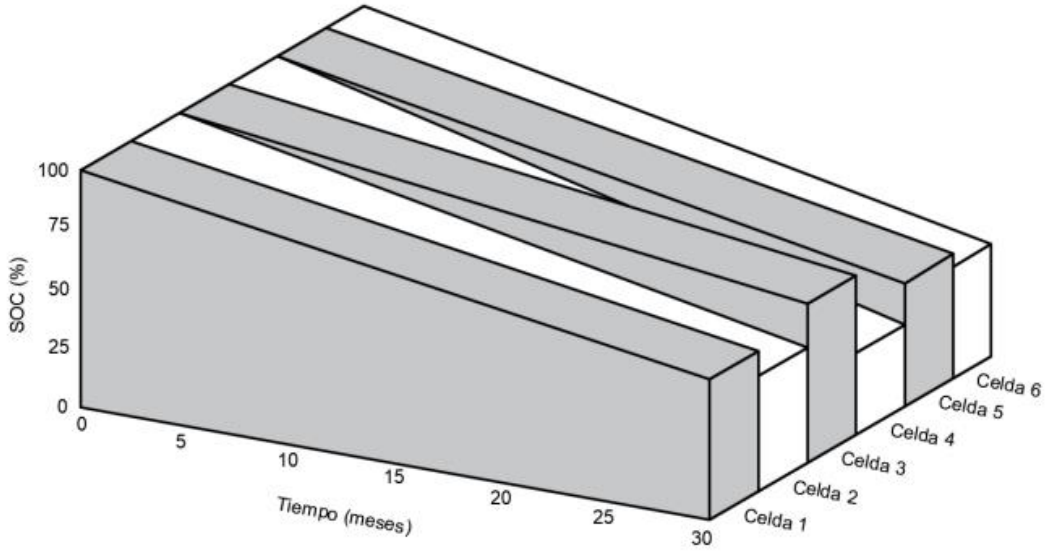


Figura N° 53. Pack de baterías real autodescargandose con el paso del tiempo. Fuente: [36]

“Así pues, es necesario un sistema que sea capaz de medir las tensiones de cada celda individualmente, cortar la tensión de carga/descarga si es necesario, y balancear el SOC de las celdas para maximizar la energía almacenada del pack. Para esta labor se crearon los BMS, que son capaces de realizar estas funciones, y otras, con el fin de optimizar el sistema y protegerlo”.

Figura N° 54. BMS. Fuente: Amazon

Como se observa en la imagen anterior, el BMS soporta una corriente de carga de hasta 15 A y de 30 A de descarga hacia la salida, suficientes para la demanda del motor y la entrada del cargador a presentar. Posee cable de balanceo de carga para el equilibrio de celdas, y los dos cables restantes el azul y el negro tienen las siguientes funciones; el cable negro va a la salida de descarga, y el azul va al polo negativo del pack de batería, los demás cables de sección pequeña, 7 rojos y uno negro, van dirigidos a las filas del pack, juntos con el cable balanceador. El precio de un BMS de estas características en Mercado libre ronda alrededor de los 55mil pesos argentinos en septiembre del 2024.

Para poder colocar el pack de batería en una motocicleta se recomienda que lleve una protección exterior. Se le puede cubrir con cinta kapton, la cual es una película de poliamida (componente químico que se mantiene estable en un amplio rango de temperaturas, hasta 250°C, por su buena propiedad de retardante a la flama y posee buena resistencia mecánica). También para mayor protección, se suele colocar el pack dentro de una lámina termocontraíble, y así protege a todo el pack. Todo ello puede ir en el interior de un recipiente como una caja donde cubramos al pack, su conexión y su BMS. Esta caja debe ser de un material liviano, durable, resistente a los esfuerzos mecánicos y a los efectos del clima, por estos motivos se puede emplear algún polímero. Existen máquinas encargadas de realizar recipientes u objetos de forma tridimensional, como las impresoras 3D. Estas emplean distintos tipos de polímeros, entre ellos están el PLA, ABS, PCL, PET, etc. Para este caso, se podría emplear PLA, por su buen precio, facilidad de impresión, resistencia y rigidez. El diseño de la caja puede hacerse en softwares como Solidworks, Fusión 360, etc, o bien descargarse un diseño ya realizado desde alguna página de internet, como Cults, MyMiniFactory, All3DP, y demás; luego cambiar los parámetros de diseño desde una plataforma de impresión, como Cura despendiendo de la necesidad del usuario.

Un ejemplo de esta caja extraído desde Cults, y modificado en Cura, es presentado en las imágenes siguientes:

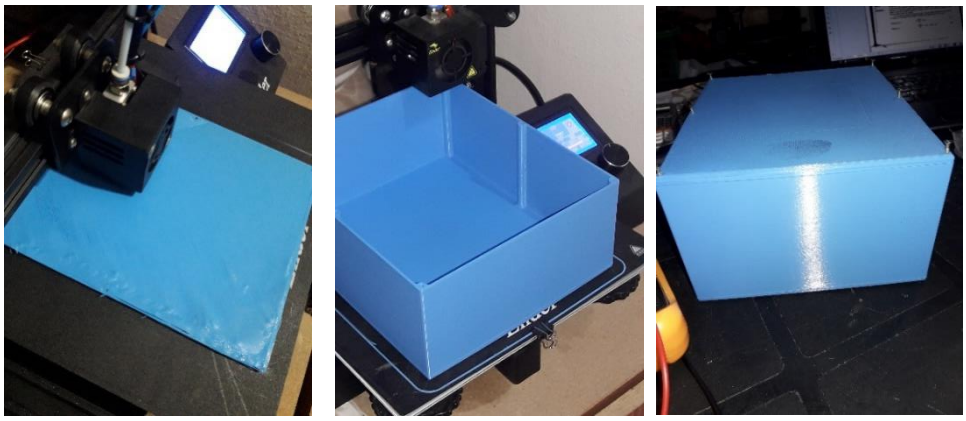


Figura N° 55 al 57. BMS. Proceso de elaboración de recipiente de batería en Impresora 3D.
Fuente: Autor

Cargador

Para el motor mencionado de 24 V 21 A, y con una batería de 25.9 V 22 A, queda determinar el cargador que se necesita para cargar dicha batería. Se debe conocer la configuración de la batería para determinar el cargador a utilizar:

Con una 7s10p el voltaje llega a 25,9 V (si es que las celdas tienen una carga de 3,7 V nominal), pero en el proceso de carga seguramente la carga total de cada celda podría ser próximo a 4,2 V, pero como son pilas recicladas se promedia que el voltaje de carga completa de cada una de ellas puede llegar alrededor de los 3.9 V, y así la batería alcanzaría 27.3 V, y así se necesitaría un cargador superior a 24 V, que no llegaría a cargar completamente la batería, y como solución se debería colocar un elevador de tensión DC-DC a la salida del cargador para llegar a los 27.3 V deseados, o también adquirir un cargador con salida de voltaje más alta y así cubrir la necesidad.

Por otro lado, para realizar la carga del pack lo que se puede realizar, es una carga por partes, es decir, tomar el pack 7s10p y separarlo en un 3s10p y uno 4s10p. Entonces con un cargador de 24 V que puede cargar desde los 12 V a los 24 V, puede usarse para cargar los packs. Con la misma analogía anterior, el pack 3s10p con 3.9 V llegará a los 11.7 V, que con una salida de 12 V del cargador ya se podría cargar; y para el caso de el pack 4s10p con 3.9 V se tendrá 15.6 V, que esta vez con una salida de 16 V del cargador ya el segundo pack se cargaría. Pero antes se determinar el cargador, se conocerán algunos de ellos con sus precios.

Cargadores en el mercado

Dentro del ámbito comercial existen diversos tipos de cargadores que están disponibles a la venta, a continuación, se presentan algunos (sus valores están de acuerdo al mes de septiembre del 2024):

Este cargador con varias aplicaciones en Amazon marca Schumacher DSR140, tiene un costo de $219.000.

Figura 58. Cargador Schumacher DSR140. Fuente: Amazon

Luego este tipo de cargador de 24 V 10 A, también tiene un valor cercano a los $33.000.

Figura 59. Cargador 24 V 10 A. Fuente: menisale

Por último, se muestra el precio de un cargador universal para notebooks y netbooks, que bien su finalidad no son las motos eléctricas, pero también podrían emplearse para tal fin, ya que las baterías de las pc's son llevan en su interior celdas de litio. Su valor es alrededor de $11.250, en Mercado libre, y hay hasta de $20.000 según su vendedor.

Figura 60. Cargador universal. Fuente: Mercadolibre

Observando algunos precios de cargadores comerciales, se analizará a continuación si es factible o no diseñar o construir un cargador de baterías de litio del tipo casero.

Alternativa de construcción de cargador

En el trabajo final de grado [37] se observa el diseño y construcción de un prototipo de cargador para baterías de litio, cuyo esquema se muestra a continuación:

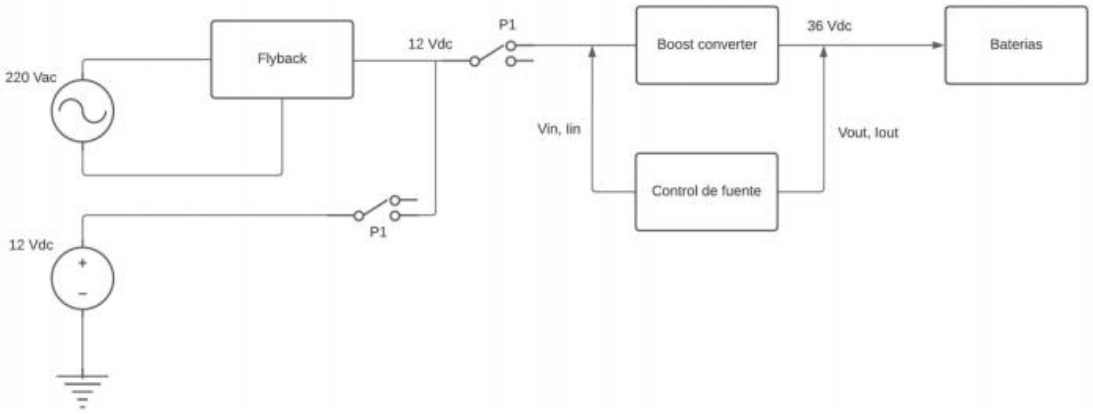


Gráfico 1. Prototipo de cargador para baterías de Litio. Fuente: Tesis Medina

Como se observa en la imagen, este cargador presenta dos alimentaciones: una alterna y otra continua (que puede ser suministrada por una batería de auto), por ejemplo; la segunda puede emplearse en casos donde no haya energía a 220 Vac y deba cargarse la batería de la motocicleta, entonces con una batería de otro vehículo se le podría transferir energía a la motocicleta. Este prototipo lleva en una parte inicial un convertidor tipo Flyback, el cual recibe energía alterna y la convierte a continua, y fue empleado porque posee aislación galvánica, protegiendo al circuito y a su vez al usuario, de no estar afectado a los 220 Vac. Una vez que se obtienen los 12 Vdc, se realiza una elevación de tensión por medio de una fuente Boost, entregando en su salida 36 Vdc, sin descartar una realimentación que controla esta fuente, ya que la misma no posee aislación galvánica. El control lo realiza el microcontrolador STM32 verificando las variables de salida y de entrada al Boost Converter, y entrega una salida directa a través de un PWM que está conectado a un transistor Mosfet. A su vez, también el prototipo incluye un control PI para que la salida no posea errores en el tiempo y se acomode al valor deseado por el PWM. Cabe agregar, que este prototipo también necesita de protecciones tanto en la entrada como en la salida, fusibles, etc. Realizar un cargador casero de este tipo es posible, pero conlleva muchas horas de trabajo, estudio, precisión, se necesita conocimiento acerca del tema, y además lleva su costo, no se descarta, pero la decisión la tiene el usuario de la motocicleta.

Propuesta del cargador universal

Este es un cargador de otras características, pero que puede cumplir con las prestaciones que se solicitan. Recordando que el informe presenta materiales que se pueden reutilizar, reciclar, o bien emplear, se presenta en este caso a un cargador universal para notebooks o netbooks, que quizás su uso no está dirigido para cargar baterías de motocicletas, pero están disponibles en diversos hogares. Como las pc's portátiles tienen baterías formadas por celdas de litio, puede un cargador de estas características ser empleado en un vehículo eléctrico con baterías de litio. A continuación, una imagen lo presenta:

Figura 61. Cargador Universal 24 V. Fuente: Mercadolibre

Estos cargadores son económicos, su precio ronda los $20.000 pesos en Argentina, y abundan en toda la región. En Amazon, como en diversas empresas de compra y venta en el internet, también hay en existencia.

Características técnicas:
- Cargador de plástico ABS.
- 8 puntas intercambiables.
- Potencia de 12v a 24v.
- Multivoltaje de salida.
- Indicador LED de voltaje.
- Protector de sobrecarga.
- AC adaptador (entrada) 110 a 240v-70w. 50/60Hz; 1.3 A
- DC adaptador (salida) 12v/15v/16v/18v/19v/20v/24v: (12-19v) = 4.5 A; (20-24v) = 5 A

Hay que aclarar que la batería propuesta es de 25,9v y el cargador ofrece como salida máxima 24vdc, entonces una opción sería: que el pack de batería podría particionarse en dos grupos de 12v, cada uno con su BMS respectivamente, y así cargar con mayor eficiencia las celdas de litio, usando un voltaje de salida del cargador universal conveniente para cada pack. Normalmente, se recomienda que el voltaje del cargador sea aproximadamente un 10-20% mayor que el voltaje nominal de la batería para garantizar una carga adecuada y evitar daños, por lo tanto, un 20% de 12v es 2,4v, es decir, que se podría emplear la salida de 15v del cargador para cargar los 14,4v de cada grupo de baterías, pero se mencionó anteriormente que las celdas de litio pueden llegar a cargarse a un voltaje promedio de 3.9 V, y como podría particionarse la batería en un pack 3s10p y uno 4s10p, para el primer pack tendríamos un voltaje de 11.7 V, y sumándole un 20% quedarían 14.04 V, es decir, que con los 15 V del cargador

cargaríamos el primer pack. Para el segundo pack 4s10p, tenemos que su voltaje queda en 15.6 V, pero si le sumamos el 20%, quedarían 18.72 V, y así con la salida de 19 V del cargador se alimentaría al segundo pack. Esta opción de seccionar el pack 7s10p es recomendable, porque si se desea usar los 24vdc de salida del cargador, la batería se cargará, pero no de forma completa. Además, emplear un cargador de este tipo es una opción sencilla y fácil de usar por el usuario, de bajo costo y que en las mayorías de los hogares se encuentra a disposición.

Otra alternativa sería dejar la batería de 24v en un mismo pack y emplear un cargador superior de 29,4v, pero estos cargadores se encuentran sobre todo en páginas de internet, no se encuentra disponible en los establecimientos comerciales minoristas de barrio, sino más bien en locales altamente especializados.

Figura 62. Cargador 29.4 V y 2 A. Fuente: aliexpress

Este tipo de cargador es de 29.4 V y 2 A, y puede ser empleado para motocicletas, coches de juguete y cuatriciclos. Su precio en AliExpress ronda alrededor de los $12.000 pesos argentinos. También, se podría tomar el cargador de 24 V y hacer una elevación de voltaje con un convertidor de tensión Boost DC-DC, que puede llevar los 24 V al voltaje de salida 29.4 V, y así realizar una carga completa de las celdas de la batería 7s10p. Sin embargo, este informe recomienda tomar el pack 7s10p y sectorizarlo en 3s10p y 4s10p, y así poder emplear el cargador tipo universal.

Tiempo de carga de la batería

Como el pack de batería es un 7S10P, para particionarla en dos grupos se puede por un lado hacer un pack de 3S10P, y el otro grupo de 4S10P, cada uno con su BMS, y luego unir las salidas de los packs y así obtener la batería completa de 25.6 V y 22 A (valores nominales). Se observa que las salidas de 15 Vdc y la de 19 Vdc del cargador universal, pueden ofrecer una corriente de carga de 4.5A. Para celdas de 2.2 A, una corriente de carga segura suele ser 0.5 a 1. Para 0.5, sería 1.1A por celda. Con

10 celdas en paralelo, son 11 A, dado que 4.5 A es menor que 11A, este cargador está dentro de los límites seguros y no dañará las celdas. Entonces, el tiempo de carga del pack de 3s10p y el de 4s10p, por la configuración de 10p que son 2 A, va ser el mismo, solo que el de 3s deberá cargarse a 15 V por su configuración de 3 celdas en paralelo (+20% de carga de protección), y por otro lado el pack de 4s podrá cargarse a 19 Vdc, también con el mismo voltaje de protección agregado. Ambas salidas, 15 Vdc y 19 Vdc entregan 4.5 A de carga, por lo tanto, según la siguiente fórmula los tiempos de carga de los packs serán iguales:

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{\text{Capacidad de la batería (Ah)}}{\text{Corriente de salida del cargador (A)}}$$

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{22\ \text{Ah}}{4.5\ \text{A}} = 4\ \text{hs y}\ 53\ \text{min}$$

Ese tiempo es de un pack, pero como ambos son 10p, y tendrán la misma capacidad de batería en amperios, entonces el tiempo de carga será igual en ambos. Asi que, tomamos un tiempo y lo multiplicamos por 2, y quedaría el tiempo total de la batería cargada:

(4 hs y 53 min) x 2 = **9 hs y 46 min**

Ahora bien, si se decide emplear el segundo cargador de 29.4 V y 2 A para la batería completa de 25.6 V y 22 A, la fórmula quedaría representada de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{\text{Capacidad de la batería (Ah)}}{\text{Corriente de salida del cargador (A)}}$$

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{22\ \text{Ah}}{2\ \text{A}} = \mathbf{11\ hs\ y\ 30\ min}$$

Se observa, que el tiempo de carga del segundo cargador es demasiado, por lo tanto, se va a realizar una tabla comparativa entre ambos cargadores para determinar cuál sería más conveniente emplear, de ahí en más el usuario podrá elegir por su propia cuenta, cabe agregar, que, para cargar los 2 packs, también podrían emplearse 2 cargadores universales en simultáneo, y así disminuir el tiempo de carga a la mitad para la batería completa:

Características	Cargador Universal	Cargador de 29,4 V
Costo	$20.000	$12.000
Costo de adaptación para motocicleta	Necesita 2 BMS: entre ambos el precio sería alrededor de $12.000	Necesita 1 BMS: su valor es cerca de $51.000
Tiempo de carga	9 hs y 46 min	11 hs y 30 min
Disponibilidad de compra	En diversos locales e internet	En internet
Seguridad	Mayor control porque trabaja con menos voltaje	Se emplea más voltaje y hay que tener mayor cuidado por las celdas

Tabla 4. Cargadores. Fuente: Autor

Se concluye que, según las ventajas y desventajas de los cargadores presentados, este informe propone emplear 2 packs de baterías de litio, uno de 4s5p y otro de 3s5p que luego se unirán a la salida para llegar a un voltaje de salida igual a 25,9 V y 22 A (Nominales), que alimentarán al motor de la motocicleta. Para ello el cargador universal será el mejor propuesto para este tipo de proyecto presentado, porque podrá cargar en menor tiempo la batería completa, y además su disponibilidad, protección y costo presentan sus ventajas. Cabe agregar, que existen en el mercado otros tipos de cargadores que pueden realizar el proceso de carga de manera mucho más rápida y eficiente, hasta quizás en 1h, pero su costo también aumentará, por ello, este estudio busca soluciones simples, sencillas y de menor costo.

CAPÍTULO 5: KIT MOTO ELÉCTRICA, TRANSMISIÓN Y CONEXIÓN ELÉCTRICA

Los kits de conversión de motocicleta eléctrica son otra opción a la hora de equipar una motocicleta. Suelen incluir componentes como motores eléctricos, baterías, controladores, cables y otros accesorios necesarios para la conversión. Algunos de ellos pueden ser diseñados para ser instalados por los propios usuarios, mientras que, para otros, se necesita de conocimientos técnicos más avanzados y se requiere la ayuda de un profesional en el tema. Antes de realizar cualquier compra, se recomienda investigar y comparar diferentes opciones para encontrar el kit que mejor se adapte a las necesidades y presupuesto del usuario. Además, se deben verificar las leyes y regulaciones locales relacionadas con la conversión y el uso de motocicletas eléctricas en el área.

Figura 63. Kit moto eléctrica. Fuente: etrotter

Estos kits tienen diferentes precios, como ejemplo, el que se observa en la imagen superior tiene un valor de $955.000 en septiembre del 2024, e-trotter es su marca y está diseñado para bicicleta eléctrica. Hay diversas marcas, y algunas de ellas se están iniciando. Existe la marca e-core que es Argentina, y ofrecen para conversión de motocicletas eléctricas.

Figura 64. Kit moto eléctrica e-core. Fuente: [38]

Transmisión de la motocicleta eléctrica

Hemos visto, el motor, la batería, el controlador, el cargador, el BMS, los ciclomotores, el kit de conversión, y ahora es el turno de la transmisión de la motocicleta. Según un video de you tube [39], existen 2 tipos de transmisiones para una motocicleta: La transmisión primaria y la secundaria.

La transmisión primaria o “caja de cambios”, es la encargada de adaptar las revoluciones del motor a la velocidad de salida que requiera el conductor. Por otro lado, se encuentra la transmisión secundaria, que relaciona el eje del motor con la rueda trasera del vehículo.

En esta última, es donde se hará el análisis y cálculo para determinar el tipo de sistema que mejor se adapte a las necesidades del conductor y de la motocicleta.

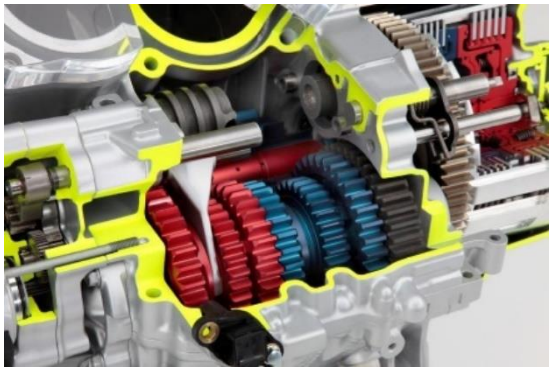


Figura 65. Transmisión primaria. Fuente: [40]

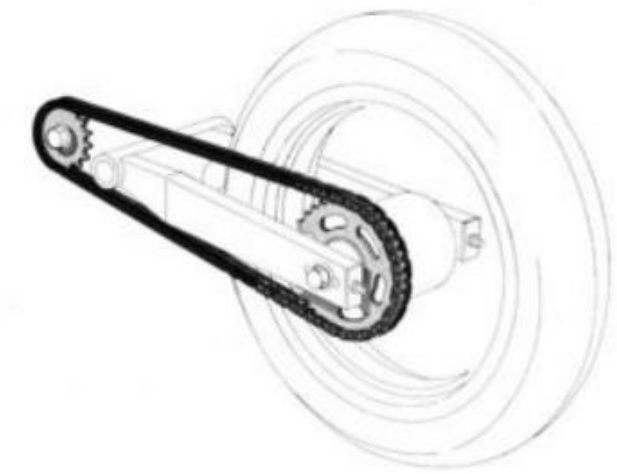


Figura 66. Transmisión secundaria. Fuente: [41]

Para este estudio primero se deben definir los 3 tipos de sistemas de transmisiones secundarias existentes:

- A cadena
- A correa
- A cardan

Figura 67. Transmisión a Cadena. Fuente: [42]

Figura 68. Transmisión a Correa. Fuente: [43]

Figura 69. Transmisión a Cardan. Fuente: [44]

Análisis y cálculo de la trasmisión secundaria

La cadena como sistema de transmisión, es la más utilizada para las motos (sobre todo, para las más potentes), porque es sencillo de emplear, es más eficaz, y absorbe muy poca potencia, es el menor costo, pero tiene algunas desventajas: como la duración, ya que su vida útil es menor, comparada con los demás sistemas, además, se le debe realizar mantenimiento de engrasado y regulación en su tensión.

Para el segundo caso, se produce una sustitución de los piñones por platos dentados y la cadena por la correa, produciéndose así un andar más silencioso. Su uso va destinado a motos de menor potencia. Su costo es similar al de la cadena, pero con la diferencia que aquí el mantenimiento es menor, solo su tensión debe ser revisada, pero son más frágiles. Por ello, frente a motos de gran potencia, par, o tracción, no serían las más indicadas. Sin embargo, para motos menos exigentes en esos aspectos, pasan a mostrar más ventajas que inconvenientes.

Por último, para el caso del cardan; posee mayor robustez, menor mantenimiento y es más limpio que la cadena porque no tiene salpicaduras de aceite. Algunos de sus inconvenientes, son el peso y el costo.

A continuación, se muestra un cuadro comparativo donde se ven las ventajas y desventajas de los tres sistemas de transmisión secundaria para motos de uso urbano y de baja potencia:

	Cadena	Correa	Cardan
Para motos de mayor potencia	SI	-	-
Para motos de menor potencia	-	SI	-
Para motos que necesitan hacer mayor fuerza o tracción	-	-	SI
Menor costo	SI	SI	-

No necesita ajuste de tensión	-	-	SI
No genera ruido	-	SI	-
Durabilidad	-	SI	SI
Peso liviano		SI	-
TOTAL	2	5	3

Tabla 5. Tipos de transmisiones secundarias. Fuente: Autor

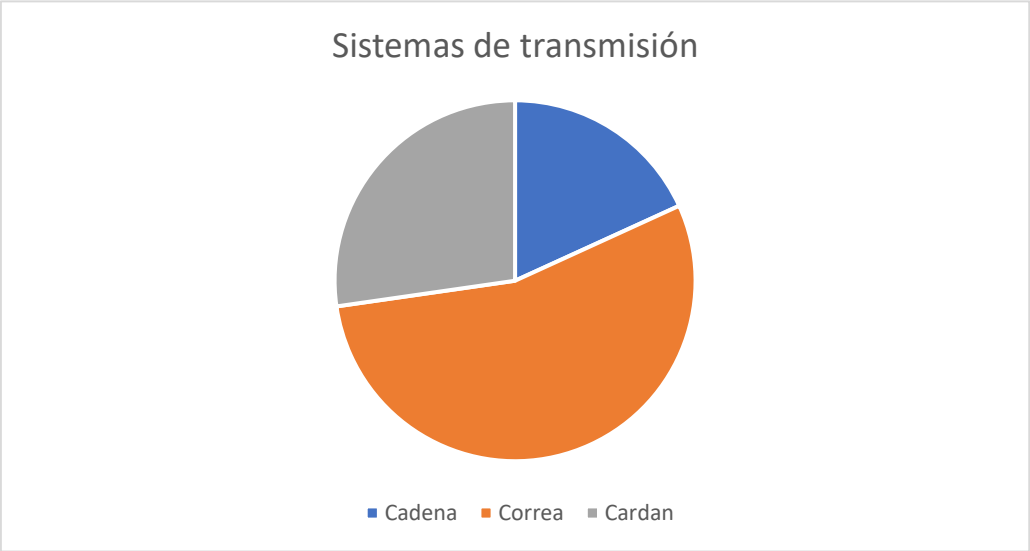


Gráfico 2. Sistemas de transmisión. Fuente: Autor

En función de los valores arrojados, el mejor sistema de transmisión a elegir para una moto scooter de baja potencia y de uso urbano, es el de la correa.

A continuación, se debe analizar cuáles son los tipos de correas que se pueden llegar a emplear en la transmisión secundaria de la motocicleta eléctrica:

- Correas lisas poly V:

Las correas en V son el tipo más común. Vienen en diferentes tamaños y perfiles, y son adecuadas para motos de menor cilindrada y scooters.

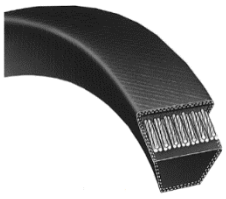


Figura 70. Correa tipo v. Fuente: [45]

Las correas poly V obtienen su nombre de su forma trapezoidal, lo que ayuda a encajarse en las poleas. Los cordones, son tensores fibrosos sintéticos trenzados, comprimidos con caucho sintético, que forman una correa con resistencia y flexibilidad. Las correas trapezoidales clásicas son capaces de cubrir un rango de carga desde fraccional (menos de 1 HP) hasta 500 caballos de fuerza. Fuente: [46]

La ventaja con respecto a las correas dentadas es que son más económicas.

- Correas dentadas:

Las correas dentadas, también conocidas como correas de distribución, se utilizan en algunas motos para transmitir potencia desde el motor a la rueda trasera. Permiten mayor flexión y también mantienen la temperatura de operación en un valor más bajo. Suelen ser en V, o trapezoidales, y también rectangulares.

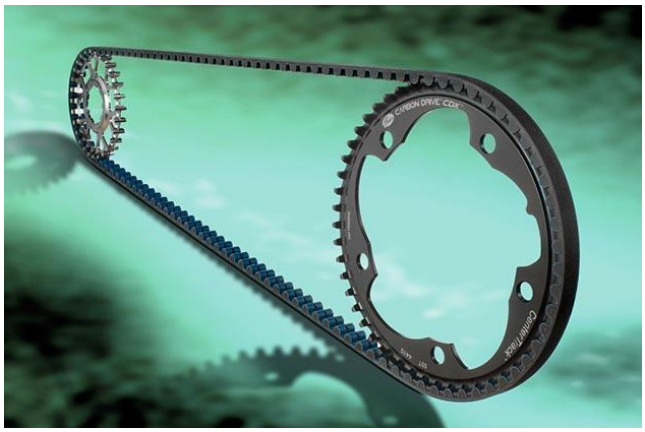


Figura 71. Correa dentada. Fuente: [47]

Poleas y relación de Velocidades

El dimensionamiento de los diámetros de las poleas, dará como resultado una mayor o menor velocidad final de la motocicleta, dependiendo de la necesidad y gusto del usuario.

Existen dos tipos de poleas en el sistema de transmisión secundaria, uno es la polea conductora o motriz, que se encuentra en el eje del motor y es la que mueve a la polea conducida a través de la correa, esta última polea se ubica en la rueda trasera de la moto.

La transmisión de movimiento entre dos ejes, está en función de los diámetros de las poleas, y se debe cumplir la siguiente regla:

$$N1 \times D1 = N2 \times D2$$

$$N2 = N1 \times \frac{D1}{D2}$$

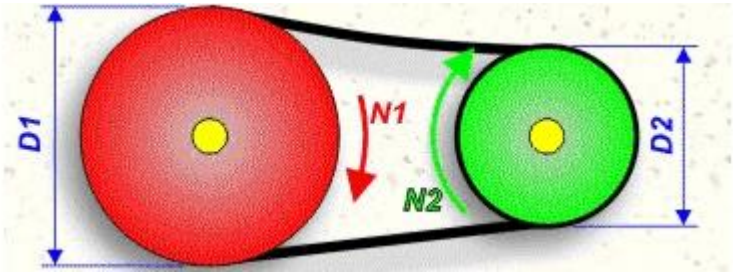


Figura 72. Relación de transmisión. Fuente: [48]

La relación de velocidades es un cálculo, y se muestra a continuación:

$$i = \frac{N2}{N1} \quad ; \quad i = \frac{D1}{D2}$$

Donde N2, es la velocidad del eje conductor, y N1 es la velocidad del eje conducido. D1, es el diámetro de polea conducida, y D2 es el diámetro de polea conductora.

Teniendo en cuenta la relación de velocidades que se establece en función de los diámetros de las poleas, al aumentar (D1>D2), se disminuye la velocidad final de la motocicleta (N1>N2), pero aumenta su torque o fuerza de salida. Se busca que la moto posea torque de salida y no tanta velocidad final, porque es una moto tipo urbana, de uso pasivo, que posee un motor pequeño.

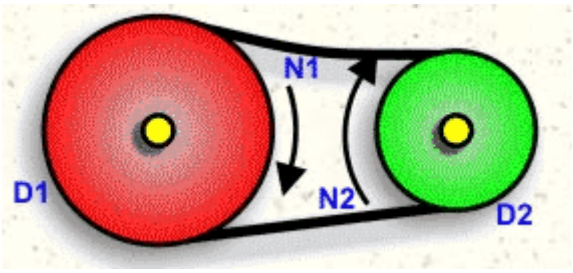


Figura 73. Aumento de fuerza de la motocicleta. Fuente: [49]

La velocidad de una motocicleta no sólo depende de la potencia del motor, sino que también del peso, la aerodinámica e incluso la transmisión del vehículo. Uno de los sistemas de transmisión a correa, son llamados CTV, que están compuestos de una correa, un variador (colocado en el eje del motor), y un embrague (dispuesto en la rueda

trasera). Conociendo este sistema de transmisión, se podría usar sus parámetros de medida, y así conocer qué tamaño aproximadamente de correa y poleas son necesarias para fabricar un futuro scooter.

Figura 74. Transmisión CVT. Fuente: [50]

Por otro lado, en el sector de las motos a cadena, para ver como varia la velocidad, fuerza y andar de la motocicleta, se pueden hacer modificaciones a los tamaños del piñon y la corona.

Figura 75. Piñon y Corona. Fuente: Mercadolibre

Si se precisa de más fuerza, pero menos velocidad, se debe disminuir el número de dientes del piñon y aumentar los dientes de la corona, pero en caso de precisar más velocidad y menos fuerza o equilibrar ambas características, se deberá aumentar el piñon y disminuir la corona.

Para máquinas eléctricas rotativas o dínamos usados como motor para impulsar la motocicleta, sabemos que son de 12 y 24v, y que no poseen mucha potencia, donde sus revoluciones suelen rondar cerca de las 1200rpm. Entonces, para ayudar al motor en su salida, podría ser conveniente usar una polea conductora pequeña y una polea conducida grande para que la moto pueda salir con mayor torque, sin buscar velocidades finales altas. Como ejemplo, se verá el cambio de una transmisión de cadena a correa en una motocicleta Garelli 50cc:

Figura 76. Corona original de 32 dientes. Fuente: Autor

Figura 77. Polea conducida de 200mm. Fuente: Autor

Figura 78. Correa poly V (A 53). Fuente: Autor

La correa es del tipo trapezoidal lisa en forma de V, más precisamente un tipo poly V. Donde se observa que es una A 53, es decir, de perfil clásico tipo A con un largo de 53 pulgadas, que en milímetros son 1346 mm. Por otro lado, el diámetro del piñon es de 60mm. Y para corroborar el largo de la correa, desde centro a centro, entre corona y piñón, se realizó un cálculo teórico para comprobar que una correa A 53 es la que se necesita para este tipo de motocicleta:

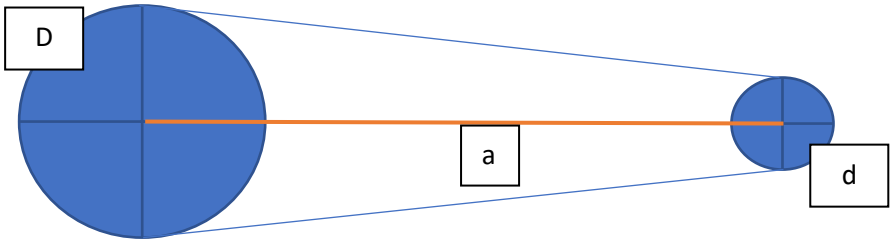


Figura 79. Transmisión secundaria. Fuente: Autor

$$Lcorrea = 2a + \frac{\pi}{2}(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4a}$$

- *a: distancia entre centros*
- *d: diámetro polea menor (motor)*
- *D: diámetro polea mayor (rueda trasera)*

$$Lcorrea = 2a + \frac{\pi}{2}(200mm + 60mm) + \frac{(200mm-60mm)^2}{4a}$$

$$Lcorrea = 2\,(480mm) + \frac{\pi}{2}(200mm + 60mm) + \frac{(200mm-60mm)^2}{4(480mm)}$$

Lcorrea = 1378 mm = **1, 38 m**

Con este cálculo se pudo corroborar que el largo de la correa a emplear es el correcto. Ahora, se pretende que la motocicleta alcance la velocidad máxima, se precisa saber primero que la polea conducida es la más grande para este tipo de sistema de transmisión secundaria, y al ser pequeña la polea conductora, se obtendrá fuerza en la salida, y no tanta velocidad final, en los cálculos siguientes se analizará a qué velocidad alcanzaría la motocicleta:

- Diámetro de la rueda trasera: 400 mm
- Velocidad del motor: 1200 rpm
- Diámetro de la polea conducida: 200 mm
- Diámetro de la polea conductora: 60 mm

Relación de transmisión:

$$i = \frac{D1}{D2} = \frac{200mm}{60mm} = 3{,}33$$

Velocidad de la rueda trasera:

$$V1 = \frac{1200\text{rpm}}{3{,}33} = 360\text{rpm}$$

Circunferencia de la rueda trasera:

$$C = \pi \, X \, 400\text{mm} = 1256{,}64\text{mm}$$

Velocidad lineal de la rueda trasera:

$$\text{Vlineal} = V1 \, X \, C = 360\text{rpm} \; x \; 1256{,}64\text{mm} = 452390{,}4 \; \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Convertir la velocidad a km/h:

$$\text{Vfinal} = \frac{452390{,}4 \; \frac{\text{mm}}{\text{min}} \; \text{x} \; 60}{1000 \; \text{x} \; 1000} = 27{,}14 \; \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Conexión eléctrica

A modo de bosquejo se presentará el conexionado, donde tenemos las partes principales como la fuente de alimentación, que es el pack de batería de 24 V, luego el controlador de velocidad, y desde el PWM hacia la máquina eléctrica rotativa, que es el motor de la motocicleta eléctrica. También, en el circuito eléctrico realizado en AutoCAD, se observa la óptica principal de la motocicleta sin sus luces de giro. No hay que olvidar el uso de protecciones, como fusibles para entrada y salida del controlador, y a su vez resistencias que protegen las luces delantera y trasera del vehículo, entre otras cosas. Cabe agregar, que el diseño eléctrico puede mejorarse y ampliarse, solo en este informe se muestra un principio de cómo podría quedar el circuito de conexión eléctrica de la motocicleta eléctrica.

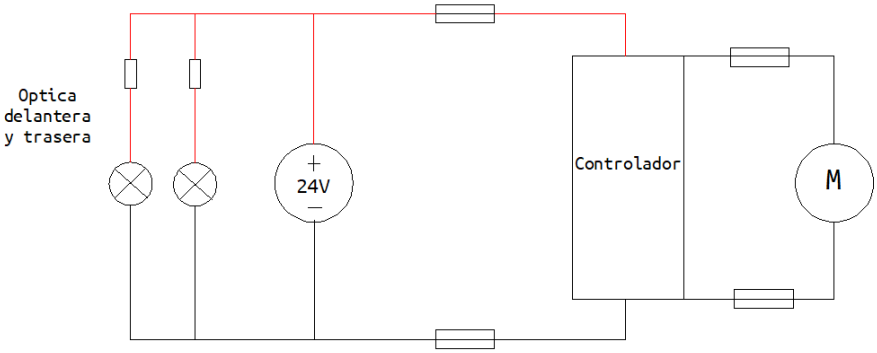


Figura 80. Conexión eléctrica general de la motocicleta eléctrica. Fuente: Autor

CAPÍTULO 6: DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA MOTOCICLETA

Diseño

En un software como Autodesk Fusion 360, se puede hacer el diseño del prototipo de la motocicleta eléctrica. Este diseño usa como base el chasis de la Zanella Sol 70cc, y lleva incorporado el controlador de velocidad, la batería de litio y la máquina eléctrica rotativa:

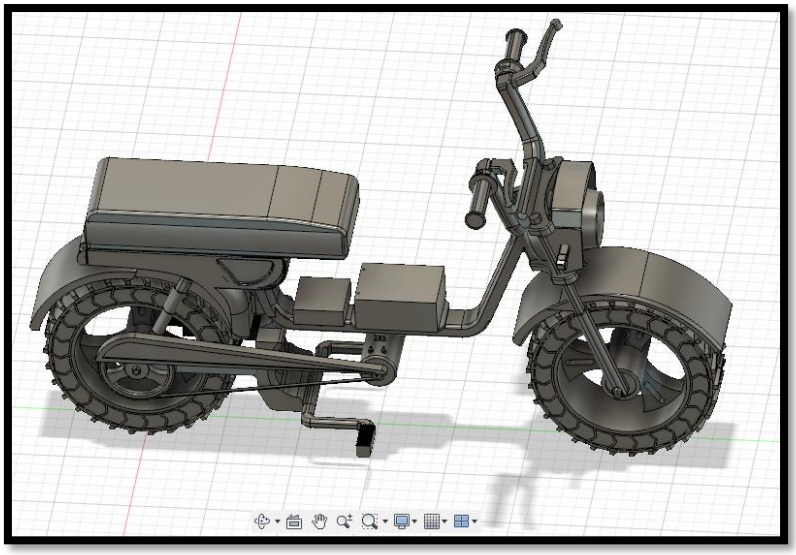


Figura 81. Vista lateral derecho de motocicleta Fusion 360. Fuente: Autor

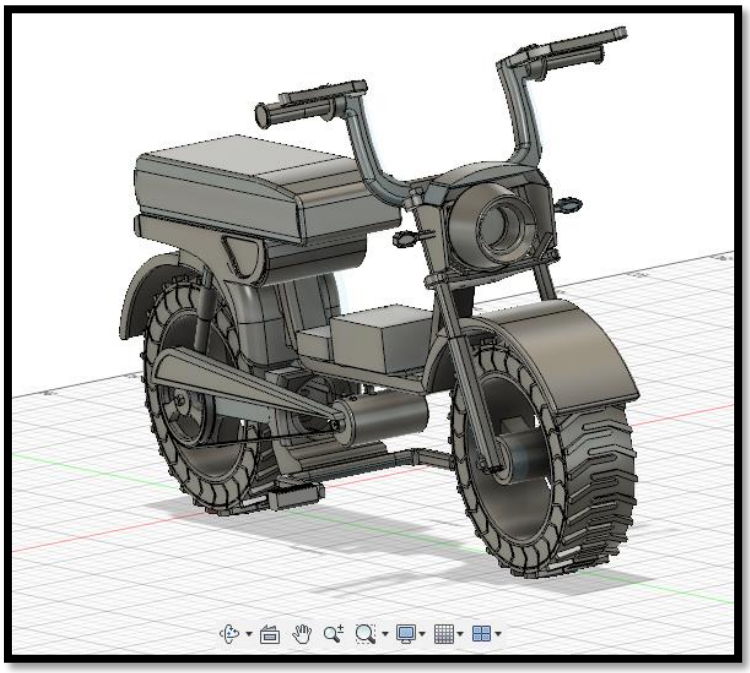


Figura 82. Vista diagonal de la motocicleta. Fuente: Autor

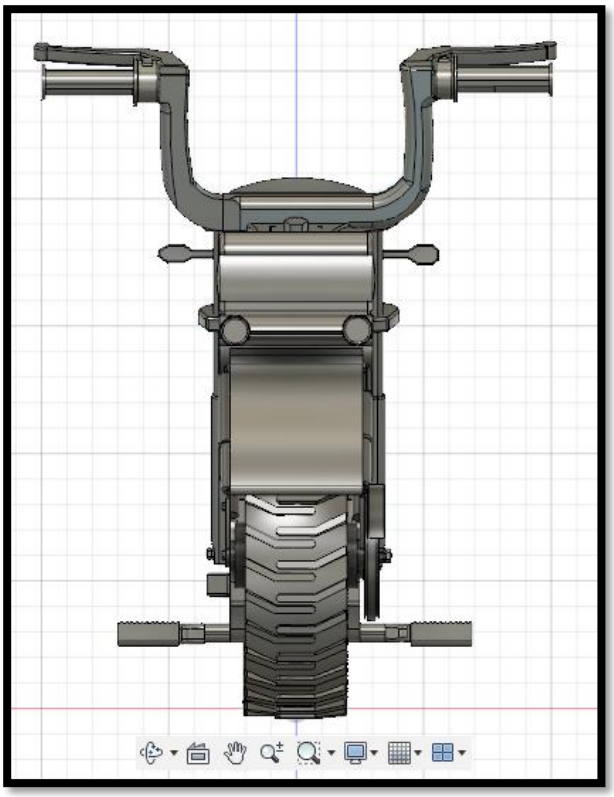


Figura 83. Vista trasera de la motocicleta. Fuente: Autor

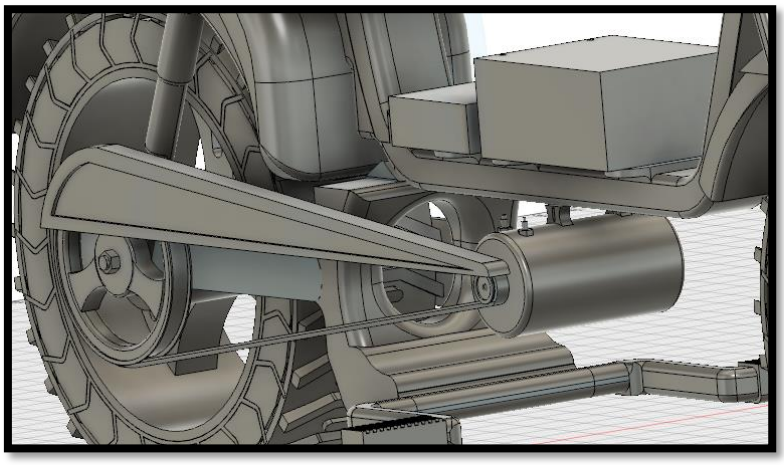


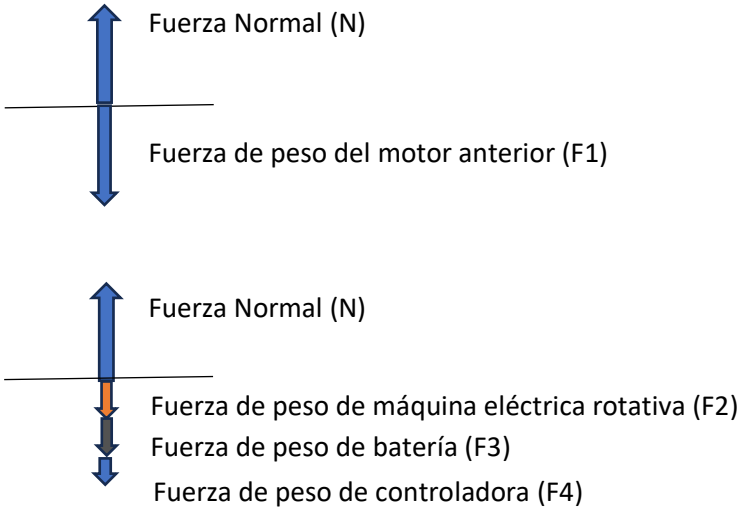
Figura 84. Zoom de la motocicleta. Fuente: Autor

En la última imagen se puede observar el motor, la batería y el controlador. Además, se visualiza el sistema de transmisión secundaria dirigida por correa y poleas.

Análisis

La motocicleta ya ha sido diseñada de fábrica y sus cálculos estructurales también ya han sido calculados. Por eso se pretende hacer una comparación del peso que tienen ambos sistemas de combustión y eléctrico, y que efecto le generan al chasis de la motocicleta. Se realizó en Fusion 360 una comparación del chasis de la motocicleta

con el peso el motor anterior y un estudio con la tecnología eléctrico, a través de uno de los análisis que ofrece para trabajar este software de diseño, el análisis estático lineal. El motor a combustión de la Zanella Sol 70cc pesa alrededor de 15 kg, y el peso total del sistema eléctrico es aproximadamente 12.1 kg. Si se realiza el análisis estructural del chasis se necesita hacer un estudio de fuerzas estáticas. Para ello, se realizó una sumatoria de fuerzas tomando en cuenta el eje y, que incluye la fuerza de gravedad por el peso de los componentes analizados. El cálculo y análisis se muestra a continuación:



$$F = m\ [kg].\ g\ [m/s2] = Peso\ [N]$$

$$F2 = 8\ [kg].\ 9{,}8\ [m/s2] = 78{,}4\ [N]$$

$$F3 = 3{,}6\ [kg].\ 9{,}8\ [m/s2] = 35{,}3\ [N]$$

$$F4 = 0{,}5\ [kg].\ 9{,}8\ [m/s2] = 4{,}9\ [N]$$

$$N - (F1 + F2 + F3) = 0$$

$$N = F1 + F2 + F3$$

$$N = 78{,}4\ [N] + 35{,}3\ [N] + 4{,}9\ [N]$$

$$N1 = \mathbf{118{,}6}\ [N]$$

N1: Magnitud Normal que debe soportar el chasis de la moto con los nuevos componentes.

$$F1 = 15\ [kg].\ 9{,}8\ [m/s2] = 147\ [N]$$

$$N - F1 = 0$$

$$N = F1$$

$$N2 = \mathbf{147}\ [N]$$

N2: Magnitud Normal que debe soportar el chasis de la moto con el motor original.

Ahora se mostrará como el software Fusion 360 puede realizar un análisis estructural del chasis de la motocicleta a través de un análisis estático lineal. Primero se analiza el chasis simulando el peso del sistema eléctrico, y como genera los efectos de estrés, deformación y desplazamiento. Luego, se realiza la misma tarea, pero esta vez, con el peso del motor original.

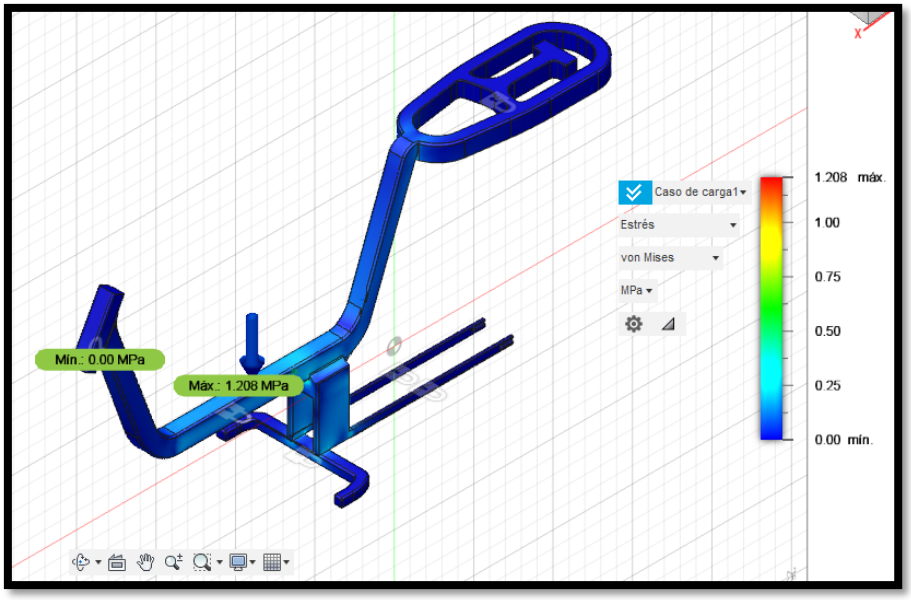


Figura 85. Análisis de estrés 1. Fuente: Autor

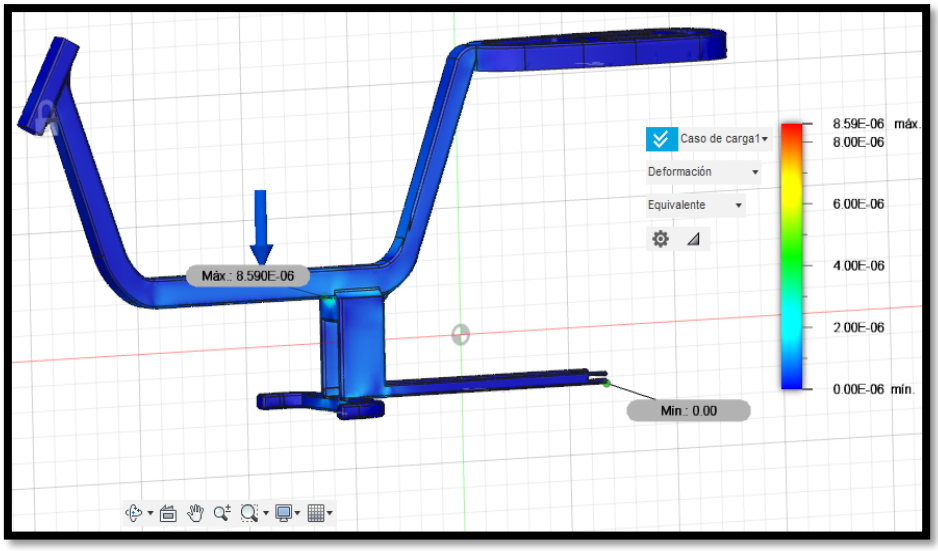


Figura 86. Análisis de deformación 1. Fuente: Autor

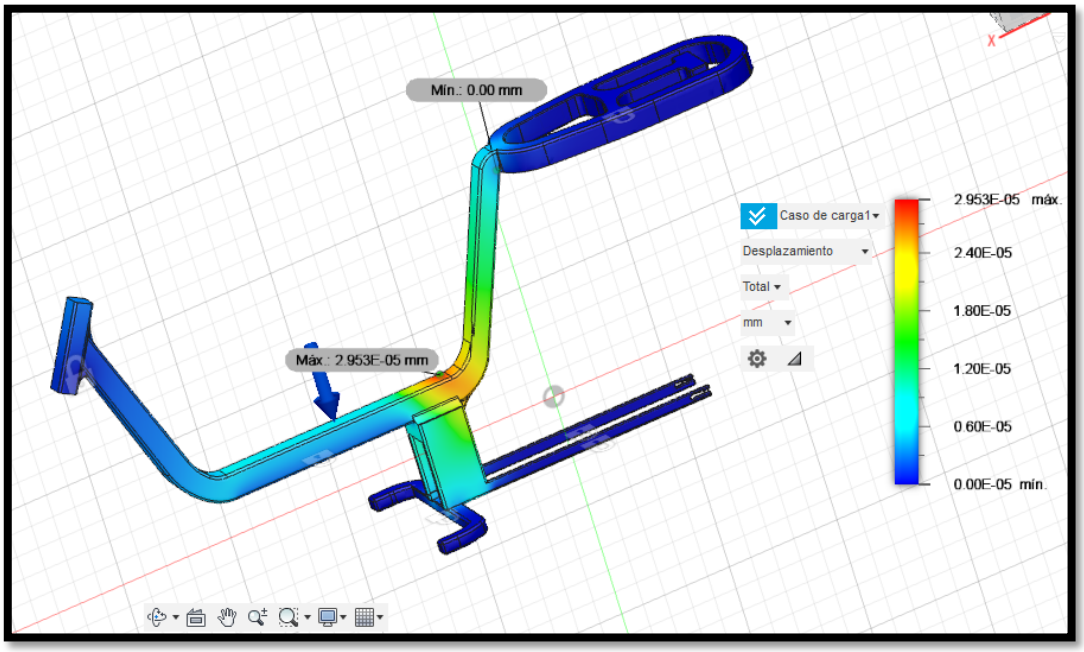


Figura 87. Análisis de desplazamiento 1. Fuente: Autor

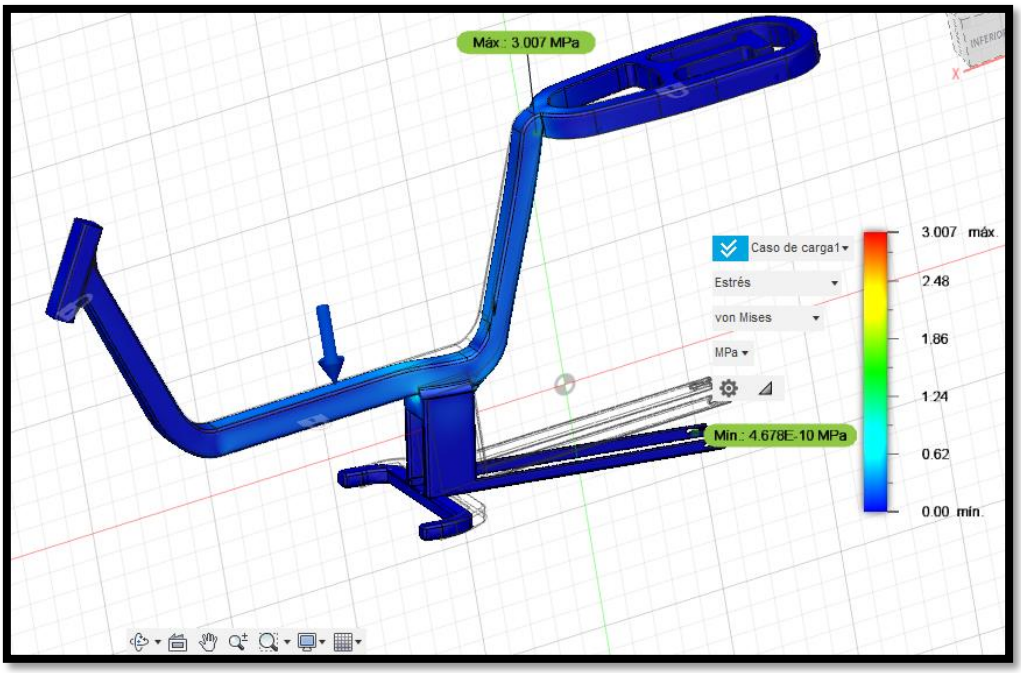


Figura 88. Análisis de estrés 2. Fuente: Autor

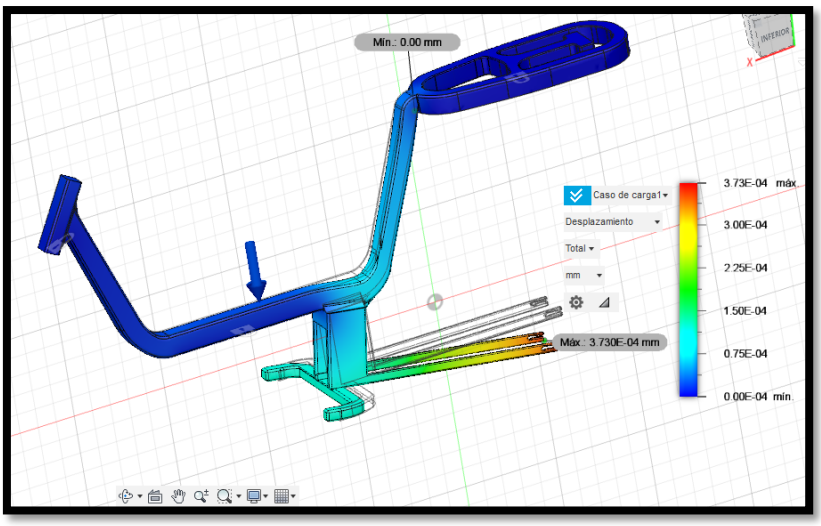


Figura 89. Análisis de desplazamiento 2. Fuente: Autor

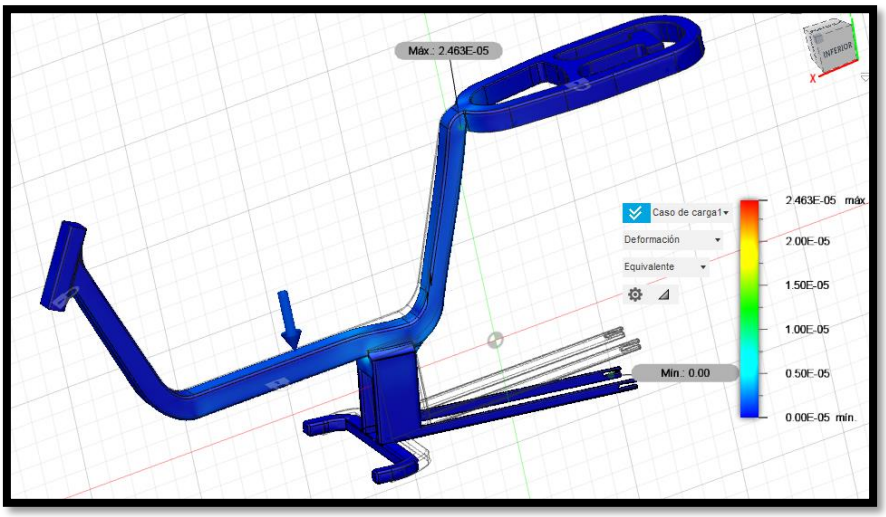


Figura 90. Análisis de deformación 2. Fuente: Autor

El análisis de Estrés determina la resistencia y durabilidad que tendrá un material bajo cargas aplicadas, es decir, es una medida de tensión que se genera en el interior de una estructura. Con un valor de 3MPa como máximo para el análisis 2, y 1,2MPa para el primer análisis se verifican los cálculos realizados, porque la tolerancia para el estrés en una Zanella sol 50cc es de 125MPa.

Para el caso del análisis de desplazamiento, como la tolerancia del valor máximo de para chasis de motocicletas de calle es de 3mm, y ambos análisis arrojaron valores mucho menores a 1mm, ambos verifican los cálculos. Cabe agregar, que el análisis del sistema eléctrico presentó un valor menor de desplazamiento.

Para el último análisis que habla de la deformación, como la tolerancia sería alrededor de 0,2 para acero que es el material del chasis de la Zanella sol 50cc, con 147 N: 2.5×10−5 = (0.0025%), y con 118.6 N: 8.6×10−6 = (0.00086%), es decir, que ambos

valores son muy pequeños comparados con la tolerancia, verifican los cálculos realizados.

Se concluye que ambos sistemas tanto como el de combustión y el eléctrico, son aptos para el chasis de la motocicleta eléctrica, pero el sistema eléctrico arrojó mejores valores en cada uno de los análisis realizados.

CAPÍTULO 7: PROTOTIPO EXPERIMENTAL

Ciclomotores

En la Argentina, existen varios modelos de motocicleta que por su peso y tamaño pueden emplearse como motocicleta eléctrica. Este informe propone que el usuario busque motos que ya estén en desuso, que ya no tienen posibilidad de reparación mecánica, o bien si está en uso, y si se desea que se la pueda convertir a eléctrica. Ahora, la elección de una motocicleta de baja potencia tiene un criterio, la máquina eléctrica rotativa debe tener la potencia necesaria para poder impulsar al vehículo que se empleará como eléctrico, y a su vez como mínimo, el motor debe tener la fuerza para llevar al usuario sin acompañante. La potencia que entregue el motor se puede calcular de la siguiente manera:

$$P = V * I$$

- P es la potencia eléctrica consumida por el motor en vatios (W)
- V es el voltaje de alimentación del motor en voltios (V)
- I es la corriente eléctrica que consume el motor en amperios (A)

$$P = 24\ V * 21\ A$$

$$P = 504W$$

$$1\ HP = 746\ W$$

$$P = \frac{504w}{746\ w} = 0{,}67\ HP$$

Es decir, cercano a 1 HP puede ofrecer la máquina eléctrica rotativa empleada como motor. Para scooters y ciclomotores de uso urbano típicos, la potencia del motor suele estar en el rango de 1 a 15 HP. Es decir, desde 1 HP en los modelos más pequeños hasta alrededor de 15 HP en modelos más grandes y potentes. Para el caso de vehículos eléctricos de gama media, que van desde los 500 W a los 1000 W, y que se puede llegar a una velocidad máxima aproximada de 25 Km/h, los 0.67 HP son suficientes.

En general, según [51], las motocicletas pequeñas podrían ser capaz de cargar un peso total (incluido el conductor y cualquier carga adicional), alrededor de 170-200 kg en condiciones normales de funcionamiento. Por lo tanto, el motor seleccionado en

este informe para ser parte del equipamiento de la motocicleta eléctrica, puede ser utilizado en motos pequeñas de baja potencia.

Algunos modelos de motocicletas que podrían emplearse para ser convertidas a eléctrica pueden ser las siguientes (sus costos son de septiembre del 2024):

- Siambretta 1957

El costo de adquisición sería alrededor de $4.298.000 pesos argentinos en Mercado Libre.

Figura 91. Siambretta 1957. Fuente: Mercadolibre

- Zanella Bambina 48cc

Esta motocicleta es del año 1974 nacionalidad argentina

Figura 92. Zanella Bambina. Fuente: [52]

- Garelli Mosquito 1949 y Super Mosquito 1969

Figura 93. Garelli Mosquito. Fuente: [53]

Figura 94. Garelli Super Mosquito. Fuente: [54]

- Zanella Delivery Cargo 50cc

Su valor en Mercado Libre ronda cerca de los $300.000 pesos argentinos, y en ocasiones puede superarlo.

Figura 95. Zanella Delivery. Fuente: Mercadolibre

- Zanella Sol 50cc

Este tipo de motocicleta comenzó a fabricarse en los años 80. Existen diversos modelos que se pueden emplear y reutilizar.

- Garelli 50cc

Por último, se presentará la Garelli 50cc modelo 1993, de industria nacional Argentina y de motor 2 tiempos a combustión, de chasis ligero y liviano. Existen más motocicletas del tipo scooters o ciclomotor que se pueden emplear como alternativas para ser convertidas a eléctricas. En este informe, se propone dar a conocer el último modelo presentado como prototipo para la conversión, la Garelli 50cc.

En ocasiones, estos scooters pueden llegar a encontrarse en algún patio de nuestros hogares, o bien ser comprado a bajo precio si en tipo a combustión han sido desechados o bien ya no tienen arreglo.

Figura 96. Garelli 50cc. Fuente: Autor

Resumen para la conversión de una motocicleta a combustión al tipo eléctrica

Este informe no pretende dar el proceso de construcción de una motocicleta a eléctrica, pero si ofrece los requisitos y pasos generales que se deben realizar para equipar un prototipo de motocicleta eléctrica.

Primero adquirir el vehículo, luego comenzar a realizar la conversión. Para ello se necesitan sacar las partes del sistema de combustión de la motocicleta, dejando solo el chasis. Un ejemplo con la moto Garelli 50cc quedaría de la siguiente manera:

Figura 97. Conversión a motocicleta eléctrica. Fuente: Autor

Luego, determinar dónde irán colocadas las partes principales de una motocicleta eléctrica. Una suposición sería colocar el motor, en este caso la máquina eléctrica rotativa en el lugar donde se encontraba el motor anterior, para respetar el centro de gravedad de la motocicleta. A su vez, el pack de batería iría en la parte

superior del motor, porque en ese lugar de esta moto se hayan dos placas de metal con agujeros pasantes para amurar el pack.

La electrónica destinada al control de la velocidad del motor se podría colocar a elección del usuario también, una opción podría ser debajo del asiento. Otra opción, puede ser cerca de la batería y del motor, como por ejemplo atrás de la batería.

Se sabe que el motor elegido fue el dínamo, que es una máquina eléctrica rotativa, donde su conexión para ser empleado como motor sería del tipo paralelo. Esta máquina tiene 3 bornes: campo, armadura y masa. El terminal de armadura se conecta al mosfet del controlador y de ahí al positivo de la batería, y el terminal de campo va al negativo de la batería. La masa va en conexión puente con el terminal de campo. Cabe agregar, que la batería al ser particionada, necesita de 2 BMS, uno para cada pack. También, está el caso de la transmisión secundaria, que es a polea y correa.

Para el caso de la óptica, las luces que pueden emplearse pueden ser del tipo led, que son eficientes, duraderas y de bajo consumo. Algunas imágenes del proceso de conversión se mostrarán a continuación:

Figuras 98 al 103. Cambio de transmisión secundaria. Fuente: Autor

Esta conversión, sería un ejemplo básico para pasar de un vehículo a combustión, hacia uno del tipo eléctrico. Si se pretende mejorar el proyecto, existe un gran abanico de mejoras para realizarlo. A continuación, veremos una mejora que se puede implementar a este o cualquier proyecto de conversión a vehículo eléctrico.

Mejoras

- **Freno regenerativo**

Para que la batería pueda tener un apoyo en su funcionamiento, recibiendo energía en el transcurso del recorrido de la motocicleta, existe la tecnología del frenado regenerativo.

Según la página de internet [55], se presenta una introducción de los frenos regenerativos:

La regeneración de energía es un avance tecnológico crucial en el mundo de las motos eléctricas. Permite aprovechar al máximo la energía cinética generada durante la desaceleración y el frenado, convirtiéndola en electricidad almacenada. Este proceso no solo prolonga la autonomía, sino que también contribuye significativamente a la eficiencia energética y la sostenibilidad.

Cuando una moto eléctrica desacelera o frena, el motor actúa como un generador inverso. Convierte la energía cinética en electricidad y la dirige de vuelta a la batería para su almacenamiento.

Esta es una forma de mejorar la motocicleta, ahora debería el usuario estudiar que motor y controlador es conveniente emplear para emplear este tipo de tecnología.

CAPÍTULO 8: ANÁLISIS DE COSTOS

Costos Generales

A continuación, se hará un análisis y cálculo si es rentable que un usuario pueda invertir en una conversión de una motocicleta al tipo eléctrica. Se compararán las motos comerciales, los kits comerciales y por último el equipamiento de una motocicleta eléctrica formada con materiales reciclables y que se puedan reutilizar (todos los valores sujetos a precios sujetos a septiembre del 2024).

Para comenzar, los precios de una motocicleta eléctrica rondan entre 1 y 3 millones de pesos argentinos. Un kit para convertir una motocicleta en eléctrica tiene un valor cercano a 4 millones de pesos. Ese valor es para un kit que no incluye cargador ni controlador. Cabe agregar, estos precios son de internet, en locales de la ciudad pueden llegar a ser más costosos.

Por último, para el caso del equipamiento de la motocicleta eléctrica se mostrarán los gastos para realizar un proyecto casero.

Primero, y no me menos importante, adquirir el vehículo: un ciclomotor puede tener diversos costos. La idea es que el vehículo que se vaya adquirir no esté en funcionamiento o bien no tenga arreglo mecánico, entonces su valor será mucho menor y a su vez la conversión a eléctrica se podrá hacerse sabiendo que en modo de combustión ya no tenía uso. Los valores presentados en el informe pueden acercarse hasta el medio millón. El valor estimado de una motocicleta usada es alrededor de: $300.000.

Para el caso del motor, que ya se había propuesto emplear una máquina eléctrica rotativa de 24 V, hay varios disponibles en el internet, sobre todo en eBay y su valor es alrededor de $140.000. En mercado libre hay en existencia de 12 V a valores entre los 50 y $70.000.

La batería distribuida en dos packs necesitará de dos BMS de 12 V cada uno. El valor de ellos es alrededor de $5.800, tanto para el de 4S5P y el de 3S5P. También hay que tener las celdas de litio, cerca de $25.000 tiene el valor de una batería usada de un pc portátil. Cada batería posee alrededor de 6 celdas, y como en un pack 4S5P se necesitan 20 celdas y en un 3S5P van otras 15 celdas, en total 35 celdas, es decir, que 6 baterías de pc de 6 celdas cada una completan 36 celdas y así se pueden cubrir los packs. Se necesitarían $150.000 para adquirir las baterías de pc. Además, se

necesitan elementos varios para realizar el conexionado entre celda y celda, por ejemplo, si se va a realizar la unión de celdas por medio de soldadura por estaño, se puede emplear cobre de 1,5 mm^2 para hacer el puente entre pila y pila. También se pueden agregar protecciones de temperatura, como revestimiento con cinta kapton, de 30mm de ancho por 30m de longitud, tiene un precio alrededor de $8.000. Los packs pueden ser colocados dentro de recipientes hechos en 3D, para más protección. Para el caso del control, elaborar una placa electrónica que realice el control de velocidad del motor también lleva su costo: acelerador de monopatín de $50.000, transistor 7805 de $7.000, transistor BC547 NPN por 5 unidades de $4.000, transistor BC558 PNP por 5 unidades de $2.000, transistor de potencia BD140 de $1.700, circuito integrado 555 de $7.000, transistor mosfet IRLZ44N de $3.565, capacitores y resistencias alrededor de $5.000. En componentes, un total de $80.265, hay que agregar el valor de la impresión a pedido de la tarjeta electrónica, si es que no se la va a fabricar, sino su valor variaría. Una placa por pedido, por ejemplo, a JLCPBC de 4 capas y de 100x100mm, tiene un valor de alrededor de $2.500 sin envío. Es decir, que cerca de $85.000 se necesitarían para fabricar una placa que controle la velocidad del motor. Por último, la transmisión secundaria de la motocicleta eléctrica: juego de poleas motriz y conducida de $28.000, correa poly V de $16.000. Un total de $44.000.

Materiales	**Valor**
Batería	$150.000
Cargador	$20.000
Controlador de velocidad	$85.000
Máquina eléctrica rotativa 24 V	$200.000
Transmisión	$44.000
Motocicleta usada	$200.000
Varios: pintura, fusibles, iluminación, etc.	$50.000
TOTAL	**$750.000**

Tabla 6. Costos Generales. Fuente: Autor

Cerca de $750.000 pesos argentinos se pueden llegar a invertir en un equipamiento para una motocicleta eléctrica, que comparados con los $4.000.000 de un scooter eléctrico se puede observar una diferencia considerable. Con los resultados obtenidos, encarar un proyecto de esta índole puede ser muy conveniente y eficaz. Si el usuario, desea entrar en el mundo de la movilidad eléctrica, crearse su propio prototipo sería factible, de acuerdo al análisis y cálculo que se pudo obtener de cada material como componente de la motocicleta eléctrica, se pudo observar la posibilidad de poder realizar proyectos y prototipos caseros que satisfagan y solventen las necesidades de la sociedad hoy día.

CAPÍTULO 9: IMPACTO AMBIENTAL Y CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Criterios de eficiencia e impacto en el medio ambiente

Uno de los criterios a considerar en una motocicleta eléctrica es la autonomía de la batería. Con el siguiente cálculo observaremos cuantos kilómetros se pueden recorrer con dicha batería:

El motor consume de 24V consume 21A en carga, es decir, que 504 W o ½ Hp es la potencia que entrega el motor a 1200rpm, además se sabe que el motor a esas revoluciones alcanza una velocidad máxima promedio de 27,4 Km/h.

- Motor: 24V y 21A
- Batería: 25,9V y 22Ah

Potencia que entrega el motor: 24V x 21Ah = 504Wh

Capacidad de la batería: 25.9V x 22Ah= 569,8Wh

Autonomía horas: $\frac{\text{Potencia Útil (Wh)}}{\text{Potencia Consumida (Wh)/h}} = \frac{569{,}8\ \text{(Wh)}}{504\ \text{(Wh)}} = 1{,}13\ \text{h}$

Distancia total recorrida: $1{,}13\ \text{h} \times 27{,}4\ \frac{\text{(Km)}}{\text{(h)}} = 31\ \text{km}$

La autonomía de motocicletas eléctricas comerciales ronda entre los 100-200 km. Es decir, que el prototipo no ingresaría en el ámbito de los vehículos eléctricos en términos de eficiencia energética, pero se aclara que todos los elementos son reciclables, por lo tanto, el rendimiento será menor. Por otro lado, el prototipo a convertir no afecta al medio ambiente, porque sus materiales que lo componen, con excepción de las pilas de litio, las demás partes aportan al cuidado del medio ambiente, un ejemplo, sería el material de PLA del recipiente construido de la batería por una impresora 3D.

CAPÍTULO 10: CONCLUSIÓN

Los objetivos fueron alcanzados, viendo que se puede realizar un prototipo de motocicleta eléctrica, o bien realizar la conversión de combustión a eléctrica. Se pudo encontrar que un motor comercial puede reemplazarse por uno reciclado, al igual que la batería, sin olvidar la posibilidad de crear un controlador de velocidad experimental. Si hay que aclarar que no fue sencillo determinar las características técnicas del motor reciclado ya que los dínamos no traen especificaciones de potencia, rpm y demás, solo se conoce su voltaje y la corriente que entregan, por lo tanto, se tuvo que investigar para conocer sus características.

En la actualidad, sobre todo en la Argentina, es viable la reconversión de un vehículo de combustión a eléctrico, porque una motocicleta eléctrica es costosa y una a combustión también lo es, entonces conviene transformarla a lo eléctrico. También, queda a disposición el avance del prototipo experimental, con todo tipo de mejoras, por ejemplo, el motor elegido en este proyecto es una propuesta, pero no por eso es la última opción a elegir, lo mismo sucede con el controlador de velocidad experimental, también puede tener muchas mejoras más, cabe agregar, que su funcionamiento es solo unidireccional que solo controla la velocidad del motor. Como limitación de este prototipo son las estaciones de carga de batería que en muchas regiones del país se encuentran ausentes, y esto conlleva a emplear nuestro vehículo en radios cortos de distancia, y períodos de tiempo limitados.

Por otro lado, se pudo comprender y concluir, que cada moto tiene distintas prestaciones, ya sea en potencia, velocidad, comodidad, estética, etc., pero cada usuario es el que decide y opta por elegir el vehículo de acuerdo a la necesidad o gusto que desee. Sabiendo que, en un futuro no muy lejano, las motos de combustión interna pueden comenzar a pasar a un segundo plano, es importante incluir en el mercado y en la sociedad este nuevo tipo de tecnologías, como lo son las motos eléctricas. Se entiende que, a nivel mundial, muchos países cuentan con muchas de ellas y que están comenzando a ganar terreno y un lugar en las vidas de las personas. Por eso, se propone que poco a poco seamos conscientes del avance de las tecnologías y que también son un aporte a la disminución de la contaminación ambiental, desde ahora es conveniente insistir que este tipo de productos sean cada vez más vistos en nuestras calles y ciudades, para mejorar no sólo la contaminación sonora y ambiental, sino que también trae mejores rendimientos de todo tipo. Solo queda poner manos a la obra y avanzar hacia las nuevas tendencias tecnológicas.

Bibliografía

[1] (6 noviembre, 2020). https://elordenmundial.com/que-son-emisiones-gases-efecto-invernadero/

[2] (26 septiembre, 2010). https://www.fayerwayer.com/2010/09/suzuki-y-sanyo-desarrollan-un-scooter-electrico/

[3] (14 abril, 2016). https://www.bikelec.es/blog/motor-central-vs-motor-rueda

[4] (2023) J. C. Gonzáles Rodríguez y D. J. Pihuabe Vera, "Análisis Evaluativo de la Motocicleta Eléctrica como Ecomovilidad en la Ciudad de Guayaquil", Tesis, Ciudad de Guayaquil, Ecuador, 2023 https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/6206/1/UIDE-G-TMA-2023-35.pdf

[5] (2002) https://www.areatecnologia.com/EL%20MOTOR%20ELECTRICO.htm

[6] https://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/4839

[7] Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream /21000/24867 /1/M-ESPEL-mat-0094.pdf

[8] (2018). A. J. Valencia Rodríguez. "Análisis del Comportamiento de un Motor Eléctrico, Adaptado a una Motocicleta, Bajo Características de Torque, Potencia y Velocidad", Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Internacional SEK; Ecuador, 2018, https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2871

[9] (marzo 2018). https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2871

[10] (julio 2013). http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6885/1/T-ESPE-047278.pdf

[11] (agosto 2015). https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10602/1/T-ESPEL-MAI-0533.pdf

[12] (2017). http://es.qs-motor.com/product/12pulgadas-qs-motor-en-cubo-de-rueda-3000watt-72v-260modelo-motor-con-llanta-3-5x12-para-bicicletas-o-motocicletas-electricas-40h-tipo-v3/

[13] (2023). Análisis Evaluativo de la Motocicleta Eléctrica como Ecomovilidad en la Ciudad de Guayaquil, de los autores: Gonzáles Rodríguez Julio César y Pihuabe Vera Douglas Jostin, https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/6206/1/UIDE-G-TMA-2023-35.pdf

[14] (2023). https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/6206/1/UIDE-G-TMA-2023-35.pdf

[15] https://www.monografias.com/trabajos82/maquina-corriente-continua-como-motor/maquina-corriente-continua-como-motor

[16] (2023). https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/6206/1/UIDE-G-TMA-2023-35.pdf

[17] https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream /21000/24867/1/M-ESPEL-mat-0094.pdf

[18] (30 septiembre 2021). https://www.youtube.com/watch?v=J5Ro3NQY9JI

[19] https://www.autopartesleiva.com/MLA-1109404033-burro-motor-de-arranque-fiat-147-motor-tipo-14-caja-lancia-_JM

[20] (22 septiembre 2022). https://motor.elpais.com/conducir/alternador-del-coche-para-que-sirve-y-que-pasa-si-falla/

[21] https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448127641.pdf

[22] (6 mayo 2019). https://oriong.weebly.com/ingenieria/definicion-y-diferencias-entre-generador-y-motor

[23] (26 mayo 2020). https://es.slideshare.net/slideshow/generadores-de-motocicleta/234613682

[24] (6 junio 2021). https://www.youtube.com/watch?v=Xuw2uHM3GDI

[25] https://www.studocu.com/pe/document/universidad-de-san-martin-de-porres/metodos-de-estudio/andres-valencia-tesis-final/95959116

[26] (2024). https://www.walmart.com.mx/ip/juegos-recreativos/controlador-de-bicicleta-electrica-controlador-sin-escobillas-para-scooter-de-ahorro-de-energia-con-bloqueo-antirrobo-para-bicicleta-electrica-otviap-electric-bike-accessories/00654344365556

[27] (2023). https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/6206/1/UIDE-G-TMA-2023-35.pdf

[28] Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream /21000/24867 /1/M-ESPEL-mat-0094.pdf

[29] (2024). https://www.muvin.com.ar/componentes-de-bicicletas-ela-ctricas/controlador-36-v-6-a

[30] (23 mayo 2022). https://www.youtube.com/watch?v=XdH4G50be7U

[31] (2022). https://pcbcentral.com/eagle-autodesk

[32] https://motos-electricas.org/informacion/tipos-de-baterias-para-motos-electricas/

[33] https://www.hymingenieria.com/MLM-1444776418-bateria-connera-serie-batt-valvula-reguladora-batt12-100-_JM

[34](2024). https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/consejos-de-mantenimiento/bateria-gel-moto/

[35] (septiembre 2019). A. Castillo Ribelles, “Diseño de un BMS para un vehículo eléctrico”, Tesis, Ciudad de Valencia, España, 2019, (https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/130001/Castillo%20-%20Dise%C3%B1o%20de%20un%20BMS%20para%20un%20veh%C3%ADculo%20el%C3%A9ctrico.pdf

[36] (septiembre 2019). https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/130001/Castillo%20-%20Dise%C3%B1o%20de%20un%20BMS%20para%20un%20veh%C3%ADculo%20el%C3%A9ctrico.pdf

[37] (2023). E. Medina, “Diseño y Construcción de Prototipo de Cargador On/Off Grid para Motos Eléctricas”, Tesis, Depto. FICA, Unsl, Villa Mercedes, San Luis, 2023

[38] (10 marzo 2023). https://lamoto.com.ar/noticias/convertir-moto-combustion-a-moto-electrica/

[39] (30 agosto 2023). https://www.youtube.com/watch?v=1ZJOE0B5pck

[40] (29 julio 2022). https://www.formulamoto.es/averias-moto/transmision-moto-caja-cambios-variador/42171.html

[41] (6 octubre 2017). https://conti-moto-blog.es/transmision-secundaria-moto-cadena-correa-cardan/

[42] (6 septiembre 2018). https://gentedemoto.com/por-que-tenemos-que-limpiar-la-cadena-de-la-moto/

[43] (25 noviembre 2012). https://ederjah61-mijawa350r40.blogspot.com/2012/11/transmision-por-correa-para-jawa-350-r40.html

[44] (1 agosto 2022). https://www.motociclismo.es/consejos/mantenimiento/transmision-cardan-nzm_261494_102.html

[45] (2023). https://gomalsina.com/producto/correas-industriales-seccion-abcdz/

[46] https://hvhindustrial.com/es/blog/tipos-comunes-de-correas-V

[47] (17 octubre 2022). https://www.motor.mapfre.es/motos/noticias-motos/transmision-moto-cadena-correa-cardan/

[48](2005)http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_pol_multiplicador.htm

[49](2005)http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_pol_multiplicador.htm

[50] (2021). https://batra-importadora.com/

[51] (12 septiembre 2022). https://www.infobae.com/america/agencias/2022/09/12/vacaciones-en-moto-cuanto-peso-se-puede-llevar-2/

[52] https://auctionet.com/es/656429-ciclomotor-ktm-automatico

[53] https://www.museonicolis.com/en/garelli-1949-mosquito/

[54] (12 septiembre 2023). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Garelli_Super_Mosquito_1969_02.jpg

[55] (2024). https://maquinaelectric.com/blog-motos-electricas/frenado-regenerativo-en-motos-electricas.html