



Ingeniería Automotriz

Universidad Modelo Mérida

Profesor: Ing. Pascual Gabriel Pech Borges

Conversión de una Toyota Sienna de motor de combustión interna a motor eléctrico

Carrasco Dominguez Johann David – 15221951

Díaz Sibaja Omar – 15221708

Harish Hakim Pacho Patiño – 15221797

Monsrreal Patrón José Rodrigo – 15184981

Olvera Gomez Carlos Abraham – 15209819

Ruiz Leon Carlos Alejandro – 15222497

Salazar Pacheco Guillermo Alejandro – 15221865

INDICE

Descripción del proyecto	4
Problemática	4
Justificación	4
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos	5
Fundamento Teórico	5
Vehículos Eléctricos (VE):.....	5
Historia de los vehículos eléctricos	6
Tipos de vehículos eléctricos	7
Alternativas eléctricas de transporte además de los autos.....	12
Transportes sustentables de uso individual.....	14
Tecnologías en el transporte para la movilidad eléctrica	15
E-Highway	15
Sistema de alimentación por suelo.....	17
Sistema de alimentación por suelo a un vehículo de carga híbrido	17
Recarga inductiva electromagnética	18
Ventajas de los Vehículos Eléctricos	19
Eficiencia Energética	19
Reducción de Emisiones y Beneficios Ambientales.....	19
Costos y Mantenimiento	19
Desventajas de los Vehículos Eléctricos	20
Autonomía Limitada	20
Tiempos de Recarga.....	20
Costos Iniciales y Accesibilidad	20
Elementos importantes de un vehículo eléctrico.....	21
Motor Eléctrico	21
Sistema de Gestión de Batería (BMS)	23
Baterías de Litio.....	24
Cargador.....	25
Selector	26

Pedal/Acelerador.....	26
Inversor	27
Convertidor DC-DC.....	27
Sistema de Frenado Regenerativo.....	28
Sistema de Aire Acondicionado y refrigeración.....	29
Sistema de Dirección Electro-Asistida	32
Desarrollo de Proyecto.....	33
Principales Diferencias entre Vehículos de Combustión y Eléctricos.	33
Peso y Espacio en el Vehículo	33
Componentes.....	33
Componentes Primarios del Vehículo Eléctrico	34
Motor.....	34
Controlador	34
BMS (Sistema de Gestión de Batería)	35
Baterías de Litio.....	35
Cargador.....	36
Selector	36
Pedal/Acelerador.....	37
Componentes Secundarios	37
Convertidor DC/DC	37
Monitor	38
Metodología	39
Extracción del motor.....	39
Instalación de los componentes	45
Elaboración de estructura base de las baterías	48
Instalación de sistema de A/C.....	51
Pruebas pertinentes a la conversión	57
Fuentes de información.....	58

Descripción del proyecto

En este proyecto se plantea realizar la conversión de una Toyota Sienna 2008, sustituyendo su motor de combustión interna inoperante por un motor eléctrico. Se buscará adaptar un sistema de propulsión eléctrica, integrando un paquete de baterías adecuado para su funcionamiento, aprovechando el chasis y la estructura del vehículo original. Se identificarán y modificarán los sistemas del vehículo que dependían del motor de combustión, asegurando su compatibilidad con la nueva configuración eléctrica. Se analizarán y adaptarán componentes, con el fin de lograr un funcionamiento eficiente y seguro del vehículo en su nueva modalidad de propulsión.

Problemática

La Universidad Modelo cuenta con una flotilla de vehículos, entre ellos una Toyota Sienna 2008 la cual cuenta con una carrocería del tipo Minivan; esta camioneta fue elegida para este proyecto debido a que el motor de fábrica un V6 de 3.5 litros se encuentra dañado (describir la falla a detalle) por lo que debido al alto costo de reparación y su baja fiabilidad post reparación, la universidad optó por realizar la conversión del motor de gasolina a un motor eléctrico.

Justificación

Los motores de combustión interna, aunque representan la tecnología más utilizada en los vehículos terrestres, no son necesariamente la opción más económica de mantener a largo plazo. Además, su funcionamiento genera emisiones de gases contaminantes que impactan negativamente el medio ambiente. Dichos desafíos se mitigan mediante la implementación de motores eléctricos, caracterizados por su funcionamiento limpio y eficiente.

Los motores eléctricos no producen emisiones contaminantes directas y, al ser alimentados con energía eléctrica, resultan más económicos de operar debido a la considerable diferencia de costo entre la electricidad y los combustibles fósiles. Asimismo, su diseño simplificado, con menos piezas mecánicas móviles, reduce significativamente los requerimientos de mantenimiento, traduciéndose en menores costos operativos y una mayor durabilidad. Por estas razones, la adopción de motores eléctricos representa una solución viable tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

Objetivo general

Realizar la conversión de una Toyota Sienna 2008, sustituyendo su motor de combustión interna, actualmente inoperante, por un motor eléctrico. Se busca aprovechar el chasis del vehículo existente y, al mismo tiempo, reducir significativamente las emisiones contaminantes, contribuyendo a un transporte más sostenible y eficiente.

Objetivos específicos

- La documentación de información pertinente
- Desmontar el motor de combustión del chasis del vehículo
- Adquirir partes pertinentes para la conversión requerida del vehículo.
- Elaborar pruebas de elementos seleccionados previo al montaje
- Realizar conversión al vehículo seleccionado
- Realizar pruebas de funcionamiento pertinentes a la conversión realizada

Fundamento Teórico

Vehículos Eléctricos (VE):

Se entiende por coche eléctrico todo aquel vehículo que está impulsado por uno o varios motores alimentados por una fuente de energía eléctrica posteriormente transformada en energía cinética, sea recargada o no a través de la red. “Imagen 1”. La tecnología más avanzada y común es la de baterías de iones de litio, pero existen otras variantes, así como diversas filosofías y tipos. (David Plaza, 2019).



Imagen 1: Sistema motriz de un vehículo eléctrico

Historia de los vehículos eléctricos

Según Iberdrola (2025) el inventor e ingeniero húngaro Ányos Jedlik, que creó en torno a 1828 el corazón de todas las máquinas eléctricas, el primer motor eléctrico del mundo, que más tarde aplicó a un pequeño modelo de coche. De forma paralela, el herrero estadounidense Thomas Davenport construyó en 1834 un artilugio similar que rodaba en una pista circular electrificada. Sin embargo, es el empresario y químico escocés Robert Anderson quien generalmente recibe el sobrenombre de padre del coche eléctrico. Entre 1832 y 1839 trabajó y presentó un prototipo que ofrecía una evolución de un carro tradicional alimentado por celdas eléctricas.

Se desarrollaron muchos modelos en años posteriores, pero la limitación de la batería (que no era recargable) hizo que los coches eléctricos fueran poco prácticos. El verdadero impulso llegó en 1859, cuando el científico francés Gastón Planté inventó las baterías recargables de plomo y ácido, que permitían que el vehículo no tuviera que estar conectado a la red. Desde ese momento fue posible almacenar la energía para que el vehículo rodase. Además, en 1881 el inventor Camille Faure perfeccionó el modelo hasta aumentar la capacidad de carga de las pilas. Estos avances permitieron al ingeniero francés Gustave Trouvé presentar ese año en la Exposición Internacional de Electricidad de París un triciclo accionado por un motor eléctrico.

En 1888 aparece en Alemania el que es considerado como el primer coche eléctrico, el Flocken Elektrowagen, inventado por el inventor y empresario Andreas Flocken. Tenía el diseño de una calesa, cuatro ruedas, un motor de 0,7 kW, una batería de 100 kg y alcanzaba los 15 km/h. El mundo de la automoción cerró el siglo XIX con un hito histórico: en 1899 el belga Camille Jenatzy rompió por primera vez en el mundo la barrera de los 100 km/h de velocidad, llegando hasta los 105,88 km/h. Tras la aparición de la batería recargable, el coche eléctrico se convirtió en todo un éxito a principios del siglo XX en las ciudades. Los primeros usuarios comerciales fueron los taxistas de Nueva York. Algunos historiadores estiman que en torno a un tercio de los coches en las calles de Estados Unidos eran eléctricos en 1900, mientras que algunas fuentes afirman que estos vehículos se vendieron más que los de combustión en 1899 y 1900. Los taxistas de otras ciudades como Londres o Berlín siguieron la estela, al igual que los grandes hoteles, que contaban con flotas de eléctricos para trasladar a sus huéspedes. Entre los vehículos

vendidos destacaron el Porsche Egger-Lohner P1 o el Baker Electric y entre los fabricantes, Ohio Baker Electric, que disponía de baterías diseñadas por Thomas Edison.

Los coches eléctricos se alzaron como los vehículos favoritos, especialmente para las clases altas debido a su elevado precio. Anulaban el ruido, no desprendían olor ni gases que ensuciaran a los ocupantes, su autonomía permitía cubrir los desplazamientos del día a día y la electricidad comenzaba a llegar a la mayor parte del mundo, lo cual facilitaba la recarga. En un artículo del New York Times de 1911 se describían como los coches del futuro y se afirmaba que incluso los fabricantes de coches de gasolina utilizaban los eléctricos para su uso personal. Al finalizar la Primera Guerra Mundial las necesidades de movilidad aumentaron y el foco se puso en los coches de combustión debido a la producción en masa que debido a las tecnologías de ese entonces no era posible para los vehículos eléctricos.

El coche eléctrico moderno le debe mucho al EV-1 que General Motors presentó en 1996. Con pilas de plomo-ácido, este modelo ofrecía una autonomía de hasta 160 kilómetros y llegó hasta los 225 con baterías de níquel metal hidruro. Pero su recorrido acabó pronto, en 1999, cuando GM cesó su producción. La marca alegó que el modelo era demasiado costoso y poco rentable y la mayoría de los 1.117 vehículos fabricados fueron destruidos. Tesla recogió el testigo del EV-1 y en 2008 lanzó Roadster, un modelo que llevó al vehículo eléctrico al siglo XXI. Incluía unas nuevas baterías de ion litio que permitieron mejorar la autonomía hasta un límite desconocido hasta el momento: más de 300 kilómetros. Todos los coches eléctricos actuales emplean una técnica similar a la de Tesla y el mayor rendimiento de estas pilas de litio animó a varias marcas a lanzar nuevos modelos sostenibles con el medio ambiente.

Tipos de vehículos eléctricos

El mercado de vehículos eléctricos ha crecido significativamente en los últimos años. Como menciona Pérez (2024), "en consonancia con el aumento de la demanda, la oferta de vehículos eléctricos se ha incrementado", lo que ha permitido a los consumidores elegir entre diversas opciones. Antes de comprar un vehículo eléctrico, es fundamental definir el tipo adecuado según su funcionamiento y prestaciones.

El mismo autor explica los diferentes tipos de vehículos eléctricos que podemos encontrar en el mercado:

- **Vehículos eléctricos con pila de hidrógeno (FCEV)**

Los FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle) pueden funcionar con fuentes de energía renovable, pero no lo hacen con baterías, sino con pilas de hidrógeno. Como se observa en la imagen 2 también disponen de motor eléctrico, pero en vez de tener una batería que almacena la energía, este tipo de vehículos disponen de una célula o pila de combustible que produce electricidad en el momento deseado. Esta unidad, que suele ser una pila de hidrógeno, genera la electricidad a partir de una reacción química denominada electrólisis: el hidrógeno se oxida perdiendo electrones que se recogen para generar la corriente eléctrica que posibilita el movimiento. Los FCEV se cargan con hidrógeno comprimido en estaciones de servicio especializadas. Entre sus ventajas destaca que únicamente emiten vapor de agua; tienen tiempos de recarga más cortos en comparación con los vehículos eléctricos de batería, y disponen de larga autonomía.

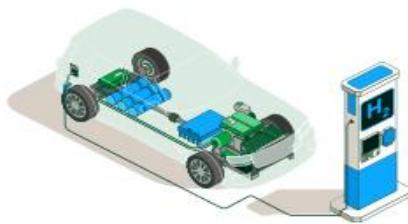


Imagen 2: Componentes de Vehículos eléctricos con pila de hidrógeno (FCEV)

- **Coches microhíbridos (MHEV)**

Los coches microhíbridos son conocidos por varios nombres, como MHEV (Mild Hybrid Electric Vehicle), su abreviatura mild hybrid o híbridos de 48V. Se trata de vehículos que cuentan con un sistema híbrido ligero, lo que significa que tienen un motor de combustión interna y un pequeño motor eléctrico que ayuda al primero. Como podemos notar en la “imagen 3” la batería es más pequeña que la de un híbrido convencional, de 48V, y no puede propulsar el vehículo de forma independiente. La energía eléctrica, por lo tanto, sirve para respaldar al motor térmico en fases de aceleración o sistemas poco complejos como la iluminación o el navegador,

por ejemplo. Este tipo de vehículo requiere combustible para moverse. La batería, por su parte, se recarga a través de la energía generada durante la conducción, especialmente durante la desaceleración y el frenado, cuando el motor eléctrico actúa como un generador para recuperar energía y almacenarla en la batería.

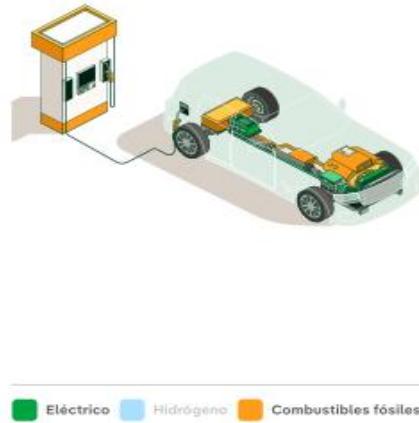


Imagen 3: Componentes de Coches microhíbridos (MHEV)

- **Vehículos eléctricos de baterías (BEV)**

Como se ve en la “imagen 4” estos modelos están completamente impulsados por electricidad y utilizan baterías recargables para almacenar electricidad y alimentar el motor eléctrico que lo propulsa. Para poder cargar este tipo de coche, como ocurre con cualquier dispositivo eléctrico, es necesario conectarlo a una fuente de electricidad, como una toma de corriente doméstica o una estación de carga. La velocidad de carga depende de la potencia de los cargadores a los que se pueda conectar, conocida como potencia máxima soportada. Además, la mayoría de los modelos disponen de un sistema de recuperación de energía de la frenada y las deceleraciones, que funciona como un generador de corriente capaz de “auto recargar” la batería. Este tipo de vehículos son más respetuosos con el medio ambiente que los de combustión, requieren de un menor costo de mantenimiento por la simplicidad mecánica y ofrecen una conducción suave y silenciosa.

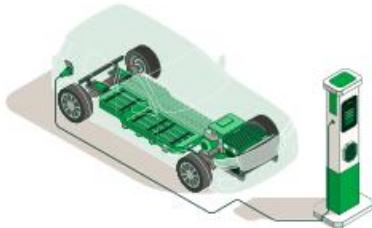


Imagen 4: Vehículos eléctricos de baterías (BEV)

- **Vehículo eléctrico de autonomía extendida (EREV)**

En la imagen 5 se muestra el EREV (Extended Range Electric Vehicle), combina características del vehículo eléctrico (VE) y del vehículo híbrido enchufable (PHEV). Aunque la potencia de propulsión la aporta una unidad eléctrica recargable, están equipados de un motor de combustión interna que actúa como generador para cargar la batería cuando esta se agota. Este tipo de vehículos se diferencia de los híbridos en que el motor de combustión no mueve en ningún caso las ruedas del coche. Los EREV pueden recargar tanto mediante una conexión a una fuente de electricidad, como mediante la gasolina a través del motor de combustión interna. Este tipo de vehículos proporcionan la eficiencia y la reducción de emisiones de un vehículo eléctrico a la vez que superan las limitaciones de autonomía al utilizar un motor de combustión como respaldo.

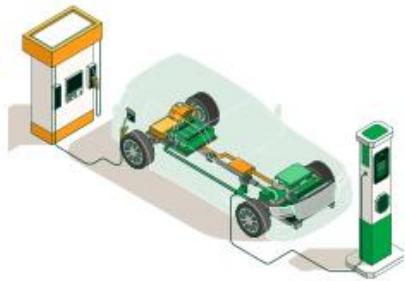


Imagen 5: Vehículo eléctrico de autonomía extendida (EREV)

- Vehículo híbrido enchufable (PHEV)

Los vehículos híbridos enchufables, también conocidos como PHEV (Plug in Hybryd Electric Vehicle), ver imagen 6, combinan un motor de combustión interna con un motor eléctrico y una batería. La principal cualidad de estos modelos es que tanto el motor de combustión como el motor eléctrico pueden traccionar las ruedas del vehículo, de tal forma que puede funcionar tanto en modo eléctrico durante un rango determinado de kilómetros utilizando la energía almacenada en la batería, como en formato híbrido combinando la potencia del motor de combustión interna con la eléctrica. La batería se puede recargar con una fuente externa de energía o punto de carga y también se puede usar el motor de combustión para la carga de las baterías del motor eléctrico. Este tipo de vehículos ofrecen una mayor autonomía que los vehículos eléctricos de batería puros y otorgan una mayor flexibilidad para utilizar la electricidad o la gasolina según las necesidades del conductor.

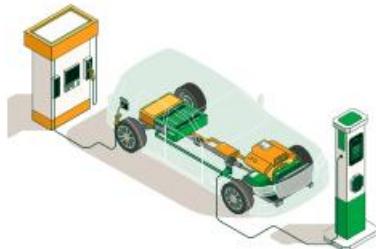


Imagen 6: Vehículo híbrido enchufable (PHEV)

- **Vehículo híbrido (HEV)**

Por último, En la imagen 7 se observa tenemos los vehículos híbridos o HEV (Hybrid Electric Vehicle) que combinan al menos dos fuentes de energía de propulsión. Cuentan tanto con un motor de combustión interna convencional (generalmente de gasolina o diésel) como con un motor eléctrico y ambos trabajan en conjunto para propulsar el vehículo. El motor eléctrico asiste al motor de combustión interna en momentos de alta demanda y permite restarle esfuerzo con el fin de reducir el consumo de combustible.

Los híbridos pueden moverse en modo completamente eléctrico, pero su autonomía es limitada al disponer de baterías pequeñas. A menudo recurren a la frenada regenerativa y al propio motor térmico para recargar las baterías y generar energía cinética.

El empleo de HEV permite reducir las emisiones y mejorar la eficiencia del combustible en comparación con los vehículos tradicionales, sobre todo en situaciones de parada y arranque frecuentes.

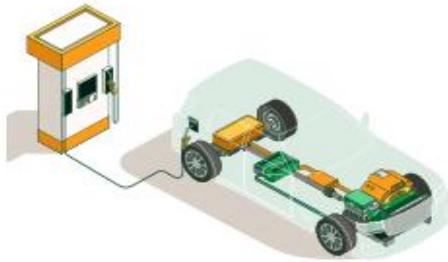


Imagen 7: Vehículo híbrido (HEV)

Alternativas eléctricas de transporte además de los autos

Según una nota publicada por el Instituto Mexicano del Transporte (2021, enero-febrero) la tecnología eléctrica en los vehículos ligeros se ha impulsado notablemente a través del tiempo. Casi de manera paralela, los fabricantes de autobuses y camiones también se han interesado en incorporarla, como el autobús mostrado en la imagen 8, ya que trae beneficios como la reducción

de la contaminación del aire, del ruido y del consumo de combustible y, con ello, mitigar el cambio climático.



Imagen 8: Autobús eléctrico tipo híbrido en la ciudad de Mérida, Yucatán México

Los autobuses y camiones con este tipo de tecnología han sido probados en países como Europa, China, Estados Unidos y Japón, aunque todavía no se hace de forma masiva debido al alto costo que implica el incorporar este tipo de vehículos, en comparación a los convencionales. En el corto plazo, el desarrollo de vehículos pesados eléctricos se ha limitado a aplicaciones específicas en la que se ha adecuado la tecnología eléctrica, ya que muchos aspectos sobre sus capacidades no tienen aún respuesta, particularmente por los largos recorridos requeridos por el autotransporte. Algunos fabricantes bien establecidos han hecho inversiones sobre la tecnología eléctrica, preparándose para competir en el futuro cercano en este segmento emergente.

De acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía, que compara las eficiencias energéticas de motores de combustión fósil y eléctrico, indica que un camión moderno con un motor de combustión puede lograr eficiencias del motor a la rueda de no más de 30%, mientras que los camiones eléctricos pueden alcanzar eficiencias de tren motriz a rueda de hasta 85% o más. En general, un motor de combustión interna convierte aproximadamente del 44% al 46% de la energía del combustible en trabajo. En contraparte, los motores eléctricos cuya eficiencia ronda el 95%, convierten en trabajo mecánico la energía química que proviene de la batería, produciendo entre 85% y 95% de eficiencia eléctrica a mecánica del tren motriz, para que sea transmitido a las llantas y realice el desplazamiento del vehículo, (IEA, 2019).

Otros medios urbanos como los sistemas de movilidad en las grandes ciudades están también cambiando debido a la mayor conciencia medioambiental, sumada al cambio de mentalidad respecto al uso compartido y las restricciones al tráfico por los niveles de emisiones en grandes ciudades. Se espera que cada día sean más los ciudadanos que apuesten por dejar atrás su vehículo particular y desplazarse en una de las múltiples opciones disponibles a su alcance, siendo el transporte público masivo electrificado una alternativa viable (véase imagen 9). Por ejemplo, el tren electrificado, teleféricos, trolebús, entre otros (Instituto Mexicano del Transporte, 2021).



Imagen 9: tren electrificado, teleférico y autobús eléctrico.

Transportes sustentables de uso individual

Según una publicación de la Secretaría de medio ambiente y recursos naturales realizada en agosto de 2018, En esta categoría, además de los vehículos eléctricos también se encuentran las bicicletas tradicionales y eléctricas o e-bikes y los Scooter como se observa en la imagen 10

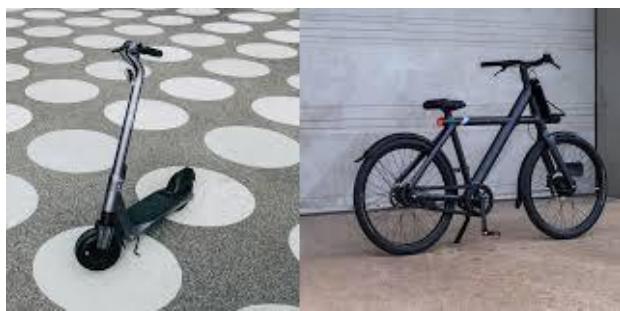


Imagen 10: Scooter y bicicleta eléctrica

Tecnologías en el transporte para la movilidad eléctrica

Según el Instituto Mexicano del Transporte, en países desarrollados se han desarrollado prototipos sobre movilidad eléctrica en el transporte con el fin de reducir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones contaminantes al medio ambiente. Esto, con apoyo de programas gubernamentales y la industria automotriz.

E-Highway

En Suecia, en junio de 2016 se abrió al público la autopista denominada e-Highway, primera en su tipo, desarrollado por Scania y Siemens y financiado por la Administración de Transporte de Suecia (Trafikverket). El objetivo general fue la evaluación del sistema de carreteras eléctricas antes de su introducción en la red públicas de carreteras, que consiste en este caso de la electrificación de un tramo (dos km) de la autopista E16, al norte de Estocolmo. El tramo dispone de una red de energía eléctrica que se conecta a los vehículos a través de un sistema tipo pantógrafo, similar al que usan los trenes y los tranvías, transmitiendo la energía a los vehículos híbridos enchufables eléctricos en serie de carga.

El funcionamiento de este sistema conecta a los camiones a la red eléctrica (catenaria) con un enganche de energía extensible que sale desde la parte superior del vehículo, a través de unos sensores que la detectan. El camión funciona con un motor de combustión (diésel) que activa al generador, el cual produce la energía para alimentar al motor eléctrico. Cuando el vehículo se conecta a la catenaria, el motor de combustión deja de trabajar y, por tanto, la energía eléctrica pasa directamente del pantógrafo al generador y, posteriormente, del motor eléctrico a las ruedas de tracción. En la imagen 11 se observa la e-Highway de Suecia (Instituto Mexicano del Transporte, s.f.).



Imagen 11: Autopista eléctrica e-Highway en Suecia

Otro prototipo (imagen 12) más se desarrolló en el estado de California, EE.UU, cuyo propósito es promover la implementación de tecnologías en movimiento de mercancías cero emisiones. El proyecto incluye varios camiones, uno de los cuales se proporciona en colaboración con Mack, una marca del Grupo Volvo. Los camiones híbridos en este proyecto están equipados con varias tecnologías alternativas de combustible; por ejemplo, un camión híbrido de gas natural y un camión totalmente eléctrico. Usando un camino de una milla de largo (1.6 km) con líneas de contacto que van en ambas direcciones, recopila datos y evalúa los beneficios de las operaciones de eHighway para el sur de California, especialmente para las operaciones de transporte de carga intensamente utilizadas que conectan los puertos cercanos de Los Ángeles y Long Beach con patios ferroviarios locales (Instituto Mexicano del Transporte, s.f.)



Imagen 12: Prototipo eHighway en California, EE.UU.

Además de Suecia y EE.UU, Alemania incorporó una e-highway en 2017 de 10 km en la autopista A5, entre el intercambio Zeppelinheim - Cargo City Süd en el aeropuerto de Frankfurt y el intercambio Darmstadt-Weiterstadt. Éste fue desarrollado por Siemens y fue puesta en servicio en 2018, (Siemens, 2018). Su función principal es la solución a la mitigación de emisiones y reducir el consumo de combustible fósil. En cuanto a la operación, facilita la recarga de vehículos híbridos y proporciona la energía al motor eléctrico. El proyecto tiene contemplado ejecutar pruebas de campo hasta el año 2022, acorde con Siemens, el socio de investigación TU Darmstadt y el proveedor de electricidad. Scania suministró cinco camiones híbridos de línea para este proyecto, con un total de 15 camiones para las pruebas de campo.

Sistema de alimentación por suelo

Alstom y Volvo presentaron el proyecto carreteras eléctricas, como una alternativa sostenible para el transporte de mercancías de larga distancia en camiones híbridos. El programa, que cuenta con el apoyo de la Agencia Sueca de Energía, completó la fase de ensayos a finales de 2015. El objetivo del proyecto propuso aplicar a las carreteras el sistema de alimentación por suelo (APS) de Alstom, que utilizan los tranvías Citadis desde 2003 como alternativa a la catenaria. Al igual que en la tecnología tranviaria, la solución planteada consiste en la introducción de un carril conductor en la vía (dos líneas de alimentación eléctrica en el asfalto, en este caso) para que suministre electricidad al vehículo durante la marcha, por lo que el vehículo cuenta con un colector de corriente en contacto con las líneas de energía. Las líneas de alimentación corren a lo largo de toda la longitud de la carretera y, al igual que sucede con los tranvías actualmente en funcionamiento con esta tecnología, cuentan con un sistema inteligente para que la corriente solo circule cuando el vehículo se encuentra sobre ellas. Un colector de electricidad montado en la parte trasera o debajo del camión emite una señal específica que activa el sistema y permite que circule la corriente eléctrica sólo en ese momento (ver imagen 13).



Imagen 13: Sistema de alimentación por suelo a un vehículo de carga híbrido

Sistema de alimentación por suelo a un vehículo de carga híbrido

Este sistema garantiza el transporte de mercancías en grandes distancias con la disponibilidad continua de energía, permitiendo que los camiones funcionen sin limitaciones de autonomía, sin necesidad de llevar grandes pilas y sin tener que realizar paradas constantes para recargar las baterías. La alimentación por suelo se aplicará en vehículos híbridos, ya que al

desconectarse el vehículo de la alimentación tendrá que circular por vialidades ordinarias, (Híbridos y Eléctricos, 2015).

Recarga inductiva electromagnética

Debido al avance de la tecnología en la industria automotriz, la movilidad eléctrica está ganado impulso poniendo en primer plano la infraestructura de carga. Hasta ahora, los puntos de carga para vehículos eléctricos han sido dispositivos enchufables que funcionan, pero que dependen directamente del nivel de carga.

Aunque puede ser una red doméstica de nivel 1, el tiempo de recarga es tardado, de alrededor de 8 horas; por otro lado, el nivel 2 se considera como carga semirápida y tiene un tiempo estimado de 3 a 5 horas y, por otro, carga rápida de nivel 3 que permite cargar las baterías de un vehículo hasta un 80% en 30 minutos.

Sin embargo, reducir el tiempo de carga depende de las características de voltaje y corriente, cuyo acondicionamiento requiere de resolver todavía serios temas técnicos. Aun así, comparado con los tiempos de recarga de combustible fósil, los tiempos de recarga todavía quedan limitados.

La recarga inductiva electromagnética es una opción en el futuro de la alimentación eléctrica (imagen 14), que consiste en la recarga inalámbrica que transfiere la electricidad mediante ondas, desde una bobina inductora situada en el pavimento hasta la bobina secundaria que ejerce de receptor y que va instalada en el vehículo.

El único inconveniente técnico reside en su menor eficiencia, tema que actualmente se está investigando, además de orientar hacia un estándar común a todos los fabricantes (Instituto Mexicano del Transporte, s.f.).

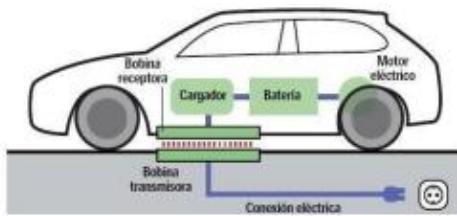


Imagen 14: Recarga inductiva electromagnética de vehículos eléctricos

Ventajas de los Vehículos Eléctricos

Eficiencia Energética

Uno de los principales beneficios de los EV es su eficiencia energética. En comparación con los automóviles a gasolina, los EV pueden convertir entre un 59 % y un 62 % de la energía almacenada en sus baterías en movimiento vehicular, mientras que los motores de combustión interna solo convierten entre un 17 % y un 21 % de la energía del combustible en energía utilizable para el desplazamiento. (EnergySage, 2023)

Reducción de Emisiones y Beneficios Ambientales

Los EV contribuyen significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. A diferencia de los vehículos de combustión interna, los EV no generan emisiones directas de escape, lo que disminuye la contaminación del aire y contribuye a la lucha contra el cambio climático (EnergySage, 2023). Además, la utilización de energías renovables, como la solar y la eólica, en la recarga de baterías puede reducir aún más la huella de carbono de estos vehículos.

Costos y Mantenimiento

Los EV requieren menos mantenimiento que los automóviles convencionales, ya que no utilizan aceites de motor ni tienen componentes como sistemas de escape o transmisiones complejas. Además, las baterías modernas permiten recorrer aproximadamente 100 millas con un consumo de entre 25 y 40 kWh, lo que resulta en un costo de operación menor en comparación con los vehículos a gasolina. Por ejemplo, un EV puede recorrer hasta 43 millas por un costo de carga de \$1.00, mientras que un vehículo de combustión interna solo podría recorrer 10 millas por el mismo precio de combustible (EnergySage, 2023).

Desventajas de los Vehículos Eléctricos

Autonomía Limitada

A pesar de sus ventajas, los EV presentan ciertos desafíos. Uno de los principales es su autonomía limitada en comparación con los vehículos a gasolina. Mientras que un automóvil convencional puede recorrer aproximadamente 300 millas con un tanque lleno, la mayoría de los EV tienen una autonomía de entre 60 y 120 millas por carga, aunque algunos modelos de gama alta pueden alcanzar hasta 300 millas (EnergySage, 2023).

Tiempos de Recarga

Dependiendo del tipo de cargador utilizado, la recarga completa de un EV puede tomar desde 30 minutos (carga rápida) hasta 80 horas (carga nivel 1 o 2), lo que requiere una planificación adicional por parte de los conductores (EnergySage, 2023).

Costos Iniciales y Accesibilidad

El costo inicial de los EV sigue siendo un obstáculo para muchos consumidores. Aunque a largo plazo resultan más económicos debido al ahorro en combustible y mantenimiento, los precios iniciales suelen ser más elevados en comparación con los automóviles convencionales. No obstante, existen incentivos gubernamentales y programas de subsidios que pueden reducir estos costos, facilitando el acceso a la tecnología eléctrica (EnergySage, 2023).

Elementos importantes de un vehículo eléctrico

Motor Eléctrico

El motor eléctrico es el encargado de proporcionar movimiento al vehículo. Se alimenta de electricidad y existen distintos tipos de tecnologías, entre los más conocidos: inducción, síncronos y reluctancia conmutada. Como ejemplo de un motor eléctrico que se utilizan en los vehículos “Imagen 15“ (*Plataforma De Electromovilidad - Componentes De Los Autos Eléctricos*, n.d.)

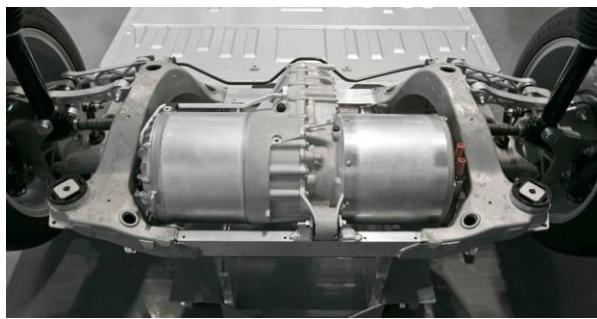


Imagen 15: Motor eléctrico de un automóvil comercial

Principio de Funcionamiento del Motor Eléctrico

Según el Centro de Formación Técnica para la Industria Aula 21, los principios físicos que rigen el funcionamiento de un motor eléctrico se conocen como la ley de Ampère y la ley de Faraday.

El primer principio establece que un conductor eléctrico que se encuentra en un campo magnético experimentará una fuerza si la corriente que fluye a través del conductor tiene un componente en ángulo recto con dicho campo. Como consecuencia, la inversión de la corriente o del campo magnético generará una fuerza en dirección opuesta.

El segundo principio indica que si un conductor se mueve a través de un campo magnético, cualquier componente de movimiento perpendicular a dicho campo generará una diferencia de potencial entre los extremos del conductor. Cuando una corriente eléctrica comienza a desplazarse por un cable, se genera un campo magnético a su alrededor. Si el cable

se coloca cerca de un imán permanente, este campo magnético temporal interactúa con el campo del imán permanente.

Al igual que dos imanes pueden atraerse o repelerse entre sí, el magnetismo temporal alrededor del cable atrae o repele el magnetismo permanente del imán, lo que provoca la rotación del cable. Es decir, el funcionamiento del motor eléctrico se basa en los principios del electromagnetismo, demostrando que se aplica una fuerza cuando una corriente eléctrica está presente en un campo magnético. Esta fuerza genera un par de torsión en un bucle de alambre dentro del campo magnético, lo que permite que el motor gire y realice un trabajo útil.

Partes de un Motor Eléctrico

Según el Centro de Formación Técnica para la Industria Aula 21, un motor eléctrico está compuesto por dos elementos esenciales. El primero es un componente estático que contiene materiales magnéticos y conductores eléctricos para generar campos magnéticos de una forma específica, denominado estator.

El segundo componente, también formado por conductores magnéticos y eléctricos que generan campos magnéticos en interacción con los del estator, es conocido como rotor. El rotor constituye la parte móvil del motor e incluye un eje giratorio que permite la conexión con la máquina que se impulsa, además de un medio para mantener el contacto eléctrico entre el rotor y la carcasa del motor.

Durante el funcionamiento, la corriente eléctrica suministrada al motor genera campos magnéticos tanto en el rotor como en el estator. Estos campos interactúan entre sí, lo que provoca que el rotor experimente un par de torsión y, en consecuencia, gire.

Sistema de Gestión de Batería (BMS)

El Sistema de Gestión de Batería (BMS, por sus siglas en inglés) controla los flujos de entrada y salida de energía de las baterías (como se observa en la imagen 16). Este sistema monitorea parámetros como el voltaje, la corriente y la temperatura de las celdas, asegurando un funcionamiento seguro y eficiente de la batería. (*Plataforma De Electromovilidad - Componentes De Los Autos Eléctricos*, n.d.)



Imagen 16: BMS

Funcionamiento del BMS

Según Hf Motor (2023), las funciones del Sistema de Gestión de Batería (BMS, por sus siglas en inglés) incluyen:

1. Medición de la tensión:

El BMS monitoriza constantemente la tensión de cada celda de la batería para detectar posibles desequilibrios. Esto resulta fundamental para evitar daños en la batería y maximizar su vida útil.

2. Control de la corriente:

El BMS regula la corriente de carga y descarga de la batería, previniendo situaciones de sobrecarga o sobredescarga que podrían afectar negativamente su rendimiento y capacidad.

3. Detección de temperatura:

El BMS supervisa la temperatura de la batería con el objetivo de prevenir el sobrecalentamiento. En caso de detectar temperaturas anormales, el sistema puede tomar

medidas para proteger la batería, como limitar la corriente o activar mecanismos de enfriamiento.

4. Gestión de la capacidad:

El BMS estima y controla la capacidad disponible de la batería. Esto permite al sistema de gestión informar al conductor sobre la autonomía restante y evitar que la batería se descargue por completo, lo que podría reducir su vida útil.

Baterías de Litio

Como se puede ver en la Imagen 17 los vehículos eléctricos utilizan baterías para alimentar el motor eléctrico, variando en su capacidad energética (kWh). Las tecnologías más comunes son las baterías electro-estáticas y las electro-químicas. La tipología más utilizada en movilidad eléctrica es la batería de Ión-Litio (batería electro-química). (*Plataforma De Electromovilidad - Componentes De Los Autos Eléctricos*, n.d.)

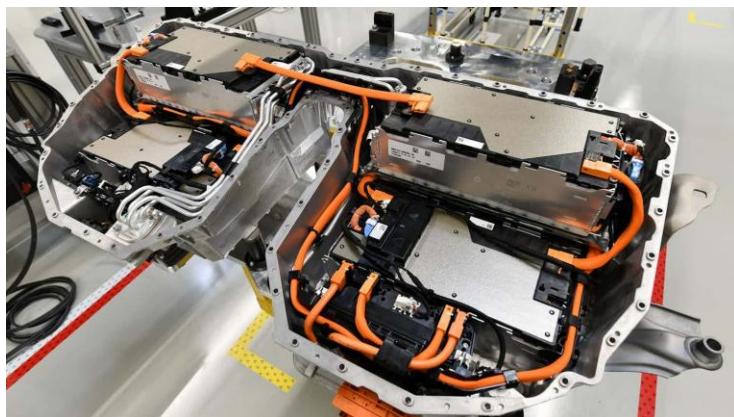


Imagen 17: baterías de litio en un automóvil comercial

Almacenamiento, carga y descarga de las baterías de iones de litio:

Diariomotor (2025) nos dice que La batería de iones de litio se compone de 4 elementos principales:

- El ánodo.
- El cátodo.
- Un separador colocado entre los dos electrodos.
- El espacio restante de la batería lo llena un electrolito.

El ánodo y el cátodo tienen la capacidad de almacenar iones de litio. Al mismo tiempo que la energía se va almacenando, esta se va liberando a medida que los iones de litio viajan a través del electrolito entre estos electrodos, este puede ser electrolito sólido o electrolito líquido.

Durante la carga:

- El cargador pasa la corriente a la batería.
- Los iones de litio van del cátodo al ánodo a través del electrolito.
- La batería es cargada por una diferencia potencial entre los dos electrodos.

Durante la descarga:

- Se forma un circuito de descarga entre el ánodo y el cátodo.
- Los iones de litio almacenados en el ánodo se mueven hacia el cátodo.
- Se utiliza energía.
- La batería de iones de litio se puede cargar y descargar un gran número de veces, gracias al movimiento de los iones de litio entre los electrodos.

Cargador

Como se ilustra en la imagen 18 este elemento absorbe la electricidad de forma alterna directamente desde la red y la transforma en corriente continua para poder cargar las baterías. Para conseguir esta transformación en corriente continua, los cargadores internos, es decir, están instalados dentro del vehículo, disponen de un rectificador de corriente. Sin embargo, si se utiliza un punto de carga ultra-rápida de corriente continua, es posible cargar la batería directamente. (Basurco A., 2019).



Imagen 18: Cargador de batería de litio

Selector

Como se ilustra en la imagen 19 el selector de marchas en un vehículo eléctrico permite al conductor elegir entre diferentes modos de conducción, como avance, retroceso, punto muerto y estacionamiento. Aunque los vehículos eléctricos no tienen una transmisión tradicional con múltiples velocidades, el selector es esencial para controlar la dirección y el estado del vehículo. (García J. , 2018).



Imagen 19: Selector de marchas

Pedal/Acelerador

En los vehículos modernos, la proporción de componentes eléctricos es cada vez mayor y entre ellos, cabe destacar el pedal del acelerador, véase imagen 20. El principio básico de funcionamiento es traducir el posicionamiento del pedal en una señal eléctrica que es recibida e interpretada por la unidad de control para mandar la orden correspondiente al motor. (Basurco A., 2019).



Imagen 20: Pedal/Acelerador

Inversor

El inversor es un dispositivo electrónico que convierte la corriente continua (DC) almacenada en las baterías en corriente alterna (AC) para alimentar el motor eléctrico, véase imagen 21. Además, durante la frenada regenerativa, el inversor convierte la energía generada por el motor en corriente continua para recargar las baterías. (David Plaza, 2022)



Imagen 21: Inversor

Convertidor DC-DC

Como se observa en la imagen 22 el convertidor DC-DC es un dispositivo electrónico auxiliar que convierte la corriente continua de alto voltaje de la batería de tracción en corriente continua de bajo voltaje (12V o 24V), necesaria para alimentar los sistemas eléctricos auxiliares del vehículo, como la iluminación, el sistema de info-entretenimiento y otros componentes electrónicos. (*Convertidor DC Para Vehículo Eléctrico, Convertidor DC EV DC / MOVILIDAD EMP EV*, n.d.)

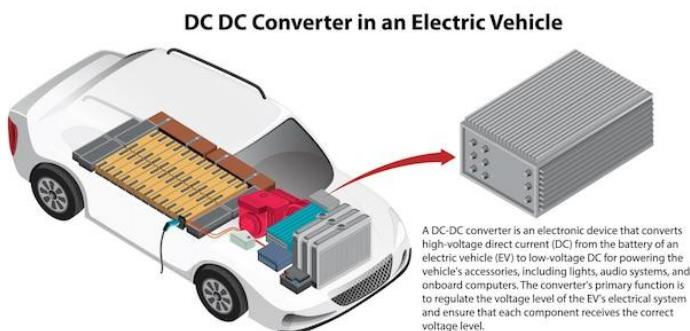


Imagen 22: Convertidor DC/DC

Sistema de Frenado Regenerativo

Como se ilustra en la imagen 23, el sistema de frenado regenerativo permite que, durante la desaceleración o frenado, el motor eléctrico actúe como generador, convirtiendo la energía cinética del vehículo en energía eléctrica que se almacena nuevamente en la batería. Este proceso mejora la eficiencia energética y extiende la autonomía del vehículo eléctrico. (David Plaza, 2022)

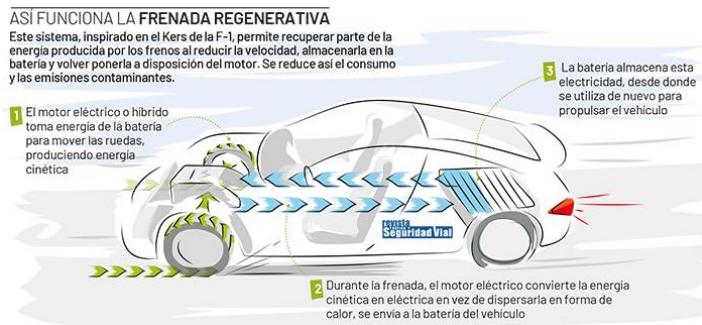


Imagen 23: Sistema de frenado regenerativo

Funcionamiento del frenado regenerativo

Honda (2022) nos dice que el frenado regenerativo está integrado en el normal funcionamiento de un automóvil eléctrico híbrido. Todo lo que el conductor debe hacer es pisar el freno con normalidad y el sistema híbrido se encargará del resto. Cuando se presiona el freno, los frenos producen calor. Este calor hace que el motor funcione al revés, lo que le permite generar electricidad que puede almacenarse en la batería.

El motor eléctrico de un automóvil híbrido o eléctrico puede funcionar en dos direcciones: hacia adelante y hacia atrás. Cuando usa el pedal del acelerador, el motor gira hacia adelante, impulsando las ruedas y propulsando el automóvil. Cuando presione el pedal del freno, el motor funcionará hacia atrás, pasando al modo de marcha atrás. A medida que el motor funciona hacia atrás, también genera electricidad, que se retroalimenta a la batería, reponiendo su carga.

Sistema de Aire Acondicionado y refrigeración

El sistema de aire acondicionado en vehículos eléctricos utiliza un compresor accionado eléctricamente con alta tensión, lo que permite la climatización del habitáculo incluso cuando el motor está apagado, como se observa en la imagen 24. Además, este sistema puede colaborar en la refrigeración de otros componentes, como la batería y la electrónica de potencia, mediante la integración de intercambiadores de calor especiales. (*Termocontrol En Vehículos Eléctricos E Híbridos, 2019*)

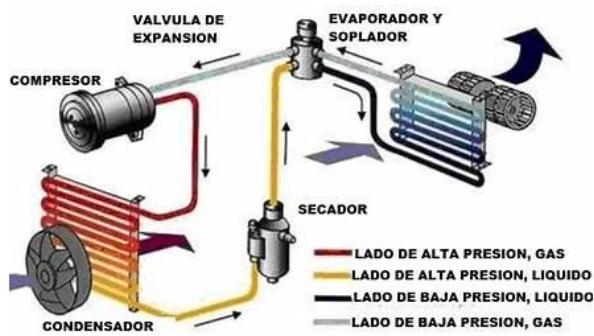


Imagen 24: Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración en un vehículo eléctrico es esencial para mantener la temperatura óptima de funcionamiento de componentes clave como el motor eléctrico, la electrónica de potencia y la batería de alta tensión. Este sistema puede incluir bombas de agua eléctricas, (imagen 25) radiadores de baja temperatura y refrigeradores que, en conjunto, aseguran que estos componentes operen dentro de rangos de temperatura seguros, previniendo el sobrecalentamiento y garantizando la eficiencia y durabilidad del vehículo. (*Termocontrol En Vehículos Eléctricos E Híbridos, 2019*)

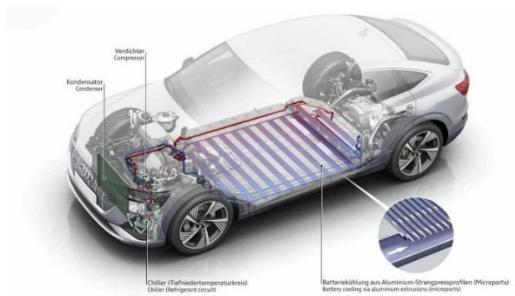


Imagen 25: Sistema de refrigeración de las baterías

Componentes de sistema de aire acondicionado y refrigeración de un vehículo eléctrico

Behr Hella (2019) nos da un listado de los componentes de un sistema de aire acondicionado y refrigeración de un vehículo eléctrico

Refrigerador

El refrigerador es un intercambiador de calor especial conectado al circuito de refrigerante, que hace posible reducir aún más la temperatura del refrigerante por medio del propio refrigerante del sistema de aire acondicionado.

Radiador de la batería

A cada lado de las placas refrigerantes se asienta un segmento de la batería. Los segmentos de la batería y las placas refrigerantes forman un módulo de batería firmemente unido. Con la refrigeración directa de la batería, el refrigerante del sistema de aire acondicionado fluye a través de las placas de refrigeración. Con la refrigeración indirecta de la batería, el refrigerante fluye a través de las placas de refrigeración. Si la capacidad de refrigeración no es suficiente para la refrigeración indirecta de la batería, el refrigerante puede enfriarse adicionalmente mediante un refrigerador. El refrigerador es un intercambiador de calor especial que se utiliza para la refrigeración indirecta de la batería y está integrado en el circuito de refrigerante.

Compresor eléctrico

El compresor es accionado eléctricamente con alta tensión. Ello permite la climatización del vehículo, incluso si el motor está apagado. Además, el refrigerante también se puede enfriar con la ayuda del sistema de aire acondicionado.

Válvula de cierre de refrigerante

Las válvulas de corte de refrigerante son controladas eléctricamente y se encargan de abrir/cerrar partes del circuito de refrigerante según sea necesario o de conectar varios circuitos entre sí.

Radiador de baja temperatura

La temperatura del refrigerante para el motor eléctrico y la electrónica de potencia se mantiene por debajo de 60°C en un circuito de refrigeración separado y mediante un refrigerador de baja temperatura.

Calentador de refrigerante de alto voltaje

Si las temperaturas son demasiado bajas, el refrigerante se calienta con un calentador auxiliar eléctrico de alta tensión. Dicho calentador está integrado en el circuito de refrigeración.

Termostato

Los termostatos, ya sean eléctricos o mecánicos, mantienen la temperatura del refrigerante a un nivel constante.

Calentadores eléctricos / calentadores auxiliares de alta tensión

Los vehículos eléctricos carecen del calor residual del motor que se transfiere al refrigerante. Por lo tanto, es necesario calentar el habitáculo con la ayuda de un calentador eléctrico auxiliar situado en el sistema de ventilación.

Electrónica de potencia

Su tarea en el vehículo es controlar los motores eléctricos, comunicarse con el sistema de control del vehículo y diagnosticar el accionamiento. Por regla general, la electrónica de potencia se compone de una unidad de control electrónica, un inversor y un convertidor DC/DC. Para mantener la electrónica de potencia dentro de un determinado rango de temperatura, se conecta al sistema de refrigeración/calefacción del vehículo.

Batería de alta tensión

La batería de alta tensión (batería HV) es, junto con el motor eléctrico, uno de los componentes clave del vehículo eléctrico. Consiste en módulos de baterías interconectados, que a su vez están formados por células. Las baterías se basan normalmente en la tecnología de iones de litio. Tienen una alta densidad de energía. Debido a una reacción química decreciente, el rendimiento a temperaturas por debajo de 0°C disminuye significativamente. A temperaturas superiores a 30°C el proceso de envejecimiento aumenta fuertemente, y a temperaturas

superiores a 40°C la batería puede resultar dañada. Para lograr una larga vida útil y la mayor eficacia posible, la batería debe funcionar en un determinado rango de temperatura.

Condensador

El condensador se utiliza para enfriar el refrigerante que se ha calentado debido a la acción del compresor. El gas refrigerante caliente fluye hasta el condensador, disipando así el calor hacia el exterior a través de la propia tubería y de las laminillas. En el proceso de refrigeración se modifica también el estado de los componentes del refrigerante, cambiando de gaseoso a líquido.

Bomba de agua eléctrica

Las bombas eléctricas de agua o de refrigerante, con regulación electrónica integrada, se ponen en marcha teniendo en cuenta la potencia de refrigeración que se necesite en cada momento. Pueden emplearse como bombas principales, de flujo secundario o incluso de circulación, y funcionan según sea la necesidad, independientemente del motor.

Sistema de Dirección Electro-Asistida

La dirección asistida en vehículos eléctricos suele ser de tipo eléctrico (EPS, Electric Power Steering), donde un motor eléctrico proporciona asistencia al conductor para girar el volante, véase imagen 26; este sistema mejora la eficiencia energética al consumir energía solo cuando se requiere asistencia en la dirección, a diferencia de los sistemas hidráulicos tradicionales que operan continuamente. (Ibañez, 2023)

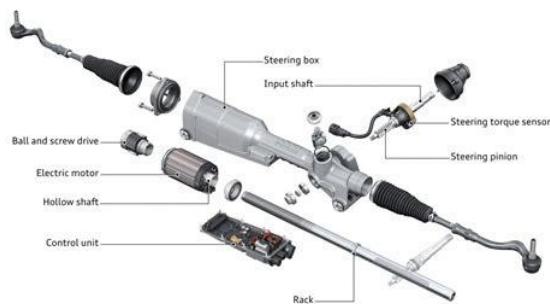


Imagen 26: Dirección Electro-asistida

Desarrollo de Proyecto

Antes de iniciar el desmontaje de los componentes y el motor de la camioneta Toyota Sienna 2008, así como la selección de los nuevos sistemas a instalar, se llevó a cabo una investigación exhaustiva. El objetivo de esta investigación fue recopilar información clave para identificar los aspectos técnicos y de seguridad que debían considerarse antes de intervenir en el vehículo.

Principales Diferencias entre Vehículos de Combustión y Eléctricos.

Según un artículo publicado en 2023 por la revista alemana *Auto Bild*, la empresa automotriz Stellantis explica que un vehículo de combustión interna cuenta con aproximadamente 30,000 piezas solo en el conjunto de motor y transmisión. En contraste, un vehículo eléctrico reduce esta cifra en un 60%, quedando con alrededor de 12,000 componentes. La principal diferencia se encuentra en el motor. Los vehículos eléctricos no cuentan con pistones, bielas, cigüeñales, cilindros, válvulas, ni con un sistema de escape y admisión. Además, carecen de filtros, bombas de combustible y de aceite.

Otra diferencia importante radica en el sistema de arranque. Mientras que un motor de combustión necesita un motor eléctrico de arranque para generar el movimiento del cigüeñal y dar inicio al ciclo de funcionamiento, en un vehículo eléctrico el motor comienza a girar simplemente cuando se suministra energía desde las baterías, eliminando la necesidad de un sistema de arranque convencional.

Peso y Espacio en el Vehículo

Otro aspecto clave antes de seleccionar los nuevos componentes del vehículo es determinar su peso y evaluar el espacio disponible para la instalación, una vez realizado el desmontaje. Es fundamental considerar el equilibrio del peso para no afectar la estabilidad y el rendimiento del vehículo.

Componentes

Aunque aún no se pueden definir con precisión las especificaciones exactas de cada componente, se investigaron sus funciones y características. Para facilitar el análisis, los componentes se clasificaron en primarios y secundarios.

Componentes Primarios del Vehículo Eléctrico

Motor

- **Descripción:** Como se ve en la imagen 27, es el componente encargado de convertir la energía eléctrica almacenada en las baterías en movimiento. Funciona de manera similar a un motor convencional, pero utilizando electricidad en lugar de combustibles fósiles.
- **Justificación:** Se emplea para propulsar el vehículo sin necesidad de gasolina, aprovechando la energía eléctrica de manera eficiente y limpia.

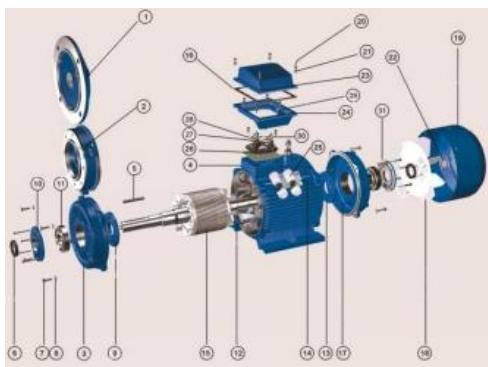


Imagen 27: Partes de un motor eléctrico

Controlador

- **Descripción:** Actúa como el "cerebro" del vehículo eléctrico, regulando el flujo de energía desde las baterías hacia el motor. Controla la velocidad y el comportamiento del motor en función de la presión ejercida sobre el acelerador.
- **Justificación:** Como se observa en la imagen 28, se utiliza para asegurar que el motor reciba la cantidad adecuada de energía, garantizando un funcionamiento seguro y eficiente del vehículo eléctrico.



Imágenes 28: Controlador de un Vehículo Eléctrico

BMS (Sistema de Gestión de Batería)

- **Descripción:** Este sistema monitorea las baterías, asegurando que no se sobrecarguen ni se descarguen en exceso. Además, equilibra la carga entre las celdas de la batería para maximizar su vida útil.
- **Justificación:** Como se observa en la imagen 29 su uso es esencial para la seguridad de las baterías de litio, previniendo daños y optimizando su rendimiento a largo plazo.



Imagen 29: BMS

Baterías de Litio

- **Descripción:** Son las fuentes de energía que alimentan el motor, almacenando la electricidad necesaria para el funcionamiento del vehículo.
- **Justificación:** Como se observa en la imagen 30, se utilizan debido a su ligereza, alta capacidad de almacenamiento de energía y larga vida útil, lo que las convierte en la mejor opción para vehículos eléctricos.

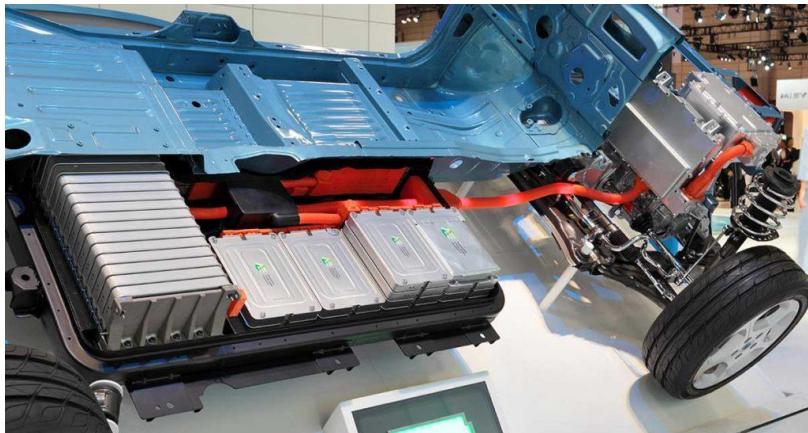


Imagen 30: Baterías de Litio en un vehículo eléctrico

Cargador

- **Descripción:** Convierte la electricidad de una toma de corriente convencional en la forma adecuada para recargar la batería del vehículo.
- **Justificación:** Como se observa en la imagen 31, se emplea para restaurar la carga de las baterías del vehículo cuando se agotan, eliminando la necesidad de combustibles fósiles.



Imagen 31: Cargador de Vehículo Eléctrico

Selector

- **Descripción:** Permite al conductor elegir entre los diferentes modos de conducción, como avance, retroceso o reposo.
- **Justificación:** Como se observa en la imagen 32, es esencial para brindar al conductor el control sobre la dirección y el modo de funcionamiento del vehículo.



Imagen 32: Selector de Marchas en un Vehículo Eléctrico

Pedal/Acelerador

- **Descripción:** Dispositivo que el conductor presiona para regular la velocidad del vehículo.
- **Justificación:** Como se observa en la imagen 33, su funcionamiento es igual al de un vehículo tradicional, permitiendo al conductor controlar la aceleración de manera intuitiva en un sistema eléctrico.



Imagen 33: Pedal Acelerador en un Vehículo Eléctrico

Componentes Secundarios

Convertidor DC/DC

- **Descripción:** Ajusta el voltaje de la corriente continua en un vehículo eléctrico. Su función principal es reducir la tensión de la batería principal para alimentar otros sistemas, como las luces y la radio.

- **Justificación:** Como se observa en la imagen 34, permite que los distintos componentes del vehículo reciban la energía adecuada sin depender directamente de la batería de alta tensión.



Imagen 34: Convertidor DC/DC

Monitor

- **Descripción:** Muestra información clave sobre el estado de la batería, el consumo de energía y otros parámetros importantes. Puede estar ubicado en el tablero del auto o ser accesible desde una aplicación móvil.
- **Justificación:** Como se observa en la imagen 35, facilita el monitoreo del rendimiento del vehículo, permite verificar el estado de la batería y ayuda a detectar fallos de manera rápida y sencilla.



Imagen 35: Monitor de vehículo eléctrico

Metodología

Extracción del motor

Extracción del sistema de escape del vehículo:

En el primer paso, es necesario desmontar el sistema de tubos de escape, así como el catalizador del automóvil. Para ello, el vehículo debe colocarse en un elevador automotriz que permita el acceso a la parte inferior y facilite la retirada de los tornillos, sensores, conexiones y cualquier otro objeto que retenga la tubería. Finalmente, el sistema es eliminado, ya que se volverá innecesario en la adaptación.

Desmontaje del tanque de combustible:

Una vez que el sistema de escape ha sido retirado, se procede a desmontar el tanque de combustible. Primero, es necesario desconectar tanto la bomba como las distintas mangueras que transportan la gasolina al motor y las de llenado del tanque. Con las mangueras ya desconectadas, se retira la tornillería y se extrae el tanque con cuidado para evitar derrames de residuos de gasolina.

Extracción del motor:

Con estos sistemas desconectados, se procede a desmontar el motor. Para ello, primero se baja el elevador al nivel del suelo. Con el vehículo a nivel, se identifican los soportes del motor y de la caja de cambios. Una vez ubicados, se desconectan los diferentes sensores y actuadores del motor. Posteriormente, se colocan bases para soportarlo y evitar que caiga al suelo. Como se observa en la imagen 36. Cuando todas las conexiones han sido desconectadas y los soportes están en su lugar, se eleva nuevamente el vehículo con el elevador para facilitar el acceso al motor. Finalmente, se despeja el área, se resguarda el motor y se baja el automóvil al suelo.



Imagen 36: Extracción del motor del Vehículo Toyota Sienna 2008

A continuación, (imagen 37) se presentan las especificaciones del motor de combustión original que fue retirado del vehículo (Toyota Sienna 2008).

Toyota Sienna II 3.5 V6 Motor Datos Técnicos	
Motor :	V 6
Código del Motor :	-
Combustible :	Gasolina
Alimentación :	MPFI
Situación :	Transversal
Cilindrada :	3456 cm³ / 210.9 cu-in
Diámetro x Carrera :	94.00 x 83.00 mm 3.7 x 3.27 pulgadas
Válvulas :	24 Válvulas
Sobrealimentación :	atmosférico
Relación de Compresión :	10.80
Potencia :	269 PS / 265 HP / 198 kW @ 6200 rpm
Par máximo :	332.0 Nm / 244 lb-ft @ 6200 rpm
Tracción :	FWD
Caja de Cambios :	5 velocidades Automatic

Imagen 37: Ficha técnica

Adquisición de componentes para la conversión requerida del vehículo

Inicialmente, se mencionaron los componentes nuevos que se instalarían en el vehículo, clasificados en principales y secundarios. No obstante, no se detallaron las especificaciones técnicas exactas que se utilizarían. A continuación, se presentan dichas especificaciones, junto con imágenes de cada uno de los componentes adquiridos para su montaje.

Imagen del componente	Nombre y Especificación
	<p>Motor eléctrico trifásico sin carbones de inducción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelo: YS220H020 SCROU • Tensión original: 110 VCA • Potencia máxima: 49 kW • Par máximo: 175 N.m • Velocidad Máxima: 7000 rpm

	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante: Yongkang Sikeruo Electric Appliance Co.,Ltd.
	<p>BMS (sistema de gestión de batería)</p>
	<p>Baterías</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de batería: Ion de litio (Li-ion). • Marca: Unique New Energy. <ul style="list-style-type: none"> • Modelo: Unique-EV-25.6V100Ah-01. • Voltaje nominal: 25.6V. • Capacidad: 100Ah. • Energía: 2560Wh (vatiros-hora).
	<p>Cargador de baterías</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelo: CH4100 • Entrada nominal: 220VAC 50/60Hz.

	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de entrada: 85-265VAC (nota: <185VAC limita la salida a 1,5KW). • Factor de potencia: ≥ 0.99 @220VAC. • Armónicos: $\leq 5\%$ @220VAC. • Salida nominal: 48-144V (programable). • Salida máxima: 180V. • Corriente nominal: 15A.
	Pedal acelerador generico
	Convertidor DC-DC <ul style="list-style-type: none"> • Modelo: DC2105-14412 • Voltaje de entrada: 108-144 V • Voltaje de salida: 13,8 V • Potencia nominal: 500W 25 °C • Fabricante: Zhuhai Inbol Electric Co., Ltd.

	<p>Monitor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pantalla táctil de 4,3” • Voltaje versátil: Compatible con baterías de 9V a 140V. • Disipación: 50W para optimizar rendimiento. • Rango térmico: Opera entre -40°C y 85°C para rendimiento en diversas condiciones.
	<p>Controlador</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo: Controlador BLDC (motor brushless). • Voltaje: 36V nominal, soporta hasta 45V. • Corriente: 15A continua, 33A máxima. • Potencia: 450W. • Compatibilidad: Motores BLDC de 3 fases. • Temperatura: Opera entre -20°C y 65°C.

Tabla 1: Especificación de los componentes seleccionados

Tabla de Costos

En la siguiente (Tabla 2) se presentan los costos aproximados de los componentes de la ECU (estos costos son por unidad, no por el número de elementos requeridos para el tipo de computadora)

Componente	Precio Unitario FOB (USD)	Costo de envío (USD)	Arancel (USD)	IVA (USD)	DTA (USD)	Otros Gastos (USD)	Costo Total Estimado (USD)	Costo Total Estimado (MXN)
Batería (Unique-EV-25.6V100Ah-01)	889	150	133.35	163.74	7.11	100	1,443.2	28,864
Motor eléctrico (YS220H020 SCROU)	1,500	300	180	268.8	14.4	100	2,363.2	47,264
Cargador de baterías (CH4100)	219	50	32.85	40.83	1.75	30	374.43	7,488.6
Convertidor DC-DC (DC2105-14412)	120	25	18	27.52	0.96	20	211.48	4,229.6
Monitor	80	20	12	14.72	0.77	30	157.49	3,149.8
Controlador BLDC	15	10	3.75	4.65	0.2	30	63.6	172
BMS (Sistema de gestión de batería)	50	20	7	11.02	0.56	30	118.58	2,371.6

Tabla 2: Costos aproximados de componentes del vehículo eléctrico

Pruebas de funcionamiento de los componentes

En esta fase preliminar, se implementó un banco de pruebas con los principales componentes del sistema de conversión (imágenes 38 a la 40), donde:

- Se simuló la configuración final de cableado y disposición física
- Los elementos clave (inversor, controlador, interfaz BMS, etc.) fueron sometidos a pruebas funcionales
- Se verificaron parámetros básicos de voltaje, corriente y respuesta del sistema

Aclaración: Cabe señalar que algunos componentes mostrados fueron provisionales y difieren en especificaciones respecto a los definitivos. Este montaje permitió validar conceptos antes de la instalación real.



Imagen 38: vista 1 del banco de pruebas



Imagen 39: vista 2 del banco de pruebas



Imagen 40: vista 3 del banco de pruebas

Instalación de los componentes

Montaje del motor eléctrico

Tras retirar el motor de gasolina y los componentes asociados, se procedió a instalar el motor eléctrico. Como primer paso, se prepararon las mangueras y el cableado, asegurándolos con cinta para protegerlos y mantenerlos organizados durante la instalación (imagen 41)



Imagen 41: Preparación de motor eléctrico, antes de instalar.

Tras preparar el motor, se verificó que el área de instalación estuviera en óptimas condiciones (imagen 42). Con ayuda de una pluma hidráulica, se procedió a colocar el motor eléctrico en su ubicación definitiva, iniciando así su montaje (imagen 43).



Imagen 42: Verificación del área en donde se instalará el motor eléctrico



Imagen 43: Introducción del motor al área de montaje

Con el motor eléctrico ya posicionado en su ubicación definitiva y a nivel con el sistema de transmisión (imagen 44 y 45), se procede a su conexión con el diferencial. En la imagen 47 puede observarse la fase de acople entre el eje de salida del motor y el diferencial, donde se verifica:

1. La correcta alineación de los ejes
2. El ajuste preciso de los componentes de unión



Imagen 44: acomodamiento del motor eléctrico



Imagen 45: acomodamiento del motor elect4rico dejándolo al nivel con el sistema de transmisión.



Imagen 46: Acople de motor eléctrico a diferencial

Elaboración de estructura base de las baterías

En la imagen 47 se muestra la fabricación de la estructura base donde se instalarán las baterías. En la misma imagen se ve como se realizaron orificios de fijación con taladro, asegurando que la base quede perfectamente nivelada, tenga la ventilación adecuada y permita un acceso seguro para mantenimiento.

Esta estructura es importante ya que debe soportar el peso y las vibraciones, garantizando la estabilidad del sistema de almacenamiento energético.



Imagen 47: Elaboración de base donde irán colocadas las baterías

Al final en la imagen 48 se puede ver ya el resultado de la base con las baterías ya sujetas y montadas.



Imagen 48: resultado de la base con las baterías ya montadas

Conexión de baterías al BMS

En las imágenes se observa el ensamblaje del sistema de baterías para un vehículo eléctrico, donde se realizan dos procesos clave: primero, la soldadura cuidadosa de los cables a cada terminal de las baterías (49, 50 51), asegurando conexiones firmes y bien aisladas para garantizar un flujo eficiente de energía; y segundo, la conexión meticulosa de estos cables al Sistema de Gestión de Baterías (BMS), verificando polaridades y secuencias para un monitoreo preciso del voltaje, temperatura y estado de carga de cada celda.



Imagen 49: Proceso de soldadura de conexiones en banco de baterías, parte 1.



Imagen 50: Proceso de soldadura de conexiones en banco de baterías, parte 2.



Imagen 51: Proceso de soldadura de conexiones en banco de baterías, parte 3.

En la Imagen 52 se observa el BMS instalado y conectado correctamente al conjunto de baterías. Se puede notar que todos los cables están organizados y asegurados, siguiendo un orden lógico que facilita su identificación y mantenimiento. También se aprecian las conexiones balanceadas con las celdas.



Imagen 52: Baterías ya conectadas al BMS

Instalación de sistema de A/C

Fijación del compresor

En la imagen 53 se aprecia la instalación del compresor en la base de soporte, fabricada con acero robusto para garantizar su estabilidad. Se observan perforaciones, realizadas para asegurar la alineación perfecta del componente. Cada punto de anclaje está asegurado mediante tuercas reforzadas, para resistir las constantes vibraciones generadas durante el funcionamiento del compresor.



Imagen 53: Baterías ya conectadas al BMS

Cabina de aire acondicionado

En la imagen 54 se presenta el modelo realizado en SolidWorks de la cabina del aire acondicionado. Este diseño fue hecho con el objetivo de comprender de manera clara cómo se encuentra distribuido el sistema original y servir como guía para su futura instalación en la camioneta.

La representación en 3D permitió visualizar con mayor precisión la ubicación de los componentes, su orientación y el espacio requerido para montarlos correctamente en la camioneta este diseño facilitara la planificación del ensamblaje, mejora la eficiencia del proceso y reduce posibles errores al momento de la instalación física del sistema de aire acondicionado.

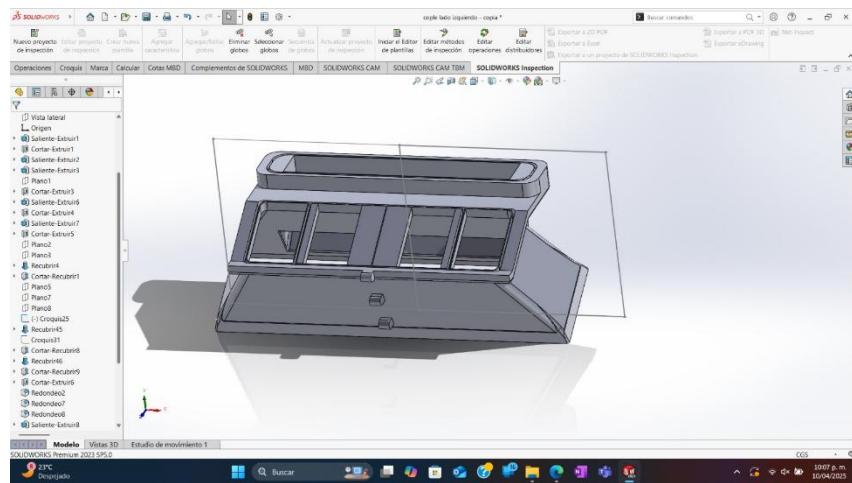


Imagen 54: Modelado 3D de cabina de aire

En las imágenes 55 y 56 se aprecian físicamente los componentes originales de la camioneta, que son la cabina de aire acondicionado y el difusor.



Imagen 55: Componentes físicos desmontados (cabina de aire y difusor).



Imagen 56: Componentes físicos desmontados (cabina de aire y difusor).

Una vez finalizado el modelado 3D, se procedió a la impresión de la pieza. No obstante, durante la primera impresión se presentaron errores, como se puede observar en las imágenes 57 y 58. A pesar de ello, esta primera versión resultó útil para verificar que las dimensiones fueran correctas. La versión final de la pieza, corregida y sin defectos, se muestra en la imagen 59.



Imagen 57: Primera pieza prototipo con errores



Imagen 58: Primera pieza prototipo con errores



Imagen 59: Pieza final de cabina de aire acondicionado

Base del condensador

En las imágenes 57 y 58 se documenta el proceso de preparación para la construcción de la base del condensador. Primero, se realizó una toma de medidas precisas del equipo, considerando sus dimensiones, puntos de anclaje y distancias críticas para garantizar un soporte estable.

Posteriormente, se llevó a cabo una instalación preliminar del condensador en su ubicación definitiva, esto se observa en la imagen 60 e imagen 61. Este montaje temporal permitió:

- Verificar el espacio disponible y ajustar las medidas de la base.
- Identificar posibles interferencias con otros componentes.
- Confirmar la alineación correcta del equipo antes de fabricar la estructura definitiva.



Imagen 60: Toma de medidas e instalación preliminar, para la construcción de la base del condensador, parte 1.



Imagen 61: Toma de medidas e instalación preliminar, para la construcción de la base del condensador, parte 2.

Instalación del condensador y carga del gas refrigerante.

Una vez concluida la fabricación e instalación de la base destinada a soportar el condensador, se procedió cuidadosamente con el montaje del propio condensador sobre dicha

estructura. Esta etapa requirió verificar que todos los puntos de anclaje estuvieran correctamente alineados y asegurados, garantizando la estabilidad del equipo y su correcto funcionamiento.

Una vez montado el condensador, se revisaron las conexiones de las líneas de alta y baja presión (imagen 62), asegurando la hermeticidad del sistema y la ausencia de posibles fugas. Posteriormente, se procedió a la carga del gas refrigerante, utilizando aproximadamente 700 gramos de R-134a, un refrigerante comúnmente empleado en sistemas de climatización por su eficiencia térmica y bajo impacto ambiental en comparación con otros gases.

Durante el proceso de carga, se utilizó un manómetro y una balanza electrónica para controlar con precisión la cantidad de gas introducido en el sistema. Además, se monitorearon las presiones operativas y se realizaron pruebas de funcionamiento para verificar que el ciclo de refrigeración se realizara de forma adecuada y sin irregularidades. En la imagen 63 se puede observar el condensador completamente instalado y con la carga de gas refrigerante ya realizada.



Imagen 62: Revisión de líneas alta y baja presión del sistema de aire acondicionado



Imagen 63: Condensador instalado

Pruebas pertinentes a la conversión

Durante el proceso de adaptación mecánica en la conversión del sistema de propulsión, se presentó un inconveniente con el cople diseñado para conectar el motor eléctrico al diferencial del vehículo. Aunque inicialmente ya se había procedido a montar esta pieza, posteriormente se detectó un error en su fabricación: el componente presentaba un pandeo que comprometía su alineación y, por lo tanto, su correcto funcionamiento en condiciones de carga y rotación.

Este defecto estructural generaba vibraciones no deseadas y riesgos de desalineación entre el eje de salida del motor y el eje del diferencial, lo que podría afectar negativamente la transmisión de potencia y la durabilidad de los componentes asociados. Tras identificar el problema, se optó por desmontar el elemento de acoplamiento (imagen 64) y enviarlo a un proceso de rectificación con el objetivo de corregir las deformaciones y asegurar su concentricidad y balance adecuado.

Este ajuste es fundamental para garantizar una transmisión eficiente del par motor desde el sistema eléctrico hacia el tren motriz, así como para prevenir desgastes prematuros o posibles fallas en el sistema de acoplamiento.



Imagen 64: Desmontaje del elemento de acoplamiento entre el motor y el diferencial

Fuentes de información

Plataforma de Electromovilidad - Componentes de los autos eléctricos. (n.d.).

https://energia.gob.cl/electromovilidad/vehiculos-el%C3%A9ctricos/principales-componentes?utm_source=chatgpt.com

EnergySage Staff. (2023, January 18). *Pros and Cons of Electric Cars.* EnergySage.

Recuperado de <https://www.energysage.com/electric-vehicles/pros-and-cons-electric-cars/>

BYD Filipinas. (2024, agosto). *Anatomy of an electric car: 10 important parts explained.*

<https://bydcarsphilippines.com/blog/anatomy-of-an-electric-car-10-important-parts-explained>

Basurco A. (2019). *Diseño de la conversión a eléctrico de un vehículo de combustión interna.* Universidad Pontificia Comillas. Recuperado de

https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/44026/1/TFG-Basurco%20Hernandez%20de%20Santamaria%2C%20Alejandra.pdf?utm_source=chatgpt.com

García, J. (2018). *Caracterización de los sistemas del vehículo eléctrico Kia Soul EV.*

Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de

https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15364/4/UPS-CT007551.pdf?utm_source=chatgpt.com

Electric Vehicle Drive unit, EV Drive unit components / EMP EV MOBILITY. (n.d.).

EMP Tech Co.,Ltd. <https://www.empevmobility.com/>

David Plaza, D. P. (2022, June 14). *¿Qué es el inversor de un coche eléctrico y por qué es tan importante?* Motor.es. https://www.motor.es/que-es/inversor-coche-el%C3%A9ctrico?utm_source=chatgpt.com

Convertidor DC para vehículo eléctrico, convertidor DC EV DC / MOVILIDAD EMP EV. (n.d.). EMP Tech Co.,Ltd. <https://es.empevmobility.com/products/dc-dc-converter-unit/>

Termocontrol en vehículos eléctricos e híbridos. (2019, March 18). BEHR HELLA.

https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Climatizacion-de-vehiculos/Termocontrol-en-vehiculos-el%C3%A9ctricos-e-hibridos-1725/?utm_source=chatgpt.com

Ibañez, P. (2023, June 27). *Partes de un coche eléctrico - Tecvolución*. Tecvolución.
https://tecvolucion.com/partes-coche-eléctrico/?utm_source=chatgpt.com

HR Motor. (2023, 19 mayo). *¿Qué es el BMS? / HR Motor.*
<https://www.hrmotor.com/que-es/bms/>

Aula. (2023, 23 mayo). Cómo funciona un motor eléctrico: tipos y partes. *aula21 / Formación para la Industria*. <https://www.cursosaula21.com/como-funciona-un-motor-eléctrico/>

España, H. A. (2022, 22 octubre). *¿Qué es el freno regenerativo y cómo funciona? – HondaDreams*. HondaDreams.
<https://www.honda.es/hondadreams/2022/01/25/que-es-el-freno-regenerativo-y-como-funciona/>

Jiménez, D. (s. f.). *Así funciona la batería de iones de litio típica de cualquier coche eléctrico*. Diariomotor. <https://www.diariomotor.com/que-es/bateria-de-iones-de-litio/>

Corporativa, I. (s. f.). *Historia del coche eléctrico*. Iberdrola.
<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/historia-coche-eléctrico>

Perez, C. (2024, septiembre). *Tipos de vehículos eléctricos*. Iberdrola.
<https://www.iberdrola.com/conocenos/nuestra-actividad/movilidad-eléctrica/tipos-vehiculos-eléctricos>

Sánchez, L. G., Fabela, M. de J., Cruz, M. E., & Flores, Ó. (2021, enero-febrero). *Electromovilidad. Una nueva modalidad en el sector transporte*. Instituto Mexicano del Transporte. <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=526&IdBoletin=189>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018, agosto). *¿Cuáles son los transportes sustentables de uso individual?* Gobierno de México.

<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/cuales-son-los-transportes-sustentables-de-uso-individual#:~:text=En%20esta%20categor%C3%ADa%20se%20encuentran,combustible%20de%20hidr%C3%B3geno%20e%20h%C3%A9drogenos.>

Híbridos y Eléctricos. (junio de 2015). Alstom y Volvo desarrollan un sistema de carreteras eléctricas. Obtenido de

<https://www.hibridosyeléctricos.com/articulo/tecnologia/alstom-y-volvodesarrollan-sistema-carreteras-eléctricas/20150611193957009607.html>

Siemens. (2018). Siemens builds eHighway in Germany.

<https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-builds-ehighwaygermany>

Pérez, A., & Pérez, A. (2023, November 14). Esta es la diferencia en número de piezas de un coche eléctrico y uno de combustión. *Auto Bild España.*

<https://www.autobild.es/noticias/diferencia-numero-piezas-coche-el%C3%A9ctrico-combustion-1335446>