

**Guerau Queralt Casanova**

**CONVERSIÓN DE VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN A ELÉCTRICO:  
INGENIERÍA ELÉCTRICA Y SOSTENIBILIDAD**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**dirigido por Francisco González Molina**

**Doble grado en Ingeniería Eléctrica y en Ingeniería Electrónica Industrial y  
Automática**



**UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI**

**Tarragona**

**(2024)**

## **AGRADECIMIENTOS**

A los profesores del DEEA de la Universidad Rovira i Virgili José Antonio Barrado, Carlos Olalla y Edgardo Zeppa por su ayuda en la concepción de este trabajo.  
Agradecimiento especial para el profesor Francisco González Molina por su tutela.

## ÍNDICE

1.	Introducción .....	7
1.1.	Contexto del proyecto.....	7
1.2.	Objetivos.....	8
1.3.	Alcance .....	8
1.4.	Justificación de la conversión a vehículo eléctrico.....	9
2.	Fundamentos de la ingeniería eléctrica en vehículos.....	11
2.1.	Principios básicos de la ingeniería eléctrica aplicados a vehículos.....	11
2.2.	Componentes principales de un vehículo eléctrico .....	12
2.3.	Comparativa entre sistemas de propulsión eléctrica y de combustión ....	13
3.	Diseño del sistema de propulsión eléctrica .....	15
3.1.	Elección de configuración de tren motriz.....	15
3.2.	Sistema de gestión de energía y control .....	16
3.3.	Integración del motor eléctrico en el chasis del vehículo.....	19
4.	Adaptación del sistema de transmisión .....	21
4.1.	Análisis de la transmisión existente.....	21
4.2.	Diseño de una transmisión compatible con el motor eléctrico .....	22
4.3.	Implementación de cambios necesarios en el sistema de transmisión ....	23
5.	Almacenamiento y gestión de energía .....	26
5.1.	Estudio de diferentes tecnologías de baterías .....	26
5.2.	Diseño del sistema de almacenamiento de energía.....	28
6.	Sistemas auxiliares y electrónica de potencia .....	30
6.1.	Acondicionamiento de la energía para los sistemas auxiliares.....	30
6.2.	Diseño del sistema de control electrónico .....	31
6.3.	Seguridad y protección del sistema eléctrico del vehículo.....	33
7.	Caso práctico: conversión de un modelo específico .....	35
7.1.	Descripción del vehículo base y sus características .....	35
7.1.1.	Descripción del vehículo base.....	35
7.1.2.	Características del vehículo base.....	36
7.2.	Proceso de conversión paso a paso.....	38
7.2.1.	Eliminar todo lo que sobra .....	38
7.2.2.	Elección de los componentes para la conversión .....	39

7.2.2.1	Motor eléctrico.....	39
7.2.2.2	Inversor dc-ac.....	43
7.2.2.3	Caja de engranajes .....	44
7.2.2.4	Batería .....	44
7.2.2.5	Cargador de a bordo.....	50
7.2.2.6	Convertidor dc-dc .....	53
7.2.2.7	Elección de cables.....	53
7.2.2.8	Refrigeración.....	55
7.2.3	Creación del acople y adaptador .....	56
7.2.4	Colocación y distribución de los componentes del motor .....	62
7.2.5	Homologaciones.....	70
7.3	Esquemático en PSIM.....	73
7.3.1	Descripción del Circuito .....	73
8.	Gestión de la recarga y autonomía del vehículo .....	76
9.	Impacto medioambiental.....	82
10.	Impacto económico .....	84
10.1	Comparativa con vehículos de combustión y eléctricos de fábrica.....	84
10.2	Evaluación de costes.....	87
11.	Conclusión .....	89
	Referencias.....	91
	Webgrafía .....	96
	Anexos .....	103
1	Tablas costes de mantenimiento .....	104
2	Ficha técnica Volkswagen Golf 2008.....	105
3	Ficha Técnica del Motor Cascadia Motion iM-225.....	107
4	Ficha Técnica del Inversor Cascadia Motion CM200 .....	108
5	Ficha Técnica de la Caja de Engranajes Cascadia Motion SR-309.....	109
6	Ficha Técnica Cargador de a Bordo 200V 6.6 kW obc de Ovar New Energy Technology.....	110
7	<i>Datasheet</i> de un módulo de baterías de un Tesla modelo S .....	111
8	Ficha Técnica del Volkswagen Golf 2020.....	112
9	Volkswagen Golf Acotado .....	114
10	REVR: Una Solución para la Movilidad Sostenible.....	115

Planos ..... 118

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema eléctrico genérico vehículo de propulsión eléctrica.....
Figura 2.	Ejemplo de arquitectura de sistema .....
Figura 3.	VCU ( <i>Vehicle Control Unit</i> ).....
Figura 4.	BMS ( <i>Battery Management System</i> ) <i>master controller</i> .....
Figura 5.	Esquema de la BMS.....
Figura 6.	Ejemplo de caja de cambios personalizada para conversión de Volkswagen a eléctrico.....
Figura 7	Interior de una caja de transferencia.....
Figura 8	Torquebox.....
Figura 9	Comparación de la densidad de energía en celdas de batería [NASA] .....
Figura 10	Esquema de buses CAN.....
Figura 11	Las ocho generaciones del Volkswagen Golf.....
Figura 12	Configuraciones típicas de un vehículo, un sedán (3 cajas), un station wagon (2 cajas) y un hatchback (dos cajas) .....
Figura 13	Motor híbrido enchufable .....
Figura 14	Despiece Volkswagen Golf .....
Figura 15	Embrague y volante del embrague .....
Figura 16	Manual de taller .....
Figura 17	Imagen reseguída en AutoCAD.....
Figura 18	Vista lateral caja de cambios .....
Figura 19	Pieza adaptadora extruida .....
Figura 20	Proyección de la geometría de la gearbox SR-309.....
Figura 21	Pieza adaptadora con geometría proyectada y vaciada.....
Figura 22	Pieza adaptadora unida a SR-309 .....
Figura 23	Acoplamiento Rotex .....
Figura 24	Motor de asistencia eléctrica .....
Figura 25	Grafica comparativa coche eléctrico y combustión par vs velocidad.....
Figura 26	Información de los neumáticos.....
Figura 27	Relación de velocidades de la caja de cambios del Volkswagen Golf.....
Figura 28	Cascadia Motion iM-225 .....
Figura 29	Inversor CM 200.....
Figura 30	Caja de engranajes SR-309.....
Figura 31	Baterías celdas cilíndricas.....
Figura 32	Batería celdas primaticas .....
Figura 33	Batería de bolsa metálica .....
Figura 34	Celda de batería de litio Tesla 18650 .....
Figura 35	Esquema de la degradación de una batería Tesla .....
Figura 36	Módulo estándar batería Tesla.....
Figura 37	Cargador de a bordo 200 V 6.6 kW obc .....
Figura 38	Cable EVSE.....
Figura 39	Convertidor 1000 W IP67 Sealed DC-DC.....
Figura 40	Cable eléctrico 2 AWG.....
Figura 41	Conectores y cables de alto voltaje.....
Figura 42	Gráfico del rango de temperatura de uso de las células 18650.....
Figura 43	Esquema eléctrico de los componentes .....
Figura 44	Vistas del encaje del motor eléctrico en la bahía del motor .....

Figura 45	Vistas del encaje de las baterías en el maletero .....
Figura 46	Vistas del encaje del convertidor y del cargador en la bahía del motor .....
Figura 47	Palier de Volkswagen Golf 5p Sport R-Line 1.5 TSI EVO 110 kW (150CV) DSG 7 vel (2019-20) .....
Figura 48	Caja de cambios de Volkswagen Golf 5p Sport R-Line 1.5 TSI EVO 110 kW (150CV) DSG 7 vel (2019-20) .....
Figura 49	Conexiones desde las baterías al OBC .....
Figura 50	Reemplazo PCB para baterías Tesla.....
Figura 51	Contactador.....
Figura 52	Resistor de precarga.....
Figura 53	Fusible de 750 A.....
Figura 54	Esquema de los elementos de la red CAN.....
Figura 55	Esquemático en PSIM del coche eléctrico.....
Figura 56	Archivo Simulink para simulación de <i>drive cycle</i> .....
Figura 57	Coefficientes de resistencia a la rodadura (Rolling Resistance).....
Figura 58	Velocidad del <i>drive cycle</i> ideal.....
Figura 59	Velocidad del <i>drive cycle</i> a un 3% de pendiente y un 30% de velocidad de viento .....
Figura 60	Potencia consumida a lo largo del ciclo .....
Figura 61	Integral de la gráfica de potencia.....
Figura 62	Velocidad a lo largo del ciclo .....
Figura 63	Integral de la gráfica de velocidad o grafica de la posición .....
Figura 64	Comparación de costes coche eléctrico y combustión .....

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Comparativa motores eléctricos elaborada a partir del fabricante.....
Tabla 2.	Comparativa de baterías usadas por diferentes fabricantes .....
Tabla 3.	Peso total de componentes extraídos y añadidos.....
Tabla 4.	Tabla de voltaje y características de cargadores de a bordo.....
Tabla 5.	Huella de CO2 total (en toneladas) suponiendo una vida útil de 200.000 kilómetros en función del mix energético .....
Tabla 6.	Tabla de costes .....

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

1. BMS: *Battery Management System*
2. CAN: *Controller Area Network*
3. CEPE ONU: Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa
4. DC-DC: *Direct Current to Direct Current*
5. EMC: Compatibilidad Electromagnética
6. EV: *Electric Vehicle*
7. kW: kilovatios
8. OBC: *On Board Charger*
9. PWM: *Pulse Width Modulation*
10. UE: Unión Europea
11. VCU: *Vehicle Control Unit*

# 1 Introducción

## 1.1 Contexto del Proyecto

En la actualidad, la preocupación por el cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero han llevado a un creciente interés en la movilidad sostenible y la electrificación de los vehículos. En este contexto, el presente proyecto aborda la conversión de un vehículo con motor de combustión interna a un vehículo eléctrico, desde una perspectiva de ingeniería eléctrica.

Los vehículos de combustión interna tradicionales han sido una parte integral de la movilidad durante décadas, pero su impacto ambiental negativo, derivado de las emisiones de gases contaminantes y su dependencia de combustibles fósiles, ha generado la necesidad de buscar alternativas más limpias y eficientes. En contraste, los vehículos eléctricos representan una solución prometedora para abordar estos desafíos, al utilizar energía eléctrica almacenada en baterías recargables para su propulsión, eliminando así las emisiones directas en el punto de uso.

La conversión de un vehículo de combustión interna a eléctrico implica una serie de desafíos técnicos y tecnológicos, que van desde la selección y adaptación del motor eléctrico adecuado hasta el diseño de sistemas de gestión de energía eficientes y la integración de componentes electrónicos complejos. Sin embargo, los beneficios potenciales de esta conversión son significativos, no solo en términos de reducción de emisiones y consumo de combustible, sino también en términos de rendimiento, mantenimiento y costes operativos a largo plazo.

Este proyecto se enmarca en un contexto más amplio de transición hacia una movilidad más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Al explorar la viabilidad y los desafíos asociados con la conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos, se busca contribuir al desarrollo y la adopción de tecnologías limpias y eficientes en el sector del transporte, promoviendo así un futuro más sostenible y saludable a un precio asequible para las generaciones venideras.

En resumen, este proyecto busca abordar la necesidad urgente de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover la movilidad eléctrica como una alternativa viable y asequible a los vehículos de combustión interna convencionales, mediante la conversión de un vehículo existente a un sistema de propulsión eléctrico.

A priori, sin saber cuál es el coste de la conversión no podemos asegurar si esas personas que tienen suficiente dinero como para comprar un coche de combustión de 2ª mano, pero no un coche eléctrico de segunda mano son público de esta conversión. Lo que sí podemos asegurar es que otra posible población objetivo es toda aquella que está involucrada de alguna forma en la preservación de vehículos históricos o clásicos ya que con las nuevas leyes de emisiones no se pueden conducir por ciudad, y cada vez en menos sitios. Pero gracias a este proyecto podrían cambiar sus emisiones a 0 y posibilitar su circulación por la ciudad posible de muy pocas formas.

## 1.2 Objetivos

El presente trabajo tiene como objetivo principal explorar y desarrollar un proceso de conversión de un vehículo con motor de combustión interna a un vehículo eléctrico, desde el punto de vista de la ingeniería eléctrica.

Para alcanzar este objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar el estado actual de la movilidad eléctrica: Realizar una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica relacionada con la movilidad eléctrica, incluyendo estudios sobre tecnologías de baterías, sistemas de propulsión eléctrica, y metodologías de conversión de vehículos.
- Seleccionar y dimensionar los componentes eléctricos: Identificar y elegir los componentes eléctricos más adecuados para la conversión del vehículo, como son el motor eléctrico, el sistema de baterías, el inversor, el cargador, entre otros. Dimensionar estos componentes de acuerdo con los requisitos de rendimiento y eficiencia del vehículo.
- Implementar y probar el sistema de propulsión eléctrica: Llevar a cabo la conversión del vehículo de acuerdo con el diseño establecido, instalando y configurando los componentes eléctricos necesarios.
- Evaluar el impacto ambiental y económico: Realizar un análisis del impacto ambiental de la conversión del vehículo a eléctrico, considerando aspectos como las emisiones de gases de efecto invernadero, la eficiencia energética y la huella de carbono. Además, evaluar los costes asociados con la conversión y compararlos con los costes de mantener un vehículo de combustión interna.
- Determinar si esta solución es más rentable económicamente hablando que comprar un coche eléctrico nuevo.

Al alcanzar estos objetivos, se espera contribuir al avance del conocimiento en el campo de la movilidad eléctrica y proporcionar una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en esta área. Además, se busca promover la adopción de tecnologías limpias y sostenibles en el sector del transporte, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático y la preservación del medio ambiente.

## 1.3 Alcance

El proyecto de conversión de vehículo de combustión a eléctrico pretende comprobar la viabilidad de la transformación de un vehículo estándar de combustión interna a eléctrico. Solucionar los problemas que plantea la transformación, se tratara también el impacto económico y el impacto medioambiental de manera somera. Todo ello enmarcado dentro del contexto legal vigente e España.

Este análisis también incluirá una evaluación del costo de los componentes necesarios y el ahorro potencial mantenimiento.

Se establece que el alcance del proyecto llegara hasta el punto en que se intersecta con temáticas pertenecientes a la ingeniería electrónica. Es decir, aquellos componentes circuitos y sistemas que, aunque esenciales para la implementación de dispositivos eléctricos, pertenecen al dominio de la electrónica pura, no serán objeto de este estudio. De esta forma, el proyecto se limitará a áreas específicas de la ingeniería eléctrica sin profundizar en aspectos más detallados de la ingeniería electrónica. Un ejemplo sería la *Vehicle Control Unit* o VCU o el *Battery Management System* o BMS ya que se pondrán ejemplos que se podrían usar, pero no se profundizará en su elección ni en su funcionamiento.

Tampoco se considerará un cálculo mediante el programa Dmelect, ya que, es una situación particular para la que no hay los componentes necesarios para simularlo, dado que el programa está pensado para instalaciones eléctricas, líneas eléctricas, etc.

Dado que es muy complicado obtener un modelo real del vehículo a convertir, se emplearán aproximaciones rectangulares 3d hechas en Inventor y AutoCAD.

Por último, tampoco se simulará un circuito en PSIM, aunque si se construirá. A causa de la poca disponibilidad de piezas para este tipo de aplicación tan particular, sumado a que las pocas que existen carecen de la información necesaria en sus *datasheets*, debido a que se enfocan más en temas sus dimensiones por ejemplo a través de modelos 3d.

#### **1.4 Justificación de la Conversión a Vehículo Eléctrico**

La conversión de vehículos con motor de combustión interna a vehículos eléctricos resulta interesante basándonos en factores ambientales, económicos y tecnológicos que influyen en la industria del transporte y en la sociedad en general. A continuación, se exponen las principales razones que respaldan esta decisión:

- Reducción de emisiones contaminantes: Los vehículos de combustión interna son una de las principales fuentes de emisiones contaminantes, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y partículas en suspensión (PM). La conversión a vehículo eléctrico permite eliminar por completo las emisiones directas en el punto de uso, contribuyendo así a mejorar la calidad del aire y reducir los impactos negativos en la salud pública y el medio ambiente.
- Promoción de la movilidad sostenible: La movilidad eléctrica se presenta como una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente frente a los combustibles fósiles. La utilización de energía eléctrica procedente de fuentes renovables, como la solar o la eólica, permite reducir la dependencia de los combustibles fósiles y avanzar hacia un modelo de transporte más limpio y sostenible a largo plazo.
- Eficiencia energética y reducción de costes: Los vehículos eléctricos son más eficientes en términos de conversión de energía que los vehículos de combustión interna. La conversión a vehículo eléctrico consigue una reducción significativa en los costes de combustible y mantenimiento, gracias a la menor complejidad mecánica, la reducción de piezas móviles y la mayor durabilidad de los componentes eléctricos.

- **Cumplimiento de normativas y regulaciones:** En muchos países, se están implementando regulaciones cada vez más estrictas en materia de emisiones vehículos de combustión y calidad del aire. La conversión a vehículo eléctrico puede ayudar a los propietarios de vehículos a cumplir con estas normativas y evitar posibles sanciones o restricciones de circulación en zonas urbanas de bajas emisiones.
- **Impulso a la innovación y desarrollo tecnológico:** La conversión a vehículo eléctrico implica la integración de tecnologías avanzadas, como motores eléctricos de alta eficiencia, sistemas de gestión de energía inteligente y baterías de última generación. Esto impulsa la innovación y el desarrollo tecnológico en el sector automotriz, generando nuevas oportunidades de negocio y empleo en áreas relacionadas con la movilidad eléctrica.

## 2 Fundamentos de la Ingeniería Eléctrica en Vehículos

### 2.1 Principios Básicos de la Ingeniería Eléctrica Aplicados a Vehículos

En el desarrollo de este trabajo, se han empleado varios Principios básicos de la ingeniería eléctrica que han servido como base para la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico. Entre las fórmulas y conceptos utilizados se incluyen:

- **Potencia (P):** La potencia se define como el producto de un par (T) aplicado a una velocidad ( $w$ ). Esta fórmula sirve para entender la relación entre el par motor y la velocidad de un vehículo eléctrico.

$$P = T \cdot w \quad (1)$$

- **Velocidad tangencial (v):** La velocidad tangencial se calcula como el producto de la velocidad angular ( $w$ ) y el radio ( $r$ ) del objeto en movimiento circular. Esta fórmula sirve para pasar de movimiento circular a lineal y viceversa.

$$v = w \cdot r \quad (2)$$

- **Ley de Ohm:** La ley de Ohm establece la relación entre la tensión (V), la corriente (I) y la resistencia (R) en un circuito eléctrico. Donde V es la diferencia de potencial, I es la corriente y R es la resistencia.

$$V = I \cdot R \quad (3)$$

- **Ley de Pouillet:** La resistencia eléctrica (R) se calcula como el cociente entre la resistividad del material ( $\rho$  rho), la longitud (L) del conductor y el área transversal (A) del conductor. Una fórmula útil para llegar a la sección de conductores

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (4)$$

- **Ecuación de movimiento:** La ecuación de movimiento describe la aceleración de un objeto en función de las fuerzas aplicadas (suma de las fuerzas totales - suma de las fuerzas de rozamiento) y la masa (M) del objeto. Esta fórmula sirve para analizar el comportamiento dinámico de un vehículo.

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\Sigma F_t - \Sigma F_r}{\delta M} \quad (5)$$

Además de estas fórmulas, se ha usado el movimiento rectilíneo uniforme y el movimiento circular uniforme como modelos simplificados para el análisis de la dinámica vehicular y la generación de par motor en un sistema de propulsión eléctrico. Estos conceptos ayudan a comprender el funcionamiento y el diseño de sistemas de transmisión y control en vehículos eléctricos.

## 2.2 Componentes Principales de un Vehículo Eléctrico

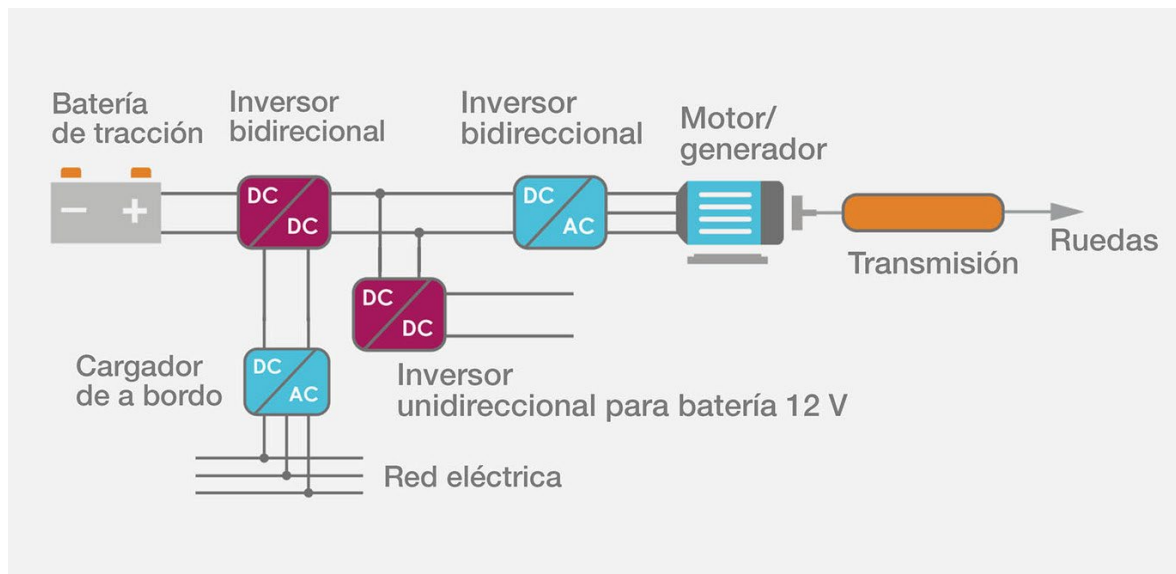


Figura 1 Esquema eléctrico genérico vehículo de propulsión eléctrica [1]

El diagrama de flujo del sistema eléctrico del vehículo es una representación visual de cómo circula la energía eléctrica a través de los diferentes componentes del vehículo. Este diagrama proporciona una visión general de cómo interactúan los distintos sistemas eléctricos y cómo se distribuye y utiliza la energía en el vehículo eléctrico. Aquí hay algunos elementos clave del diagrama de flujo:

- Fuente de energía: Representación de la fuente de energía principal, que en un vehículo eléctrico es la batería. Esta puede ser una batería de iones de litio u otro tipo de tecnología de almacenamiento de energía.
- Motor eléctrico: Incluye una representación del motor eléctrico principal del vehículo, que es el componente encargado de convertir la energía eléctrica en energía mecánica para propulsar el vehículo.
- Inversor: Representa el inversor, que es el componente responsable de convertir la corriente continua de la batería en corriente alterna para alimentar el motor eléctrico.
- Cargador: Representa el cargador, que es el dispositivo utilizado para recargar la batería del vehículo desde una fuente de alimentación externa, como una toma de corriente doméstica o una estación de carga pública.
- Red eléctrica: Representa en el caso de que estemos cargando el vehículo la conexión que habría entre esta misma red y el cargador de a bordo.
- Sistemas auxiliares: Incluye representaciones de los sistemas auxiliares del vehículo que también funcionan con electricidad, como el sistema de

climatización, el sistema de dirección asistida, el sistema de frenado regenerativo, entre otros.

- **Conexiones eléctricas:** Muestra las conexiones eléctricas entre los diferentes componentes del sistema eléctrico del vehículo, indicando cómo se interconectan y cómo se transfiere la energía de un componente a otro.
- **Sistema de gestión de la batería (BMS):** El BMS es un sistema electrónico que supervisa y controla el estado de la batería, incluyendo la temperatura, el nivel de carga, la corriente de carga y la tensión de cada celda individual. El BMS garantiza un funcionamiento seguro y eficiente de la batería, maximizando su vida útil y rendimiento.

### 2.3 Comparativa entre Sistemas de Propulsión Eléctrica y de Combustión

- **Eficiencia Energética:**
  - **Propulsión Eléctrica:** Los vehículos eléctricos (VE) son intrínsecamente más eficientes en la conversión de energía que los vehículos de combustión interna (VCI). Los motores eléctricos pueden convertir hasta un 90% de la energía eléctrica en energía mecánica, mientras que los motores de combustión interna suelen tener una eficiencia en el rango del 20-30%.
  - **Combustión:** Los motores de combustión interna requieren de la quema de combustibles fósiles para generar energía mecánica, lo que implica pérdidas significativas de energía en forma de calor y emisiones contaminantes.
- **Emisiones y Contaminación:**
  - **Propulsión Eléctrica:** Los vehículos eléctricos no emiten gases de escape directamente durante su funcionamiento, lo que contribuye a una mejor calidad del aire y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con los vehículos de combustión interna.
  - **Combustión:** Los vehículos de combustión interna emiten una amplia variedad de contaminantes atmosféricos, incluyendo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), y partículas en suspensión (PM), que contribuyen a la contaminación del aire y al cambio climático.
- **Autonomía y Tiempo de Recarga/Reabastecimiento:**
  - **Propulsión Eléctrica:** Los vehículos eléctricos tienen una autonomía limitada por la capacidad de la batería, que suele estar entre 200 y 400 kilómetros en vehículos de producción. El tiempo de recarga puede variar desde unos pocos minutos en estaciones de carga rápida hasta varias horas en cargadores domésticos.

- Combustión: Los vehículos de combustión interna pueden tener una autonomía más larga, ya que pueden reabastecerse rápidamente en estaciones de servicio. Sin embargo, la disponibilidad y el coste de los combustibles fósiles pueden ser un factor limitante, especialmente en regiones remotas o con infraestructura de suministro limitada.
- Costes de Operación y Mantenimiento:
  - Propulsión Eléctrica: Los vehículos eléctricos suelen tener costes de operación y mantenimiento más bajos en comparación con los vehículos de combustión interna, debido a la simplicidad y menor número de componentes móviles en el sistema de propulsión. Además, el coste de la electricidad suele ser inferior al de los combustibles fósiles.
  - Combustión: Los vehículos de combustión interna pueden tener costes de operación más altos debido al precio de los combustibles fósiles, los cuales son susceptibles a fluctuaciones del mercado. Además, los motores de combustión interna requieren un mantenimiento más frecuente y complejo, que incluye cambios de aceite, filtros, y ajustes de motor.
- Impacto Ambiental y Sostenibilidad:
  - Propulsión Eléctrica: Los vehículos eléctricos son considerados más sostenibles a largo plazo, especialmente si la electricidad proviene de fuentes renovables como la solar, eólica, hidroeléctrica o nuclear. Además, la producción y reciclaje de baterías eléctricas está mejorando en términos de eficiencia y reducción de impactos ambientales.
  - Combustión: Los vehículos de combustión interna dependen de combustibles fósiles no renovables, cuya extracción, transporte y combustión tienen impactos significativos en el medio ambiente, incluyendo la contaminación del aire, la degradación del suelo y el agotamiento de recursos naturales.
- Desarrollo Tecnológico y Adopción:
  - Propulsión Eléctrica: El desarrollo tecnológico en el campo de los vehículos eléctricos está avanzando rápidamente, con mejoras continuas en la densidad de energía de las baterías, la eficiencia de los motores eléctricos, y la infraestructura de carga. La adopción de vehículos eléctricos está creciendo en todo el mundo, impulsada por regulaciones ambientales más estrictas, incentivos gubernamentales y la demanda del mercado.
  - Combustión: Aunque los motores de combustión interna han sido la tecnología dominante en el transporte durante décadas, están siendo desafiados por los vehículos eléctricos en términos de eficiencia, sostenibilidad y rendimiento. Sin embargo, la transición hacia vehículos eléctricos aún enfrenta desafíos como la infraestructura de carga, los costes iniciales y la aceptación del consumidor.

## 3 Diseño del Sistema de Propulsión Eléctrica

### 3.1 Elección de Configuración de Tren Motriz

Al considerar la conversión de un vehículo a eléctrico y elegir la configuración del tren motriz, se presentan cuatro opciones principales, cada una con sus propias ventajas y desventajas. Estas opciones son: un motor delante y detrás (doble motor), un único motor en el centro, un único motor delantero y motores integrados en las ruedas. A continuación, se detallan estas configuraciones teniendo en cuenta factores como la tracción, el costo, el peso, la complejidad de control y la distribución del peso:

- **Doble Motor (Delante y Detrás):** Ofrece tracción en las cuatro ruedas, lo que mejora la adherencia y la estabilidad. Es la segunda opción más cara, pero proporciona una excelente distribución del peso y potencia. Sin embargo, es uno de los sistemas que más peso añade al vehículo y puede complicar el control de los motores debido a la necesidad de coordinar la potencia entre el frente y la parte trasera.
- **Motores en las Ruedas:** Esta configuración también proporciona tracción en las cuatro ruedas y es la más costosa de todas. Aunque ofrece la mejor adherencia, distribución del peso y potencialmente la mayor potencia por contar con un motor en cada rueda, es la que más peso suma al conjunto (junto con la de doble motor) y puede dificultar significativamente la gestión y control de los motores. Además, esta configuración puede afectar la suspensión y el manejo general del vehículo (esta configuración se amplía en el **anexo 10**
- **Motor Central:** Colocar un único motor en la posición central del vehículo mejora notablemente la distribución del peso y ofrece buen manejo. Aunque no provee tracción a las cuatro ruedas, podría ofrecer una experiencia de conducción equilibrada. Es menos costosa que las opciones de múltiples motores, pero puede presentar desafíos mecánicos significativos durante la instalación. Esta opción es más ligera que las configuraciones con múltiples motores, lo que beneficia la eficiencia general del vehículo.
- **Único Motor Delantero:** Es la opción más económica y ligera, facilitando su implementación. Sin embargo, solo ofrece tracción delantera, lo que resulta en una peor distribución del peso, adherencia y potencia en comparación con las demás configuraciones. Esta sería una opción pobre desde el punto de vista de la dinámica de conducción y el rendimiento.

En resumen, para una conversión a eléctrico que busca optimizar la tracción, la distribución del peso y la potencia, las configuraciones de doble motor o motores en las ruedas serían ideales, aunque son más costosas y complejas tanto en términos de peso como de gestión de control. La configuración de motor central ofrece un buen compromiso entre manejo y complejidad de instalación, siendo una opción menos costosa y más ligera. Por último, el único motor delantero representa la solución más sencilla y económica, adecuada para conversiones con presupuestos limitados o donde

la complejidad de la conversión desea minimizarse, a costa de un rendimiento de conducción menos optimizado.

Todo y que en el apartado 7 se ahonda en un caso de conversión práctico y ahí se decidirá que configuración de tren motriz usamos, en la medida de lo posible se escogerá motor más económico, es decir, motor delantero.

### **3.2 Sistema de Gestión de Energía y Control**

El sistema de gestión de energía y control en un vehículo eléctrico desempeña un papel crucial en la optimización del rendimiento, la eficiencia y la seguridad de la energía eléctrica utilizada. En este apartado, se detallarán los siguientes aspectos:

- **Arquitectura del sistema:** Consiste en la arquitectura general del sistema de gestión de energía y control, incluyendo los componentes principales como la unidad de control electrónica (ECU), sensores, actuadores y módulos de comunicación.
- **Control del motor eléctrico:** Consiste en cómo el sistema de gestión de energía controla la operación del motor eléctrico, gestionando la potencia de salida, el par motor y la velocidad del motor en función de las demandas del conductor y las condiciones de conducción.
- **Control de la batería:** Se abordará el control y la gestión de la batería principal del vehículo, incluyendo la supervisión del estado de carga, la temperatura y la salud de la batería.
- **Integración de sistemas:** Se analizará la importancia de la integración en el de gestión de energía y control, incluyendo la interoperabilidad con otros sistemas del vehículo, como son el sistema de frenos regenerativos, el sistema de control de estabilidad y el sistema de infoentretenimiento.

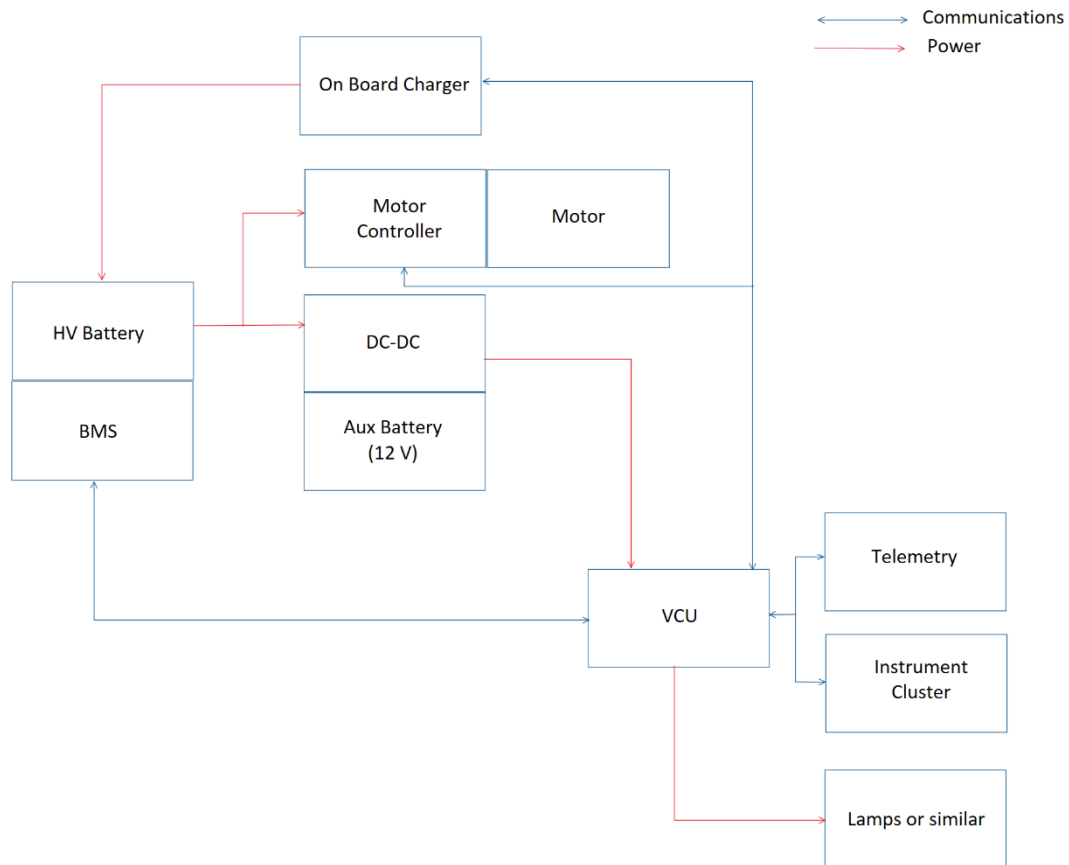


Figura 2 Ejemplo de arquitectura de sistema [2]

El uso de un VCU (*Vehicle Control Unit*) y un BMS (*Battery Management System*) puede encapsular las funciones mencionadas anteriormente en un solo sistema integrado. Aquí está como se relacionan con los aspectos mencionados:

- **VCU (*Vehicle Control Unit*):** La VCU es responsable de controlar y supervisar varios aspectos del vehículo eléctrico, incluyendo el control del motor eléctrico, la gestión de la transmisión (si es necesaria), el control de los sistemas auxiliares y la integración de diferentes sistemas del vehículo. Actúa como el "cerebro" del vehículo, procesando información de varios sensores y actuadores para tomar decisiones sobre la operación del vehículo.



Figura 3 VCU (Vehicle Control Unit) [3]

- BMS (Battery Management System): El BMS se encarga de supervisar y controlar el estado de la batería principal del vehículo, incluyendo la monitorización de la temperatura, la tensión y la corriente de la batería, así como la gestión de la carga y la descarga de la misma. También protege la batería contra condiciones adversas, como sobrecargas, sobrecalentamientos y cortocircuitos.

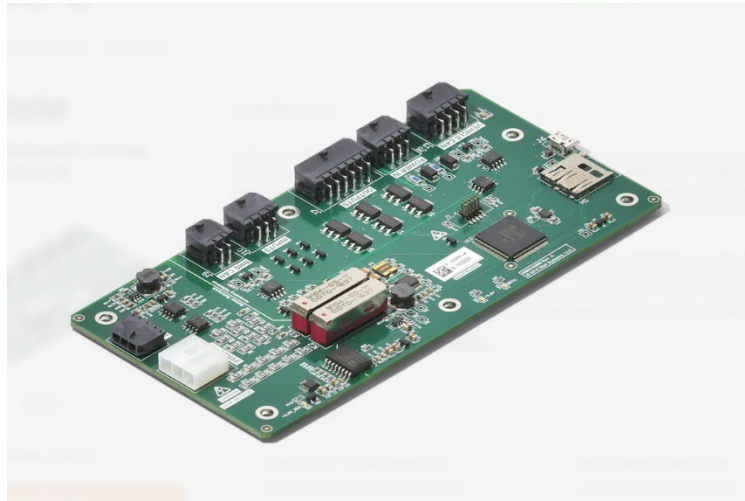


Figura 4 BMS (Battery Management System) master controller[4]

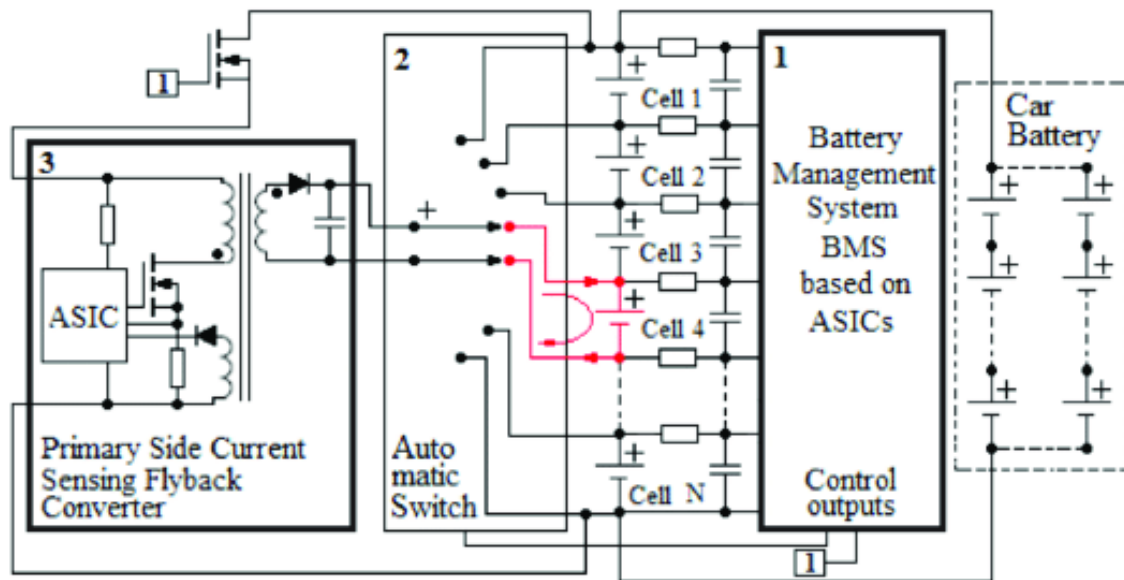


Figura 5 Esquema de la BMS[5]

Al utilizar una VCU y un BMS integrados, se logra una gestión eficiente y coordinada de la energía en el vehículo eléctrico, lo que contribuye a optimizar el rendimiento, la eficiencia y la seguridad de este. Además, esta integración simplifica el diseño y la implementación del sistema de gestión de energía y control, reduciendo costos y complejidades técnicas.

### 3.3 Integración del Motor Eléctrico en el Chasis del Vehículo

La integración del motor eléctrico en el chasis del vehículo es otro paso en la conversión de un vehículo de combustión interna a eléctrico. Esta etapa del proceso implica la selección de la ubicación óptima para el motor eléctrico dentro del chasis, considerando factores como el espacio disponible, el equilibrio de pesos y la distribución del centro de gravedad.

Se lleva a cabo un análisis detallado de la estructura del chasis para determinar la mejor ubicación para el motor eléctrico (en el caso de que tengamos opción), teniendo en cuenta la geometría del chasis, las restricciones de diseño y los requisitos de rendimiento del vehículo. Se consideran diferentes opciones de montaje, según las características específicas del vehículo y las preferencias del diseñador.

Una vez seleccionada la ubicación adecuada, se necesita un experto, ya que la ley en España sobre modificaciones en los chasis de los vehículos es bastante restrictiva. Se procedería con la integración del motor eléctrico en el chasis mediante soportes y estructuras de montaje diseñadas específicamente para garantizar una sujeción segura y estable. Se realizan pruebas para verificar la resistencia estructural y la compatibilidad mecánica del motor eléctrico con el chasis del vehículo, asegurando su adecuado funcionamiento y seguridad durante la operación.

La integración exitosa del motor eléctrico en el chasis del vehículo es esencial para garantizar un rendimiento óptimo y una experiencia de conducción segura y cómoda en el vehículo eléctrico convertido. Este proceso requiere una cuidadosa planificación y ejecución, así como un enfoque multidisciplinar que combine ingeniería eléctrica, mecánica y estructural para lograr resultados satisfactorios, esta es otra de las razones por las que se necesita un experto.

## 4 Adaptación del Sistema de Transmisión

### 4.1 Análisis de la Transmisión Existente

El objetivo de esta parte es conocer mejor la transmisión del vehículo a transformar y comprobar que no hay que reparar o mejorar nada de los elementos que seguirán ahí después de la conversión. Para realizar un análisis de la transmisión existente en un vehículo se pueden seguir estos pasos:

- Identificar el tipo de transmisión: Determinamos si el vehículo tiene una transmisión manual, automática, CVT (transmisión de variación continua) u otro tipo de transmisión.
- Revisar la documentación del vehículo: Consultamos el manual del propietario, el de taller o la documentación técnica del vehículo para obtener información detallada sobre la transmisión, incluyendo especificaciones técnicas, mantenimiento recomendado y diagramas de funcionamiento.
- Inspección visual: Realizamos una inspección visual de la transmisión para identificar su ubicación en el vehículo, el tipo de carcasa, los componentes principales y cualquier signo de daño o desgaste.
- Verificar el estado de los fluidos: Verificamos el nivel y la calidad del fluido de la transmisión según las especificaciones del fabricante. El fluido de la transmisión debe estar limpio y tener un color rojo o transparente. La presencia de partículas extrañas o un color oscuro puede indicar problemas en la transmisión.
- Prueba de funcionamiento: Conducimos el vehículo y realiza pruebas para evaluar el funcionamiento de la transmisión en diferentes condiciones de carga y velocidad. Prestando atención a cualquier ruido inusual, vibraciones o dificultades al cambiar de marcha.
- Escaneo del sistema de control: Utilizamos un escáner de diagnóstico (ODB) para verificar si hay códigos de error almacenados en el sistema de control de la transmisión. Estos códigos pueden proporcionar información sobre posibles problemas o fallos en la transmisión.
- Mediciones y ajustes: Realizamos mediciones de par y velocidad en diferentes puntos de la transmisión para evaluar su rendimiento y eficiencia. También puedes realizar ajustes según sea necesario, como la tensión de los cables de control o la presión del fluido de la transmisión.
- Comparación con especificaciones del fabricante: Comparamos los resultados del análisis con las especificaciones y recomendaciones del fabricante del vehículo. Esto ayuda a identificar cualquier desviación o problema potencial en la transmisión.

Al realizar un análisis completo de la transmisión existente en el vehículo, identificaremos cualquier problema o área de mejora, y podremos tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento, reparación o actualización de la transmisión.

## 4.2 Diseño de una Transmisión Compatible con el Motor Eléctrico

En esta parte decidiremos si la transmisión existente podrá soportar el nuevo motor. Dicho esto, para determinar si la transmisión existente en un vehículo puede soportar un nuevo motor eléctrico, debemos seguir los siguientes pasos:

- Especificaciones del motor eléctrico: Debemos obtener las especificaciones técnicas del nuevo motor eléctrico, incluyendo su par máximo, potencia nominal, rpm máximos, y cualquier otro dato relevante sobre su funcionamiento y requerimientos de montaje. (anexo 3)
- Características de la transmisión existente: Analizaremos las especificaciones y características técnicas de la transmisión actual del vehículo, incluyendo su capacidad de par, relación de transmisión, tipo de transmisión (manual, automática, etc.), y su diseño y capacidad de montaje.
- Compatibilidad de montaje: Verificaremos si el nuevo motor eléctrico puede montarse de manera segura y compatible con la transmisión existente. Esto implica evaluar si los puntos de montaje del motor coinciden con los de la transmisión, si es necesario realizar modificaciones en la estructura del vehículo para adaptar el motor eléctrico, y si hay espacio suficiente para su instalación.
- Adaptabilidad de la relación de transmisión: Evaluaremos si la relación del diferencial existente es adecuada para el nuevo motor eléctrico. El par y la velocidad del motor eléctrico pueden requerir una relación de transmisión específica para garantizar un rendimiento óptimo del vehículo.
- Capacidad de par: Nos aseguraremos de que la transmisión existente sea capaz de manejar el par máximo del nuevo motor eléctrico. Es importante que la transmisión tenga una capacidad de par suficiente para transmitir la potencia del motor eléctrico a las ruedas sin sobrecargar o dañar la transmisión.
- Modificaciones necesarias: Identificaremos si se requieren modificaciones en la transmisión existente para adaptarla al nuevo motor eléctrico. Esto puede incluir cambios en los componentes internos de la transmisión, como engranajes, ejes, o discos de embrague, palier, así como ajustes en el software de control de la transmisión para optimizar su funcionamiento con el motor eléctrico.
- Consultar a un experto: En caso de dudas o para obtener una evaluación más precisa, es recomendable consultar a un ingeniero mecánico o a un especialista en sistemas de transmisión y vehículos eléctricos. Ellos podrán realizar un análisis detallado y brindar recomendaciones específicas de como adaptar la transmisión existente al nuevo motor eléctrico.

### 4.3 Implementación de Cambios Necesarios en el Sistema de Transmisión

En este punto resulta difícil encontrar una sola forma estandarizada de proceder, ya que los coches son muy distintos entre sí no solo en dimensiones, sino en altura del suelo (4X4 o sedán) o incluso la dirección en la que se transmite el movimiento (motores en transversal o en horizontal).

Por tanto, vamos a exponer varias soluciones, pero es posible que no cubran todos los casos:

- Para motores horizontales: Simplemente, acoplamos el motor a la caja de cambios (quitando embrague y volante del embrague) y miramos si soporta el par. Si no lo soporta, habría que cambiar los palieres y el cambio de marchas por unos que soporten el par del motor. Para la caja de cambios podríamos usar una diseñada para estas situaciones como la de la figura 6.

Esta solución también valdría en el caso de tener un cambio de marchas automático o de variación continua, en estos casos se podría conectar directamente al convertidor de par o a la caja de cambios existente con un adaptador, o se podría poner una caja de cambios específica para eléctricos como la ya mencionada.

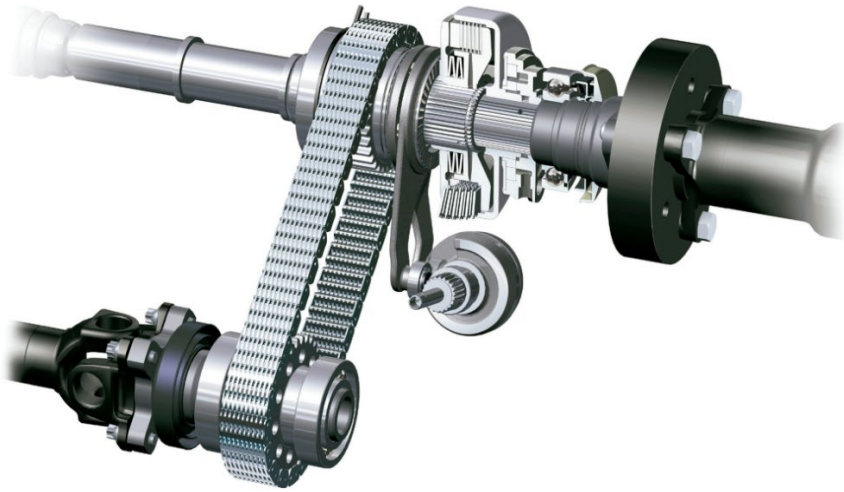


*Figura 6 Ejemplo de caja de cambios personalizada para conversión de Volkswagen a eléctrico (1999 \$)*

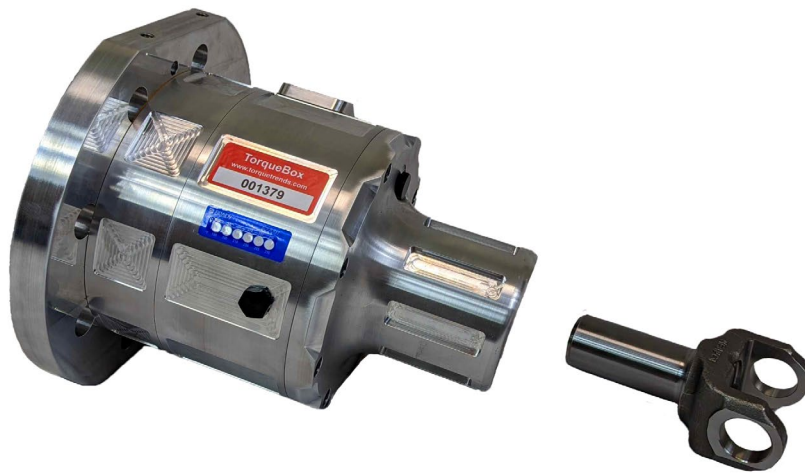
[6]

- Para todoterrenos: la solución más sencilla sería usar lo que se llama una “Torquebox” un aparato que convierte el movimiento del motor gracias a un acople preparado para el árbol de transmisión, de ahí iría a una caja de transferencia que transmitiría a las ruedas de arriba y a las de abajo el movimiento pasando por sus correspondientes diferenciales. Es posible que se tuviese que modificar tanto la caja de transferencia como las barras del árbol para que soporten el par.

En esta foto se observa como entra el movimiento a la caja de transferencia por el eje metálico y llega a las ruedas delanteras y traseras por las dos partes del árbol que son de color negro:



*Figura 7 Interior de una caja de transferencia [7]*



*Figura 8 Torquebox [8]*

- Para motor en transversal: Si hay espacio para acoplar el motor al cambio de marchas existente, solo habría que cambiar los palieres y el cambio de marchas por unos que soporten el par del motor (quitando embrague y volante). Normalmente ya existe un modelo con un motor en la gama (la versión deportiva) que aguanta ese par y lleva las mismas piezas para ahorrar costes, si

no existe existen empresas que se dedican a hacer modelos customizados para estas aplicaciones.

Si no hay espacio, es posible que la única solución sea tener un diferencial hecho a medida al que le llegue directamente el movimiento del motor.

Una vez hechas las modificaciones necesarias, sería interesante realizar las siguientes acciones:

- **Análisis de cargas y resistencia:** Realizar un análisis de las cargas y las fuerzas aplicadas al sistema de transmisión durante el funcionamiento normal del vehículo, incluyendo la aceleración, la frenada y la carga máxima. Asegurándose de que el diseño de la transmisión sea capaz de soportar estas cargas y resistir la fatiga y el desgaste a lo largo del tiempo.
- **Seguridad y fiabilidad:** Asegurarse de la conservación de las medidas de seguridad y los sistemas de protección originales en el diseño de la transmisión para garantizar un funcionamiento seguro y confiable, así como para minimizar el riesgo de fallos o averías.
- **Cumplimiento de normativas:** Pasar el vehículo por la debida entidad de homologación, para que el diseño de la transmisión cumpla con todas las normativas y estándares aplicables en cuanto a seguridad, emisiones y rendimiento del vehículo eléctrico.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto en este apartado 4 se tomará una decisión con el caso práctico en el apartado 7.

## 5 Almacenamiento y Gestión de Energía

### 5.1 Estudio de Diferentes Tecnologías de Baterías

Las baterías son componentes fundamentales en los vehículos eléctricos, ya que almacenan y suministran la energía necesaria para propulsar el vehículo. Existen diversas tecnologías de baterías disponibles en el mercado, cada una con sus propias características en términos de rendimiento, capacidad, vida útil y coste.

A continuación, se presenta un estudio comparativo de algunas de las tecnologías de baterías más comunes utilizadas en vehículos eléctricos:

- Baterías de Iones de Litio (Li-ion):
  - Las baterías de iones de litio son las más utilizadas en vehículos eléctricos debido a su alta densidad de energía, alta eficiencia y larga vida útil en comparación con otras tecnologías de baterías. Ofrecen una excelente relación potencia-peso y son capaces de proporcionar una alta potencia de salida, lo que las hace ideales para aplicaciones de vehículos eléctricos.
- Baterías de Pirofosfato de Litio (LiFePO<sub>4</sub>):
  - Las baterías de pirofosfato de litio, también conocidas como baterías LFP, son una variante de las baterías de iones de litio que utilizan pirofosfato de hierro-litio como material catódico. Estas baterías ofrecen una mayor seguridad y estabilidad térmica en comparación con otras tecnologías de iones de litio, lo que las hace adecuadas para aplicaciones en vehículos eléctricos donde la seguridad es una preocupación importante. Además, las baterías LFP tienen una vida útil más larga y una mayor resistencia a la degradación, lo que las convierte en una opción atractiva para aplicaciones de movilidad eléctrica de larga duración.
- Baterías de Estado Sólido:
  - Las baterías de estado sólido están emergiendo como una tecnología prometedora para vehículos eléctricos debido a su mayor densidad energética, mayor seguridad y menor riesgo de incendio en comparación con las baterías de iones de litio convencionales. Estas baterías utilizan electrolitos sólidos en lugar de líquidos, lo que las hace menos propensas a fugas y daños.
- Baterías de Níquel-Metal Hidruro (NiMH):
  - Aunque han sido desplazadas en gran medida por las baterías de iones de litio, las baterías de níquel-metal hidruro siguen siendo utilizadas en algunos vehículos eléctricos debido a su menor coste y mayor

disponibilidad. Sin embargo, tienen una densidad energética más baja y una vida útil más limitada en comparación con las baterías de iones de litio.

- **Baterías de Plomo-Ácido:**
  - Las baterías de plomo-ácido son una tecnología más antigua y menos común en vehículos eléctricos debido a su baja densidad de energía, corta vida útil y alto peso en relación con la energía almacenada. Sin embargo, siguen siendo utilizadas en algunos vehículos eléctricos de bajo coste y aplicaciones especializadas debido a su bajo coste y facilidad de reciclaje.
  
- **Baterías AGM (*Absorbent Glass Mat*) o de Gel:**
  - Las baterías AGM y de gel son variantes de las baterías de plomo-ácido que utilizan tecnología de electrolito absorbido para mejorar la estabilidad y reducir el riesgo de derrames. Estas baterías son utilizadas en algunos vehículos eléctricos debido a su diseño sellado y su resistencia a las vibraciones, lo que las hace adecuadas para aplicaciones de movilidad eléctrica donde la seguridad y la durabilidad son importantes. Sin embargo, tienen una densidad de energía más baja y una vida útil más limitada en comparación con las baterías de iones de litio.
  
- **Baterías de Flujo Redox:**
  - Las baterías de flujo redox son una tecnología de baterías recargables que utilizan soluciones de electrolitos para almacenar energía. Aunque aún están en desarrollo y no son ampliamente utilizadas en vehículos eléctricos, ofrecen ventajas potenciales en términos de escalabilidad, tiempo de recarga rápido y vida útil prolongada.
  
- **Baterías de Sodio-ion:**
  - Las baterías de sodio-ion son una alternativa potencial a las baterías de iones de litio, ya que el sodio es más abundante y menos costoso que el litio. Aunque aún están en fase de desarrollo, las baterías de sodio-ion tienen el potencial de ofrecer una densidad de energía comparable y una mayor estabilidad en comparación con las baterías de iones de litio.

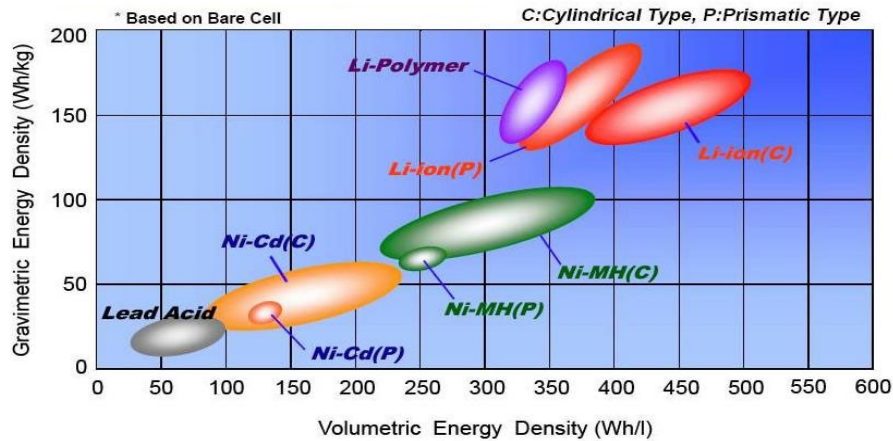


Figura 9 Comparación de la densidad de energía en celdas de batería [NASA]

Dicho esto, la tecnología que finalmente se usará será la de litio, ya que tiene el equilibrio idóneo entre precio y densidad de energía, las tecnologías más novedosas se han tenido que descartar por disponibilidad de componentes. Decir que la más económica y con las que se hicieron las primeras conversiones a eléctrico en EE. UU. serían las de plomo-ácido, que se pueden reciclar casi completamente y recuperar sus prestaciones, pero, aunque sean tan baratas perderíamos mucho rango por el peso y porque realmente están diseñadas para producir mucha energía en un corto espacio de tiempo, no poca de manera constante y estable.

## 5.2 Diseño del Sistema de Almacenamiento de Energía

- Selección de la batería: Debemos realizar una evaluación de las opciones de baterías disponibles en el mercado, considerando factores como la capacidad, la densidad de energía, la vida útil, el peso y el coste.
- Diseño del paquete de baterías: Una vez seleccionada la batería adecuada, debemos diseñar o encontrar un paquete de baterías que se adapte al espacio disponible en el vehículo y optimice la distribución de peso. Esto implica la disposición física y número de celdas de batería, así como la instalación de sistemas de refrigeración y gestión térmica para mantener la temperatura dentro de niveles seguros.
- Sistemas de gestión de baterías (BMS): Debemos integrar un sistema de gestión de baterías (BMS) para monitorear y controlar el estado de carga, la temperatura y la tensión de cada celda de la batería. El BMS también protege la batería contra condiciones adversas como sobrecargas, sobrecalentamientos y descargas profundas.

Para finalizar quedaría solamente determinar la conexión de las baterías para tener el voltaje que necesitamos.

Durante el apartado 7 se tomarán las decisiones aplicando la metodología expuesta de que batería usar, con que conexión, etc.

## 6 Sistemas Auxiliares y Electrónica de Potencia

### 6.1 Acondicionamiento de la Energía para los Sistemas Auxiliares

En el apartado 6.3 Seguridad y Protección del Sistema Eléctrico del Vehículo, se abordarán los siguientes aspectos:

- Convertidores DC-DC en vehículos eléctricos
  - Los convertidores DC-DC son componentes esenciales en los vehículos eléctricos. Su función principal es transformar la alta tensión de la batería principal (que generalmente es de alta tensión) a una tensión más baja adecuada para alimentar los sistemas auxiliares del vehículo.
  - Estos sistemas auxiliares incluyen la iluminación, el sistema de audio, la climatización y otros dispositivos electrónicos.
  - El convertidor DC-DC opera como un circuito eléctrico con dos partes principales: el circuito de entrada y el circuito de salida. El circuito de entrada suministra energía eléctrica al dispositivo, mientras que el circuito de salida proporciona energía a la carga.
  - Ventajas:
    - Optimizan la batería de alta tensión para la propulsión del vehículo, mejorando la eficiencia energética y la autonomía (previniendo también la descarga excesiva).
    - Permiten que la batería de alta tensión no necesite ser dimensionada para cumplir con los requisitos de los sistemas eléctricos de baja tensión.
    - Simplifican la complejidad de la gestión de energía a los sistemas de baja tensión.
- Gestión de la carga de la batería auxiliar:
  - La batería auxiliar en un vehículo eléctrico puede ser independiente o la misma batería principal del vehículo.
  - Control de carga: Se utiliza un algoritmo de control de carga inteligente para ajustar la corriente de carga según sea necesario. Esto garantiza la carga óptima de la batería auxiliar y evita la descarga excesiva.
  - Beneficios:
    - Maximiza la vida útil de la batería auxiliar.
    - Asegura que la batería esté lista para alimentar los sistemas auxiliares cuando sea necesario.

En nuestro caso usaremos la batería de plomo del vehículo que se cargara a través del convertidor DC-DC.

- Protección y seguridad:
  - Para proteger los dispositivos electrónicos del vehículo, se deberían implementar medidas como:
    - Fusibles: Protegen contra sobreintensidades.
    - Disyuntores: Cortan la corriente en caso de cortocircuitos.
    - Dispositivos de protección contra sobretensiones: Evitan daños por picos de voltaje.

Pero usaremos las ya existentes en el vehículo

- Distribución de energía:
  - La energía se distribuye a los sistemas auxiliares mediante:
    - Sistemas de cableado: Conducen la energía desde la batería a los componentes.
    - Relés: Controlan el flujo de energía a diferentes sistemas.
    - Módulos de control de distribución de energía: Aseguran una distribución equitativa y eficiente según las condiciones de operación del vehículo.

En este caso también usaremos los ya existentes en el vehículo.

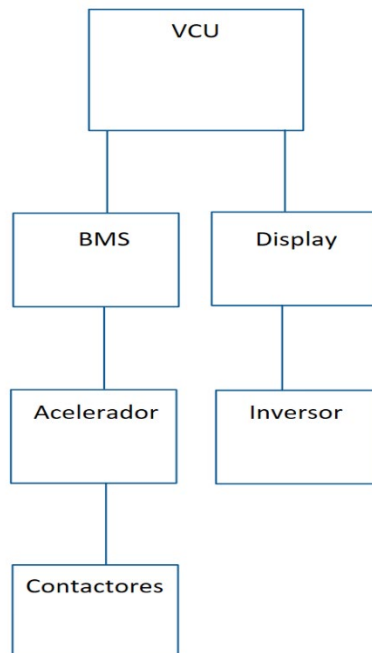
## 6.2 Diseño del Sistema de Control Electrónico

- VCU (*Vehicle Control Unit*):
  - Supervisa y coordina todos los sistemas del vehículo.
  - Controla la velocidad, la dirección del motor y la regeneración de energía.
  - Se comunica con otros módulos a través del protocolo de comunicación CAN (*Controller Area Network*).
- BMS (*Battery Management System*):
  - Supervisa el estado de carga de las baterías en los 3 grupos en serie.
  - Protege contra sobrecarga, sobredescarga y desequilibrio de celdas.
  - Comunica información relevante al VCU a través de CAN.
- *Display*:
  - Muestra información al conductor, como velocidad, estado de carga, etc.
  - Se comunica con el VCU a través de CAN.

Aquí se podría aprovechar los antiguos indicadores analógicos del vehículo o usar una pantalla nueva

- Pedal del acelerador:
  - Controla la cantidad de energía enviada al motor eléctrico.
  - Se conecta al VCU para ajustar la velocidad.
- Inversor del motor:
  - Convierte la corriente continua de las baterías en corriente alterna para alimentar el motor.
  - Controla la velocidad y la dirección del motor.
- Contactores:
  - Gestionan la desconexión de la batería al girar la llave del coche o en caso de emergencia o mantenimiento.

Para ello podríamos usar el siguiente esquema con 2 buses y protocolo CAN 2.0B, que es ampliamente utilizado en la industria automotriz debido a su confiabilidad, velocidad y capacidad para manejar múltiples nodos de comunicación:



*Figura 10 Esquema de buses CAN*

- CAN 1:
  - VCU (*Vehicle Control Unit*) se comunica con el BMS (*Battery Management System*) a través de CAN 1.
  - Esto permite que el VCU supervise el estado de carga de las baterías y tome decisiones basadas en esa información.
  - Además, el *display* también se conecta a CAN 1 para mostrar información relevante al conductor.
  
- CAN 2:
  - VCU se comunica con el pedal del acelerador y el inversor del motor a través de CAN 2.
  - El pedal del acelerador ajusta la velocidad del vehículo según la entrada del conductor.
  - El inversor controla la potencia entregada al motor eléctrico.
  
- Contactores:
  - Los contactores gestionan la desconexión de la batería en caso de emergencia o mantenimiento.
  - Están conectados al VCU a través de CAN 1 o CAN 2, según la prioridad y la arquitectura del vehículo.

En resumen, la elección entre CAN 1 y CAN 2 se basa en la organización lógica y la redundancia en la comunicación. Cada bus tiene su propósito específico y permite una distribución eficiente de las señales entre los diferentes módulos.

### 6.3 Seguridad y Protección del Sistema Eléctrico del Vehículo

- Protección contra Sobrecargas y Cortocircuitos

Implementaremos dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos en puntos críticos del sistema eléctrico del vehículo, incluyendo fusibles y disyuntores. Estos dispositivos se encargarán de interrumpir el flujo de corriente en caso de detectar una sobrecarga o un cortocircuito, protegiendo así los componentes eléctricos y electrónicos de daños mayores y reduciendo el riesgo de incendios eléctricos.

- Sistema de Desconexión de Emergencia

Incorporaremos un sistema de desconexión de emergencia que permitirá cortar la alimentación eléctrica del vehículo en situaciones críticas, como accidentes o fallos catastróficos del sistema. Este sistema proporcionará una forma rápida y segura de desactivar todos los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo, minimizando el riesgo de lesiones y daños adicionales. Esto se podría conseguir con un par de contactores (uno para el positivo y el otro para el negativo).

- Aislamiento y Protección de Componentes

Tomaremos medidas para aislar y proteger adecuadamente los componentes eléctricos y electrónicos del vehículo, tanto en términos de diseño físico como de aislamiento eléctrico. Esto incluirá el uso de materiales aislantes y carcasas protectoras para reducir el riesgo de contactos accidentales y proteger los componentes de la humedad, la suciedad y otros contaminantes ambientales. También puede incluir el uso de un resistor de pre carga para proteger los contactores frente a arcos eléctricos.

- Sistemas de Monitorización y Diagnóstico

Implementaremos sistemas de monitorización y diagnóstico continuo para supervisar el estado y el rendimiento de los componentes eléctricos del vehículo. Estos sistemas permitirán detectar y diagnosticar posibles fallos o anomalías en tiempo real, facilitando así la identificación temprana de problemas y la adopción de medidas correctivas antes de que se conviertan en problemas mayores. Estamos hablando de sensores de temperatura en las baterías y motor, y de la propia red CAN que nos retransmite información continuamente.

- Capacitación y Concienciación del Usuario

Proporcionaremos capacitación y orientación adecuadas a los usuarios del vehículo sobre el uso seguro y adecuado de los sistemas eléctricos y electrónicos. Esto incluirá instrucciones claras sobre cómo operar los sistemas de seguridad y protección, así como información sobre los riesgos potenciales asociados con el funcionamiento del vehículo eléctrico.

Es posible que todas estas medidas se deban ampliar debido a la legislación vigente en España en el momento, ahora mismo existe el Real Decreto-ley 29/2021, que legisla sobre coches eléctricos, sin incidir en protecciones, para obtener detalles específicos sobre seguridad y protección se deberían consultar otras normativas específicas relacionadas con la homologación y seguridad vehicular en España y consultar a un experto.

Durante el apartado 7 se pondrán ejemplos de posibles BMS, VCU, Acelerador, etc. Tal como se menciona en el apartado de alcance, además se escogerán las protecciones necesarias.

## 7 Caso Práctico: Conversión de un Modelo Específico

### 7.1 Descripción del Vehículo Base y sus Características

#### 7.1.1 Descripción del Vehículo Base

El vehículo escogido para convertir a eléctrico como caso práctico es un Volkswagen Golf de 2008. De la ficha técnica, que podemos ver en el **anexo 2**, obtendremos la mayoría de la información específica del modelo.

Se ha escogido este coche porque es el que cuenta con un mayor número de propietarios en España.

**Volkswagen Golf.** Se trata de un automóvil compacto/familiar perteneciente al segmento C. Producido por el fabricante alemán de automóviles Volkswagen AG desde 1974. Cuenta ya con ocho generaciones, el Golf ha sido un modelo icónico y uno de los más vendidos de la historia, con más de 35 millones de unidades vendidas hasta 2019.



*Figura 11 Las ocho generaciones del Volkswagen Golf [9]*

Existen cambios en este apartado 7 que podrían no ser iguales para otros modelos, todo y que el proyecto busca ser lo más universal posible. El coche elegido, el Volkswagen Golf, es el que abarcara más segmento de población al ser el más abundante, cosa que lo hace un ejemplo perfecto.

### 7.1.2 Características del Vehículo Base.

- Dimensiones:
  - Longitud: Varía según la generación, pero generalmente se encuentra entre 3985 mm y 4362 mm. (anexo 9)
  - Ancho: En el rango de 1679 mm a 1799 mm.
  - Altura: Entre 1415 mm y 1555 mm.
  - Tipo de carrocería: Disponible en variantes de hatchback y *station wagon*.

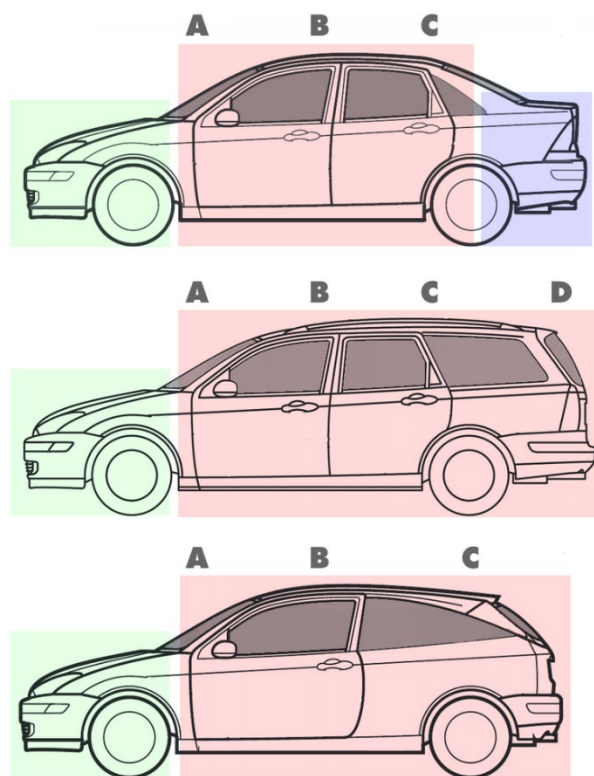


Figura 12 Configuraciones típicas de un vehículo, un sedán (tres cajas), un station wagon (dos cajas) y un hatchback (dos cajas) de la misma gama de modelos.

- Motorización:
  - Ofrece una variedad de opciones de motorización, desde versiones económicas hasta modelos de alto rendimiento.
  - Las generaciones más recientes incluyen motores eléctricos e híbridos enchufables.



*Figura 13 Motor híbrido enchufable [10]*

- Transmisión:
  - La mayoría de los Golf utilizan una transmisión manual de 6 velocidades o una transmisión automática de doble embrague (DSG).
- Suspensión:
  - La suspensión delantera es independiente tipo McPherson y la trasera es multibrazo para un manejo estable y cómodo.
- Frenos:
  - Los frenos son discos ventilados en el frente y discos sólidos en la parte trasera para una buena capacidad de frenado.
- Seguridad:
  - Incluye características como control de estabilidad, control de tracción, airbags y sistemas de asistencia al conductor.

En resumen, el Volkswagen Golf es un vehículo versátil con una mecánica confiable y varias opciones de motorización.

## 7.2 Proceso de Conversión Paso a Paso

### 7.2.1 *Eliminar Todo lo que Sobra*

Como primer paso hay que eliminar todo lo no necesario del vehículo, esto incluye:

- Bloque motor
- Caja de cambios
- Embrague
- Radiador
- Depósito de combustible
- Alternador
- Sistema de escape



Figura 14 Despiece Volkswagen Golf [11]

### 7.2.2 *Elección de los Componentes para la Conversión*

La mayor diferencia, obviamente, entre un motor de combustión y uno eléctrico es que en el primero se quema el combustible para mover los pistones que finalmente, se transforman en movimiento de las ruedas. En el motor eléctrico tenemos electricidad, hay una corriente que induce un campo magnético en el motor y hace que el rotor gire. Esta es la razón por la que su par-velocidad es distinta.

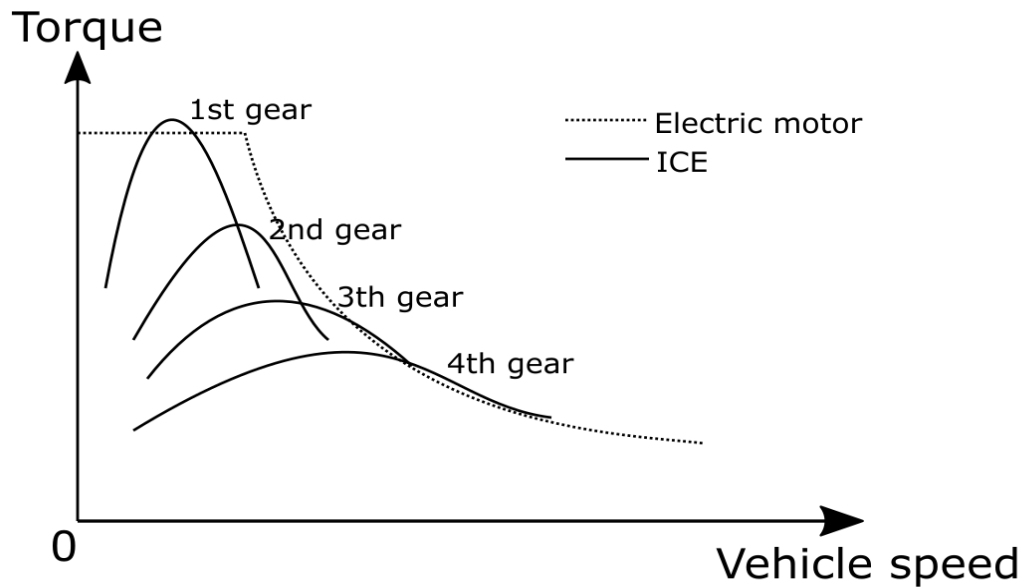


Figura 15 Grafica comparativa coche eléctrico y combustión par vs velocidad [16]

$$P = T \cdot \omega \quad (6)$$

### 7.2.2.1 Motor Eléctrico

Lo curioso de los motores eléctricos es que tienen el par máximo a velocidad cero y una potencia bastante constante a todas velocidades. En el caso del vehículo de combustión vemos pequeñas ventanas con picos altos de potencia para las que necesitas ir cambiando la marcha para cubrir todos los rangos de velocidades de manera eficiente. Por tanto, para el vehículo eléctrico, no necesitamos ni embrague ni caja de cambios.

Dicho esto, para escoger nuestro motor eléctrico necesitaremos saber la máxima velocidad a la que tendrá que funcionar el motor y otros factores de los que hablaremos más adelante.

La velocidad máxima deseada (la original del vehículo, según su hoja de características) será de 188 km/h en nuestro caso.

Las ruedas que lleva son 255/65 R15, lo que significa que tiene una llanta de 15 pulgadas y que la relación de aspecto entre la altura y la anchura es del 65%, ya que el peso del vehículo no cambiará (esto se explicará más adelante).

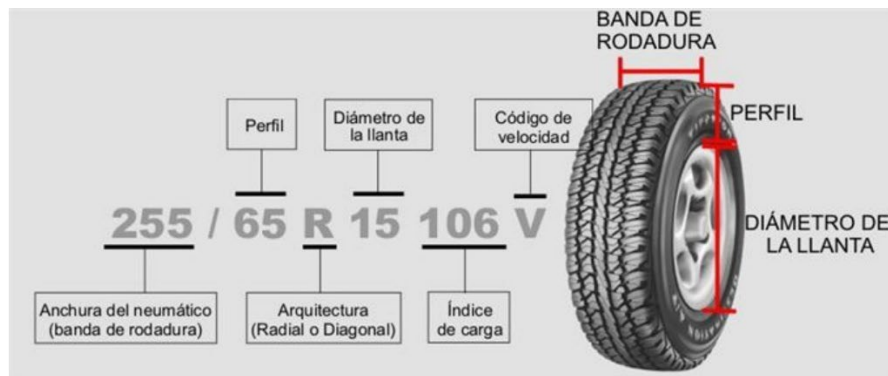


Figura 16 Cómo interpretar las medidas de los neumáticos.

$$\text{Relación} = \frac{h}{255\text{mm}} \cdot 100 = 65\% \rightarrow h = \frac{65}{100} \cdot 255 = 165,75 \text{ mm} \quad (7)$$

Para pasar de pulgadas a mm existe una relación, 1 pulgada son 25,4 mm:

$$15'' \cdot 25,4 = 381 \text{ mm} \quad (8)$$

Por tanto, el radio total de la rueda es:

$$\text{radio total} = \frac{165,75 \text{ mm} + 381 \text{ mm}}{2} = 273,375 \text{ mm} \quad (9)$$

Ahora aplicaremos la relación que existe entre una velocidad lineal y una angular para determinar la velocidad de la rueda: [17]

Cambio de unidades previo:

$$v_{\text{vehículo}} = 188 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000\text{m}}{1\text{km}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 52,22 \text{ m/s} \quad (10)$$

$$w_{\text{rueda}} = \frac{v}{r} = \frac{52,22 \text{ m/s}}{0,273375 \text{ m}} = 191,02 \text{ rad/s} \quad (11)$$

$$n_{\text{rueda}} = 191,02 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 1824,1 \text{ rpm} \quad (12)$$

Como la idea es conectarse a la caja de cambios, necesitamos saber las relaciones de velocidades que ésta tiene, las obtendremos del manual de taller del Volkswagen Golf que podemos ver en la siguiente imagen. [13, pp. 77-78]

Boîte de vitesses 02J					
Lettres-repères		DEA	DTK	DQY	DCL
Fabrication	de à	08.97	08.97	08.97	08.97
Appariement	moteur	1,9 l - 81 kW turbo Diesel	1,8 l - 110 kW	1,9 l - 66 kW turbo Diesel	2,3 l - 110 kW
Démultiplication Z2 : Z1	transmission	61 : 18 = 3,389	70 : 19 = 3,684	61 : 18 = 3,389	71 : 18 = 3,944
	1ère vitesse	34 : 9 = 3,778	33 : 10 = 3,300	34 : 9 = 3,778	33 : 10 = 3,300
	2ème vitesse	33 : 16 = 2,063	35 : 18 = 1,944	36 : 17 = 2,118	35 : 18 = 1,944
	3ème vitesse	31 : 23 = 1,348	34 : 26 = 1,308	34 : 25 = 1,360	34 : 25 = 1,308
	4ème vitesse	29 : 30 = 0,967	35 : 34 = 1,029	34 : 35 = 0,971	35 : 34 = 1,029
	5ème vitesse	30 : 39 = 0,769	36 : 43 = 0,837	34 : 45 = 0,756	36 : 43 = 0,837
	Marche arrière	18 : 9 x 36 : 20 = 3,600	17 : 10 x 36 : 20 = 3,060	18 : 9 x 36 : 20 = 3,600	17 : 10 x 36 : 20 = 3,060
Tachymètre	13 : 22 = 0,591	13 : 22 = 0,591	13 : 22 = 0,591	13 : 22 = 0,591	
Capacité		2,0 litres	2,0 litres	2,0 litres	2,0 litres
Spécification		Huile de boîte G50 SAE 75W90 (huile de synthèse)			
Commande d'embrayage		hydraulique	hydraulique	hydraulique	hydraulique
Ø disque d'embrayage		219 mm	219 mm	219 mm	219 mm
Ø flasque d'arbre de pont		100 mm	100 mm	100 mm	100 mm
Démultiplication "I" au rapport maxi		2,606	3,084	2,562	3,301

Boîte de vitesses 02K					
Lettres-repères		DLP	DNZ	DRZ	DSB
Fabrication	de à	08.97	08.97	08.97	08.97
Appariement	moteur	1,6 l - 74 kW	1,6 l - 74 kW	1,9 l - 50 kW Diesel	1,4 l - 56 kW
Démultiplication Z2 : Z1	transmission	68 : 16 = 4,250	68 : 16 = 4,250	68 : 16 = 4,250	67 : 15 = 4,467
	1ère vitesse	38 : 11 = 3,455	38 : 11 = 3,455	38 : 11 = 3,455	36 : 11 = 3,455
	2ème vitesse	35 : 18 = 1,944	35 : 18 = 1,944	35 : 18 = 1,944	35 : 18 = 1,944
	3ème vitesse	37 : 27 = 1,370	36 : 28 = 1,286	36 : 28 = 1,286	36 : 28 = 1,286
	4ème vitesse	32 : 31 = 1,032	31 : 32 = 0,969	31 : 33 = 0,939	31 : 32 = 0,969
	5ème vitesse	34 : 40 = 0,850	33 : 41 = 0,805	37 : 52 = 0,712	33 : 41 = 0,805
	Marche arrière	38 : 12 = 3,167	38 : 12 = 3,167	38 : 12 = 3,167	38 : 12 = 3,167
Tachymètre	15 : 7 = 2,143	15 : 7 = 2,143	15 : 7 = 2,143	15 : 7 = 2,143	
Capacité		1,9 litres	1,9 litres	1,9 litres	1,9 litres
Spécification		Huile de boîte G50 SAE 75W90 (huile de synthèse)			
Commande d'embrayage		hydraulique	hydraulique	hydraulique	hydraulique
Ø disque d'embrayage		210 mm	210 mm	200 mm	200 mm
Ø flasque d'arbre de pont		90 mm	90 mm	90 mm	90 mm
Démultiplication "I" au rapport maxi		3,613	3,421	3,026	3,596

Figura 17 Relación de velocidades de la caja de cambios del Volkswagen Golf [13, pp. 77-78]

Escogeremos conectarnos a la quinta marcha, ya que es la que más se ajustará a la velocidad deseada, pondremos la quinta permanentemente y el coche no tendrá cambio de marchas, ya que los motores eléctricos pueden girar en dirección contraria sin necesidad de una marcha dedicada:

$$velocidad\ del\ cambio = 1824,1 \cdot 0,759 = 1384,49 \quad (13)$$

Finalmente, el único obstáculo que nos queda entre la velocidad del motor y la de las ruedas es el diferencial, que tiene una relación reductora entre corona y piñón de 3,4483 [18], por tanto:

$$velocidad\ motor\ objetivo = 1384,49\ rpm \cdot 3,4483 = 4774,14\ rpm \quad (14)$$

Ahora que conocemos estos datos, podemos decidir qué motor vamos a usar. En este proyecto usaremos motores de segunda mano por su precio y porque el proyecto está pensado desde una perspectiva sostenible. Como ya se anticipó, esta elección dependerá de cuatro factores extra a la velocidad del motor calculada anteriormente:

1. Voltaje y corriente: el voltaje al que funcionará influirá en las baterías que usemos.
2. Tamaño y peso: básicamente que se adecúe a nuestro coche
3. Precio: por razones obvias
4. Disponibilidad: sobre todo en el caso de usar un motor reciclado.

Dicho esto, vamos a hacer una comparativa entre varios modelos de motores disponibles en el mercado:

### COMPARATIVA MOTORES ELÉCTRICOS

MODELOS DE MOTOR	n(rpm)	Caja de engranajes	n(rpm) después engr.	Precio (€)	Peso(kg)
Mach-E	13800	9,05	1524,86188	2000-3000	93
Cascadia Motion	12000	3,09	3883,49515	5000-6000	64
Tesla Large	14900	9,73	1531,34635	3000-4000	134
Tesla Small	16000	3,54	4519,77401	5000-6000	63

*Tabla 1 Comparativa motores eléctricos elaborada a partir de los datos del fabricante*

Podríamos escoger cualquiera de estos motores si diseñásemos una caja de engranajes a medida para cada motor. Esto probablemente subiría mucho los costes, a no ser que las conversiones a eléctrico fuesen muy numerosas. Por tanto, para dejar el coche lo más cercano a sus prestaciones originales podemos escoger entre el Tesla Small y el Cascadia, según disponibilidad de stock y su precio.

Para esta conversión elegiremos el Cascadia Motion, ya que está especialmente diseñado para este tipo de transformaciones. Además, es un motor de inducción, esto tiene ciertas ventajas:

- **Autonomía eléctrica.** El motor de inducción no requiere una conexión eléctrica directa entre el estator y el rotor. Esto significa que puede funcionar de forma autónoma, sin necesidad de escobillas o anillos deslizantes para transferir la corriente eléctrica al rotor.

- **Robustez y bajo mantenimiento.** Al no tener partes mecánicas en contacto directo, el motor de inducción es más robusto y requiere menos mantenimiento.
- **Eficiencia.** La falta de fricción mecánica permite que el motor de inducción sea altamente eficiente.

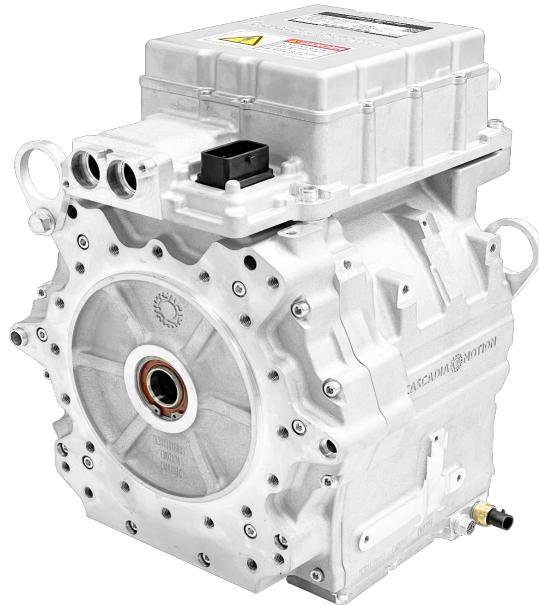


Figura 18 Cascadia Motion IM-225 [19]

#### 7.2.2.2 Inversor *dc-ac*

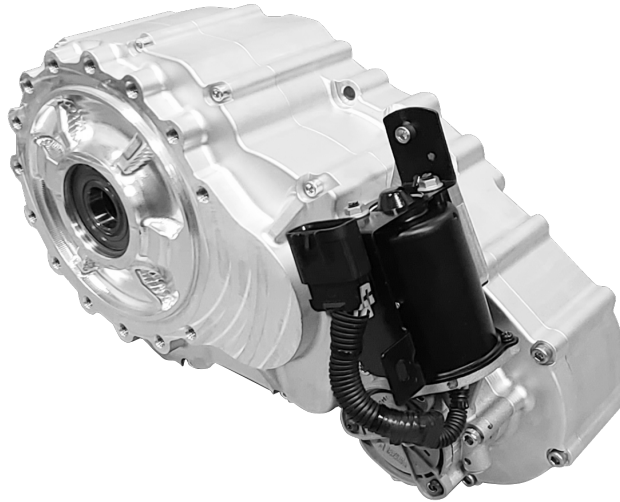
Este motor incluye un inversor que va atornillado en la parte superior, que según su *datasheet* soporta un rango de voltaje de 50-480 V en dc.



Figura 19 Inversor CM 200

### 7.2.2.3 Caja de Engranajes

La caja de engranajes SR-309, mencionada en la **tabla 1**, con una relación reductora de 3,09:1, está ya preparada para acoplarse al IM-225.



*Figura 20 Caja de engranajes SR-309*

### 7.2.2.4 Batería

Del rango de valores que nos permite usar el inversor, utilizaremos una configuración de baterías con un voltaje lo más alto posible. Esta elección se basa en varios factores que demuestran las ventajas de operar a este nivel de voltaje:

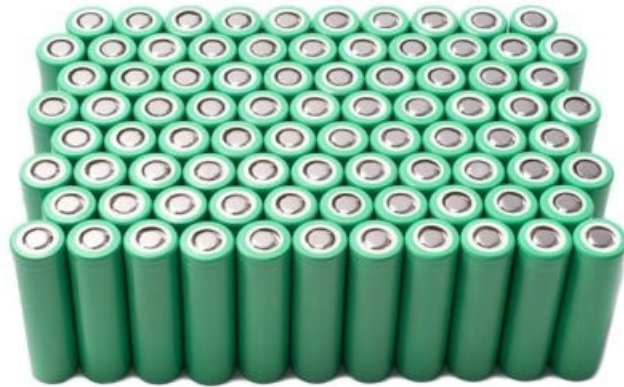
- Menor corriente para una potencia dada. Se reduce la corriente necesaria para suministrar la misma potencia en comparación con un voltaje más bajo. Esto minimiza las pérdidas de energía (calentamiento) en los cables y componentes eléctricos debido a la menor resistencia.
- Menores caídas de voltaje. Con un voltaje más alto, las pérdidas de energía debido a las caídas de voltaje en los cables y conexiones son menores. Esto es crucial para mantener la eficiencia del sistema, especialmente en vehículos eléctricos con distancias de cableado significativas.
- Mayor eficiencia del inversor y del motor. Los inversores utilizados en vehículos eléctricos, así como algunos motores eléctricos, pueden ser más eficientes cuando operan a voltajes más altos.
- Compatibilidad con sistemas existentes. Es común en muchos sistemas eléctricos industriales y automotrices, lo que facilita la integración y compatibilidad con componentes y tecnologías existentes.

- Preparación para futuras tecnologías. Proporciona una base sólida para futuras innovaciones y tecnologías en el campo de la movilidad eléctrica, lo que garantiza que el vehículo esté preparado para adaptarse a los avances futuros en el sector.

Una vez decidida la configuración de las baterías, exploraremos qué formatos físicos existen en el mercado. Las baterías de litio vienen en una variedad de formas para adaptarse a diferentes aplicaciones y necesidades. Algunas de las más comunes son:

- **Celdas cilíndricas.** Estas celdas tienen forma de cilindro y son bastante comunes en aplicaciones portátiles y de menor escala. Ejemplos de éstas son la 18650 y 21700, que se utilizan en dispositivos electrónicos como portátiles, linternas, y herramientas eléctricas.

Éstas son usadas, por ejemplo, por Tesla, Rivian o Lucid Motors.



*Figura 21 Baterías celdas cilíndricas [20]*

- **Celdas prismáticas.** Estas celdas tienen forma de prisma rectangular y son más planas que las cilíndricas. Son utilizadas en aplicaciones donde el espacio es limitado y se requiere un diseño más delgado. Se encuentran comúnmente en dispositivos como teléfonos móviles, tabletas y algunos vehículos eléctricos.

Éstas son usadas, por ejemplo, por BMW.



Figura 22 Batería celdas prismáticas [21]

- **Baterías de bolsa metálica.** Estas baterías utilizan una bolsa metálica como recipiente para los componentes internos. Son similares a las baterías de polímero de litio en términos de flexibilidad y se utilizan en una variedad de dispositivos portátiles y aplicaciones de almacenamiento de energía.

Éstas son usadas, por ejemplo, por Hyundai, General Motors o Ford.

GTF®



Figura 23 Batería de bolsa metálica [22]

Batería	Voltaje x Célula (V)	Medidas (mm)	Peso (g)	Precio (€)
Tesla	4,20	18x65	46,5	5.000-10.000
Rivian	3,63	21,10x70,15	69,5	7.000-13.000
Lucid motors	3,63	21x70	69,5	7.000-8.000
BMW	3,70	175x143	1850,0	3.000-4.000
GM	3,70	584x102	1360,0	no info
Ford	3,70	no info	71,0	10.000-20.000

*Tabla 2 Comparativa de baterías usadas por diferentes fabricantes*

La decisión de utilizar celdas cilíndricas, después de analizar las opciones disponibles, para las baterías se basa en varias consideraciones que demuestran sus ventajas sobre otras formas de baterías de litio:

- **Robustez y resistencia:** Las celdas cilíndricas ofrecen una mayor robustez y resistencia en comparación con otros formatos, como las celdas prismáticas o de bolsa. Su diseño cilíndrico con un revestimiento metálico proporciona una protección adicional contra daños mecánicos, impactos y deformaciones, lo que ayuda a prevenir cortocircuitos y fugas de electrolitos.
- **Menos propensas a la deformación:** Las celdas cilíndricas tienen una estructura más robusta que las celdas de estructura plana o prismática, lo que las hace menos propensas a la deformación o hinchazón durante la carga y descarga. La deformación de la batería puede aumentar el riesgo de cortocircuitos y fallos de seguridad.
- **Mejor disipación de calor:** La forma cilíndrica permite una mejor disipación del calor generado durante la carga y descarga de la batería. Esto ayuda a mantener la temperatura de la batería dentro de límites seguros y reduce el riesgo de sobrecalentamiento y fallos térmicos, lo que garantiza un funcionamiento más seguro y confiable del sistema.
- **Diseño modular y versátil:** Las celdas cilíndricas se pueden ensamblar de forma modular en diferentes configuraciones para adaptarse a una amplia variedad de aplicaciones y necesidades. Su diseño compacto y uniforme facilita la integración en dispositivos y sistemas eléctricos, lo que proporciona una mayor flexibilidad y eficiencia en el diseño y fabricación de productos.
- **Compatibilidad con tecnologías existentes:** Las celdas cilíndricas son compatibles con tecnologías y sistemas existentes en una amplia gama de aplicaciones, lo que facilita su integración y uso en una variedad de dispositivos y sistemas eléctricos.

En conclusión, escogemos las baterías cilíndricas por su seguridad, en especial contra incendios, su eficiencia y su disponibilidad, ya que las celdas 18650 (las que usaba Tesla hasta hace poco) y 21700, son ampliamente utilizadas en una gran variedad de aplicaciones y tienen una larga historia de desarrollo y mejora en la industria. Esto significa que hay una abundancia de conocimientos y experiencia en su fabricación, prueba y aplicación.

Ya que necesitamos muchas celdas en el caso de que esta conversión se haga a gran escala, podríamos comprar celdas de Tesla, que son las que generan el mayor voltaje con menor peso y dimensiones, conservando un precio razonable.



*Figura 24 Celda de batería de litio Tesla 18650 [23]*

Estas celdas en realidad son 18650 de Panasonic, así que si hubiese problemas de disponibilidad de stock podríamos sacarlas de dispositivos electrónicos como portátiles, linternas y herramientas eléctricas.

Para decidir el número de baterías y simplificar el proceso de homologación en España, intentaremos no cambiar el peso del vehículo, por tanto, hay que hacer un cálculo del peso total de componentes extraídos del coche y añadidos:

	PESO (Kg)
<b>ELEMENTOS EXTRAÍDOS</b>	
Bloque Motor	150
Caja de cambios	108
Embrague	10
Radiador	10
Depósito de combustible	40
Combustible	41,36
Alternador	1
Sistema de escape	10
<b>Total</b>	<b>370,36</b>
<b>ELEMENTOS AÑADIDOS</b>	
Motor + inversor	64
Cargador de a bordo	11
Convertidor dc	2,27
Caja de engranajes	26
Cables (estimación)	5
Sistema de enfriamiento(estimación)	40
<b>Total</b>	<b>148,27</b>

Tabla 3 Peso total de componentes extraídos y añadidos

Para el cálculo del peso de la gasolina se ha usado la densidad de ésta para pasar de la capacidad en litros al peso:

$$55 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \cdot 752 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 41,36 \text{ kg} \quad (15)$$

Eso nos deja con un margen para baterías de:

$$370,36 \text{ kg} - 148,27 \text{ kg} = 222,09 \text{ kg} \quad (16)$$

A un peso por módulo de 24,95 kg[24] :

$$\text{número de módulos de celdas} = \frac{222,09 \text{ kg}}{24,95 \text{ kg}} = 8,90 \rightarrow 9 \text{ módulos} \quad (17)$$

Según informe de Tesla, sus baterías mantienen un 92% de su capacidad a los 220.000 km.

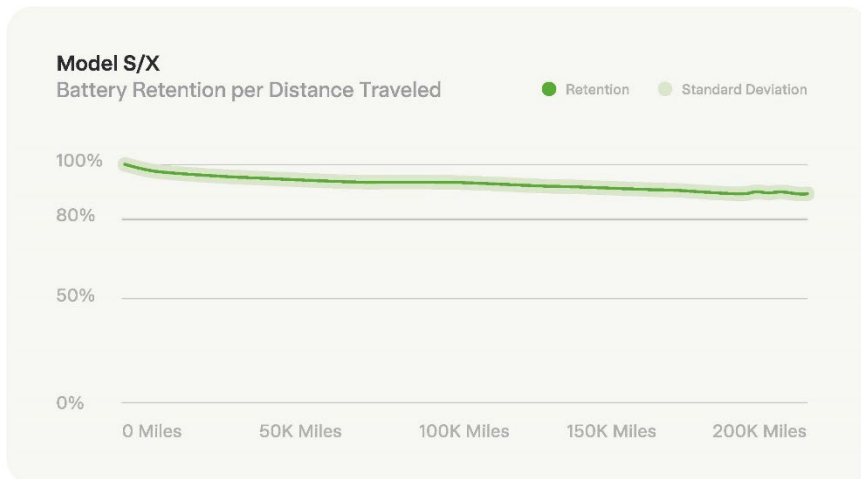


Figura 25 Esquema de la degradación de una batería Tesla (según el fabricante) [25]

Podríamos obtener un módulo por un precio entre 900-1.580 € dependiendo de si son de segunda mano o nuevas. El precio en el mercado de segunda mano de una batería con 50.000 Km rondaría los 900€. [26]

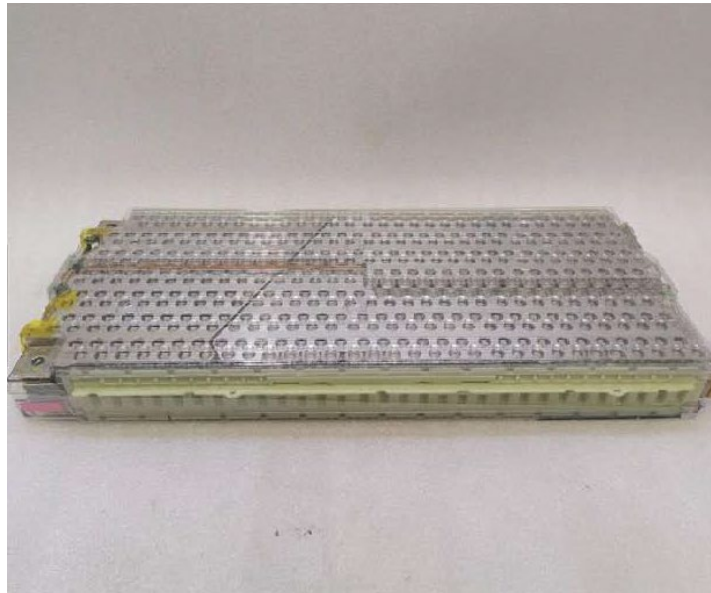


Figura 26 Módulo estándar batería Tesla [26]

Estos módulos dan un voltaje de 22,8 V, por tanto, si usamos nueve en serie estaríamos hablando de un voltaje de 205,2 V, por un precio total que oscilaría entre 8.100 y 14.220€ según fueran de segunda mano o nuevos.

#### 7.2.2.5 Cargador de a Bordo

Usaremos el 200V 6.6 kW obc, ya que funciona en un rango de 200-420V dc.



*Figura 27 Cargador de a bordo 200 V 6.6 kW obc [27]*

Las razones de esta elección son (anexo 6):

- Compatibilidad con niveles de carga. Ofrece poder cargar a nivel de carga 2, lo que garantiza una flexibilidad adecuada para adaptarse a diversas situaciones de recarga. Esta capacidad nos proporciona la posibilidad de una carga rápida en el hogar y fuera de él.
- Adecuada potencia de carga. Con una potencia máxima de 6.600W en AC, influye directamente en lo rápido que se cargará nuestro vehículo.
- Compatibilidad con la tensión de las baterías: Dado que nuestras baterías operan a 205,2 Vdc, es fundamental que el cargador a bordo sea compatible con esta tensión. Este modelo cumple con esta especificación, ya que es capaz de manejar una amplia gama de tensiones de entrada de 200 a 420 Vdc.
- Dimensiones compactas y peso ligero. Con un peso de 11 kg y unas dimensiones de 385 x 271 x 168 mm, este cargador de a bordo ofrece una excelente relación peso-dimensiones, lo que facilita su instalación en el vehículo sin comprometer el espacio interior ni aumentar significativamente el peso total del mismo.
- Eficiencia energética. Presenta una eficiencia del 95%, lo que garantiza un uso eficiente de la energía y una reducción en las pérdidas durante el proceso de carga, que se traduce en un menor consumo de energía y costos operativos más bajos.

En resumen, la elección de este cargador de a bordo queda justificada por su capacidad de carga versátil, compatibilidad con la tensión de las baterías, eficiencia energética y dimensiones compactas, convirtiéndolo en la opción ideal para satisfacer nuestras necesidades de recarga.

Un tema que no hemos comentado antes es el voltaje que usamos de 200V. No es muy habitual entre los fabricantes de coches eléctricos (como se ve en la tabla de abajo), todos usan un voltaje más elevado.

Hemos elegido esta opción, principalmente, por el peso y el espacio que disponemos para las baterías, que no nos permite poner muchas más para conseguir llegar a los voltajes habituales. Aun así, se trata de un voltaje muy usado entre los pioneros de conversiones a coche eléctrico, ya que permite un equilibrio entre la cantidad de espacio perdido y la cantidad de autonomía que se gana. Por eso esta tabla es para llamar la atención sobre el hecho de que necesitamos un cargador bastante específico, más que para comparar sus prestaciones. Cabe destacar que actualmente no hay muchas opciones de cargadores.

Cargador	Potencia Máxima (kW)	Voltaje (V)	Dimensiones (mm)	Peso (kg)	Eficiencia (%)	Precio 2a Mano (€)
Tesla	10,00	400	345 x155x110	6,8	91,0	400-600
Rivian	11,50	240	67x100x225	3,0	90,0	no info
Lucid Motors	19,20	240	180x90x50	3,7	90,0	no info
BMW	11,00	240	270x370x185	6,0	no info	300-400
Ford	11,00	400	258x450x131	6,0	no info	800-900

Tabla 4 Tabla de voltaje y características de cargadores de a bordo

También existe la posibilidad de utilizar un cable EVSE y cargar, de una manera mucho más lenta, con los convencionales tipo Schuko.



Figura 28 Cable EVSE [28]

### 7.2.2.6 Convertidor dc-dc

No es muy importante qué convertidos usemos, así que podemos basar nuestra elección en el precio, ya que hay muchas opciones distintas, pero todas ellas con forma y características similares.

Por tanto, escogeremos el 1000 W IP67 Sealed DC-DC Converter de Elcon, con un rendimiento en la línea de los demás componentes (93%), este convertidor tiene protecciones internas contra sobretensiones y calor, un peso de 2,27 kg y unas dimensiones de 75 x 160 x 280 mm.

Este producto tiene un voltaje de entrada de 100-200 Vdc y uno de salida de 12-14 Vdc perfecto para cargar la batería auxiliar.



Figura 29 Convertidor 1000 W IP67 Sealed DC-DC [29]

### 7.2.2.7 Elección de los Cables

Para calcular el cable que necesitamos crearemos una relación entre las variables de las que disponemos y la sección del cable.

Esto lo haremos a partir de la Ley de Ohm y la Ley de Pouillet:

$$V = I \cdot R \quad (18)$$

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (19)$$

Obtenemos la siguiente relación:

$$A = \frac{I \cdot \rho \cdot L}{V} = \frac{1}{\rho} \cdot \Omega \cdot m \cdot m \quad (20)$$

Para la resistividad aplicaremos una corrección de temperatura, ya que la temperatura de los cables eléctricos suele estar entre 125 y 150 °C y solo conocemos la resistividad del cobre a 20 °C. Para el cálculo usaremos el valor medio del rango:

$$p_2 = p_1 \cdot (1 + \alpha(t_2 - t_1)) \rightarrow p_2 = 1,68 \cdot 10^{-8}(1 + 0,00404(137,5 - 20)) \quad (21)$$

$$\rho = 2,47 \cdot 10^{-8} \quad (22)$$

Disponemos del resto de valores que son:

- La intensidad máxima de descarga de las baterías, que es de 750 A (**Anexo 7**)
- La longitud total del vehículo, que es 4,199 m dos veces una para el positivo y otra para el negativo (**Anexo 9**)
- Una caída admisible de 5,2V para conservar esos 200V que esperan los componentes del circuito:

$$A = \frac{750 \cdot 2,47 \cdot 10^{-8} \cdot (2 \cdot 4,199)}{5,2} = 29,92 \cdot 10^{-6} m^2 = 29,92 mm^2 \quad (23)$$

El cable debería medir, para rebasar el límite, 30  $mm^2$  o más, o si usamos el estándar americano 2 AWG.

Necesitaremos unos 8,398 m (dos veces la longitud del coche). El precio de mercado de un cable de estas características, de, por ejemplo, 15 m es 134€.[30]



Figura 30 Cable eléctrico 2 AWG[31]



*Figura 31 Conectores y cables de alto voltaje[32]*

#### *7.2.2.8 Refrigeración*

Para garantizar un buen rendimiento y durabilidad de nuestro sistema eléctrico de propulsión, hemos decidido implementar un sistema de refrigeración líquida, combinado con refrigeración por aire, ya que el convertidor DC tiene un diseño de aletas sobre el que el aire circula.

El sistema de refrigeración líquida ofrece una capacidad de enfriamiento superior en comparación con los sistemas de refrigeración por aire, lo que nos permite mantener una temperatura óptima en los componentes críticos del sistema, como el motor eléctrico, el inversor, el obc y la batería. Esto es especialmente importante durante condiciones de alto rendimiento o ambientes de temperatura extrema, donde el sobrecalentamiento puede afectar negativamente al rendimiento y la vida útil de los componentes.

Además, el sistema de refrigeración líquida nos brinda la flexibilidad de diseñar circuitos de refrigeración específicos para cada componente, permitiendo un control preciso de la temperatura en diferentes áreas del vehículo. Esto nos permite optimizar la eficiencia energética y minimizar el tamaño y peso del sistema de refrigeración en general.

Otra ventaja importante del sistema de refrigeración líquida es su capacidad para proporcionar una refrigeración uniforme y constante en todo el sistema, independientemente de las condiciones externas (tanto de frío como de calor). Esto ayuda a mantener un rendimiento consistente y confiable del vehículo en diversas situaciones de conducción y ambientales.

Aquí tenemos un gráfico del rango al que se habría de mantener la temperatura de las baterías:

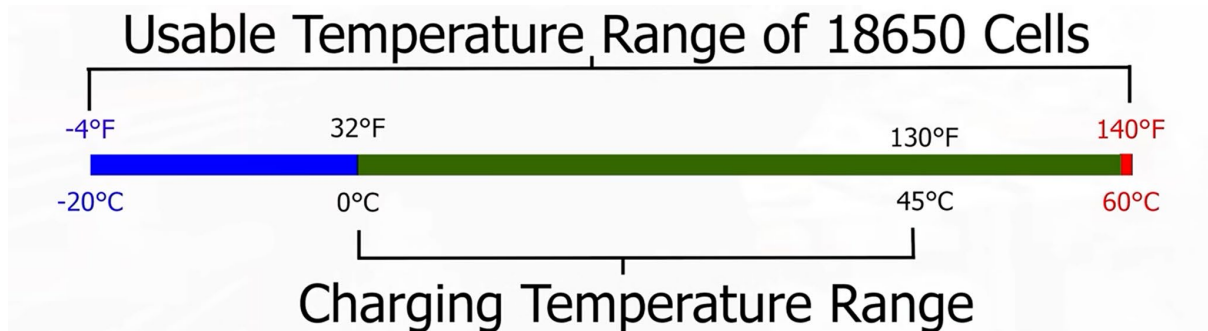


Figura 32 Gráfico del rango de temperatura de uso de las células 18650

Para determinar qué tipo de sistema de refrigeración líquida usaremos, se necesitará de un experto, ya que son imprescindibles vastos conocimientos de termodinámica.

### 7.2.3 Creación de Acople y Adaptador

Dado que el Volkswagen Golf tiene el motor en transversal usaremos el método de conversión para este tipo mencionado en el apartado 4.3, es decir quitar el embrague y el volante del embrague para acoplarnos al cambio de marchas.

En este caso, como nos vamos a conectar a la caja de cambios directamente con nuestro motor quitando el embrague y el volante del embrague necesitaremos un acople y un adaptador (más adelante se detallan sus funciones).

A causa de esto, estamos limitados a usar una configuración de tren motriz de tipo delantera ya que en el Volkswagen golf la caja de cambios se encuentra delante por tanto para conectarnos el motor irá delante. Esto no es un problema ya que tal como se menciona en el apartado 3.1 es la más económica.

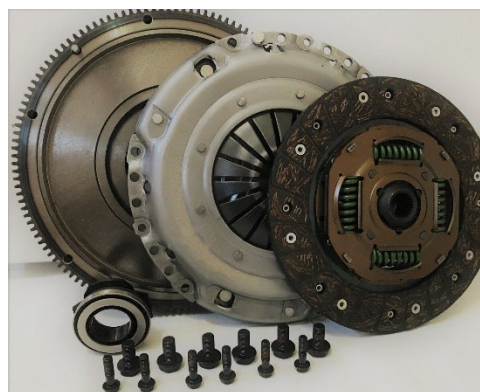


Figura 33 Embrague y volante del embrague [12]

### Diseño de la Pieza.

La mejor manera de diseñar estas piezas, ya que no disponemos de un cambio de marchas desmontado, sería durante el proceso de desmontaje, una vez la tengamos accesible.

Para ilustrar como sería el diseño de la pieza, obtendremos una aproximación de sus medidas de la siguiente manera:

1. A partir de las medidas de los tornillos extraídos del manual de taller, escalamos una imagen del cambio de marchas en AutoCAD a esa medida, dejando así todas las medidas de la foto lo más cercanas posible a la realidad.

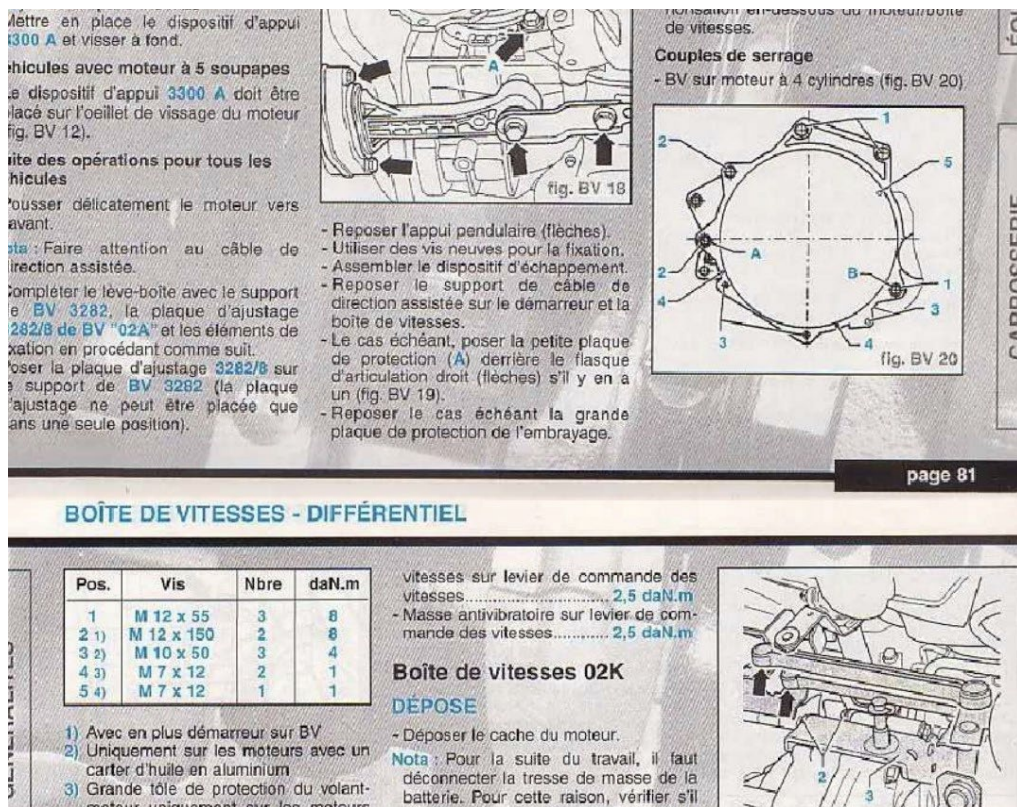


Figura 34 Manual de taller [13, pp. 81-82]

2. Una vez hecho esto, reseguimos la imagen con AutoCAD y la pasamos a Inventor para hacer una extrusión.



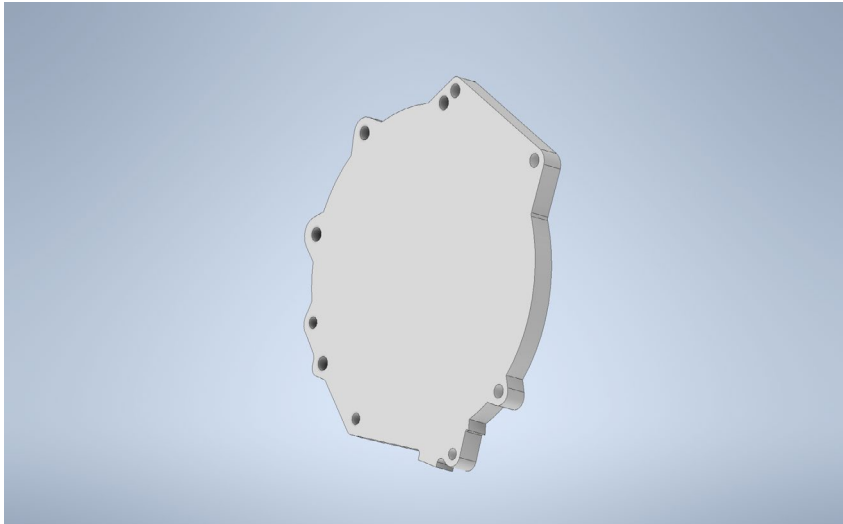
Figura 35 Imagen resgada con AutoCAD (línea en rojo) [14]

En la foto anterior, ya se podía ver que la parte donde conecta el palier con la caja de cambios esta adelantada. Para saber cuánto espacio tenemos para el grosor de la pieza a causa de eso usamos esta otra vista.



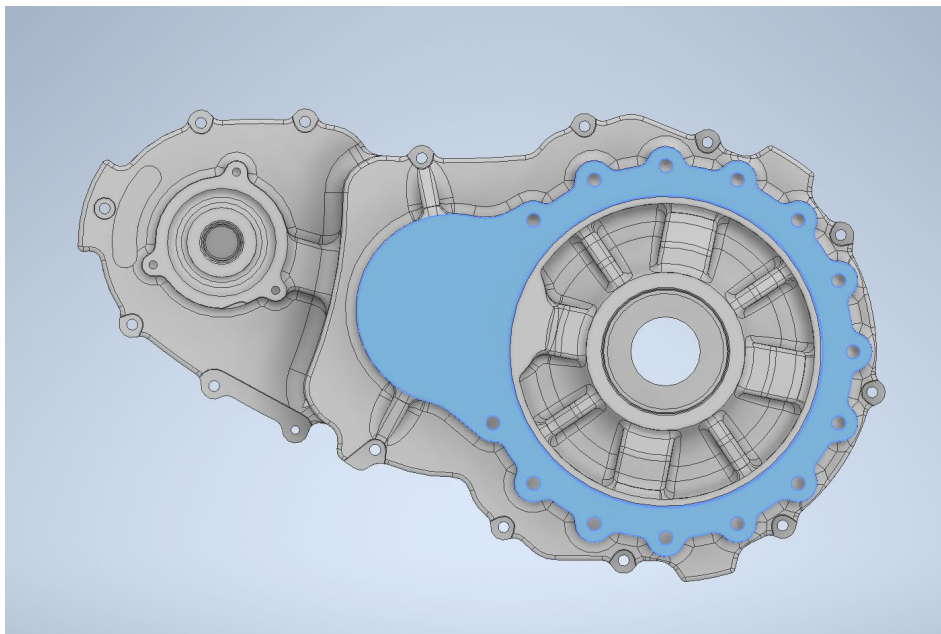
Figura 36 vista lateral caja de cambios [14]

3. Pieza extruida. Ahora podemos extraer de los planos de la caja de engranajes (figura 7) el tamaño de los orificios donde se alojarán los tornillos y el agujero de la parte central. Obteniendo, finalmente, la pieza que puede verse en los planos de la página 119.

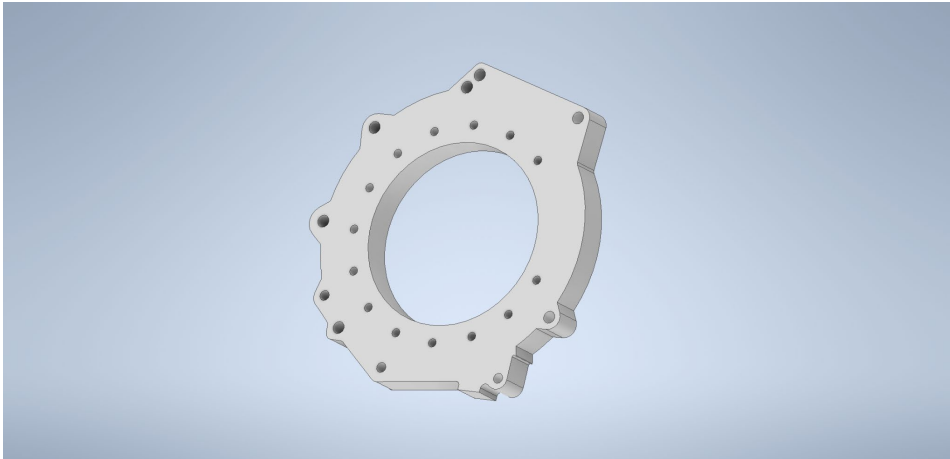


*Figura 37 Pieza adaptadora extruida*

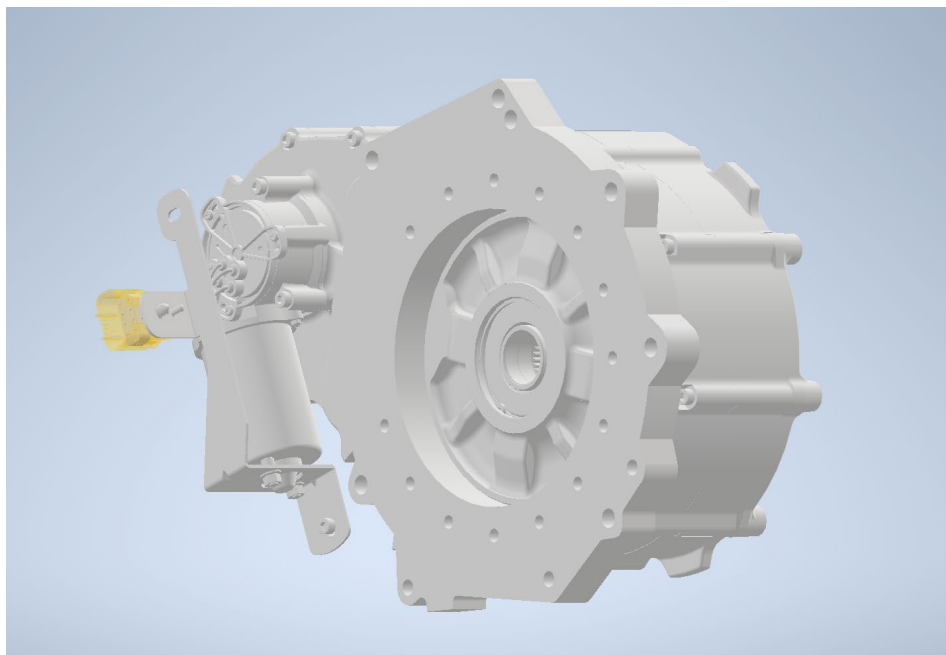
4. La unión se haría de la siguiente forma:
- Primero atornillando la pieza a la caja de engranajes del motor eléctrico. Quedando así las cabezas de los tornillos en la barriga invertida de la caja de cambios original de Golf.
  - Después se atornillarían en dirección opuesta los tornillos a la caja de cambios.



*Figura 38 Proyección de la geometría de la gearbox SR-309*



*Figura 39 Pieza adaptadora con geometría proyectada y vaciada*



*Figura 40 Pieza adaptadora unida a SR-309*

5. Finalmente quedaría decidir como unir el eje de la caja de cambios a la de caja de engranajes, para esto simplemente se podría emplear un acoplamiento Rotex. Éstos se venden en múltiples tamaños distintos y están específicamente diseñados para estas aplicaciones, por tanto, soportaran perfectamente la fuerza de torsión.



*Figura 41 Acoplamiento Rotex [15]*

Si el coche originalmente tenía dirección asistida se le puede colocar un motor de asistencia eléctrica en un algún lugar de la columna de dirección. Normalmente coches de cierta antigüedad no dispondrán de dirección asistida y no será necesario recuperarla.



*Figura 42 Motor de asistencia eléctrica*

## 7.2.4 Colocación y Distribución de los Componentes del Motor

Los componentes escogidos quedarían en el esquema eléctrico de la siguiente forma:

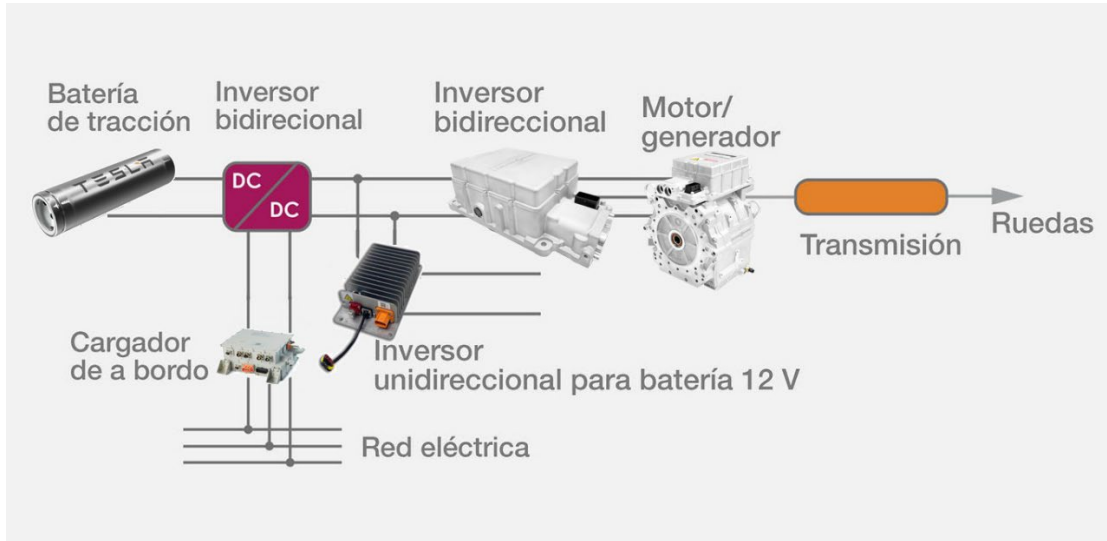


Figura 43 Esquema eléctrico de los componentes

Una vez tenemos claros todos los componentes a instalar en el vehículo, debemos encontrar una disposición acorde con el espacio disponible:

Para comprobar si disponemos de suficiente espacio, se han creado dos «cajas» en Inventor con las dimensiones de la bahía del motor y del maletero, donde iremos colocando cada pieza teniendo en cuenta las medidas de ambos.

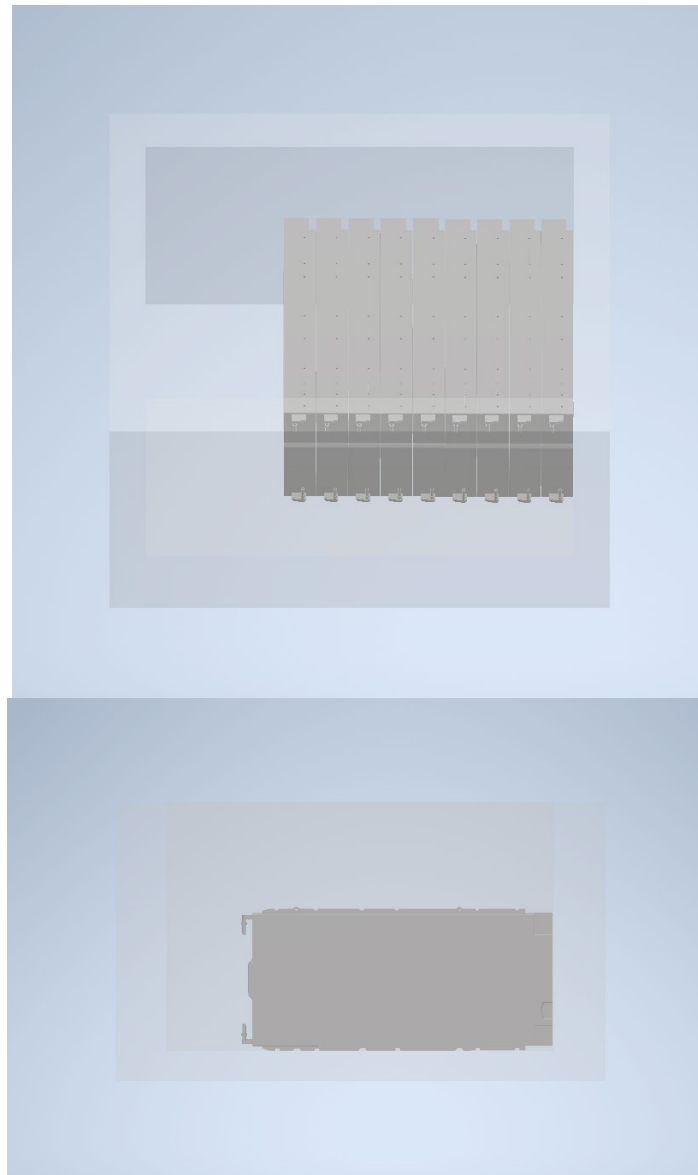
No tenemos mucha libertad con la posición del motor eléctrico y la caja de engranajes, ya que deben estar alineados con el cambio de marchas, lo mismo para el acople diseñado. El motor y la caja de engranajes habría que fijarlos al chasis de la forma comentada en el apartado del apartado 3.3 consultando a un experto para que diseñe soportes y estructuras de montaje.



*Figura 44 Vistas del encaje del motor eléctrico en la bahía del motor*

Los nueve módulos de baterías solo pueden ir en el maletero, principalmente por qué es muy difícil obtener medidas de los demás puntos del coche sin comprobarlos físicamente. Otra solución sería ponerlas debajo del vehículo y eso probablemente

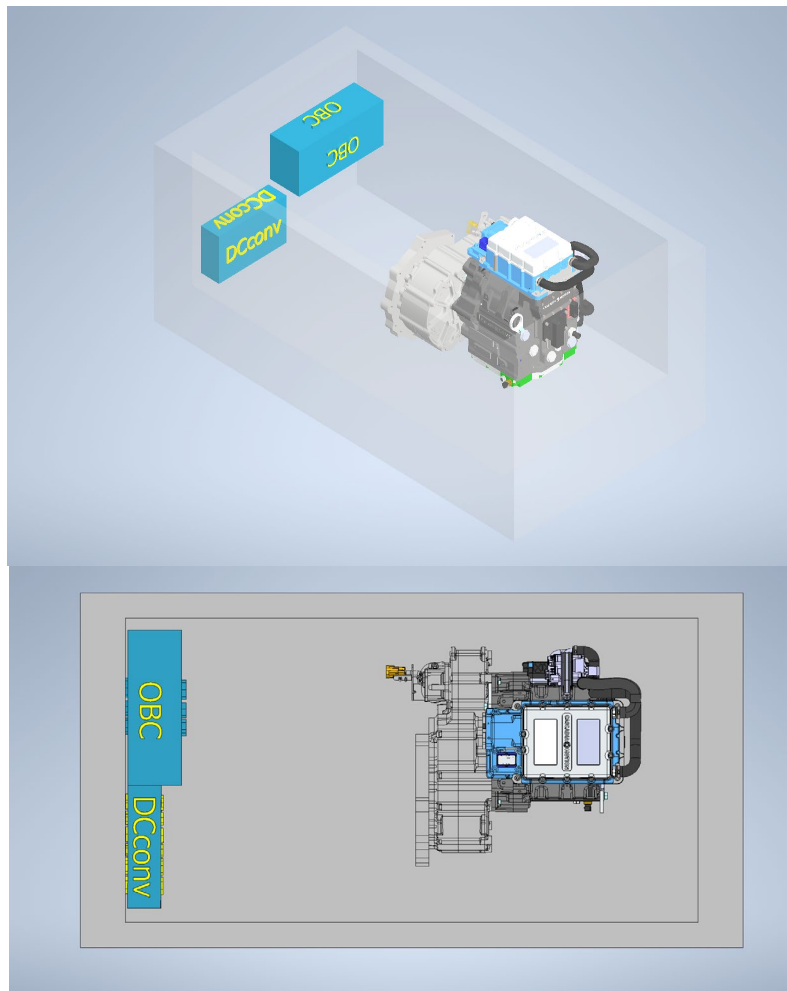
involucraría tener que elevar la suspensión. Ponerlas en el maletero nos hace perder espacio de carga, aproximadamente el 41,83% con los asientos traseros subidos y un 16,5% con los asientos bajados.



*Figura 45 Vistas del encaje de las baterías en el maletero*

Por último, nos queda decidir dónde poner el cargador de a bordo y el convertidor dc, el convertidor dc es sencillo, lo más cerca posible de la batería auxiliar de 12V, esto está al lado del motor y nos reduce la cantidad de cable a usar, ya que podemos conectarnos en paralelo al cable que va desde las baterías al motor.

Para el cargador de a bordo lo ideal sería colocarlo cerca de las baterías ahorrado cable, pero dado que el espacio en el maletero está muy reducido, debemos ubicarlo en la bahía del motor junto al convertidor DC.



*Figura 46 Vistas del encaje del convertidor y del cargador en la bahía del motor*

Después de determinar la ubicación de los distintos elementos, cambiaremos los palieres y la caja de cambios por la del Volkswagen Golf 5p Sport R-Line 1.5 TSI EVO 110 kW (150 CV) DSG 7 vel. (2019-2020), ya que, basándonos en la ficha técnica (anexo 8) pueden aguantar perfectamente el par de nuestro nuevo motor eléctrico.



Figura 47 Palier de Volkswagen Golf 5p Sport R-Line 1.5 TSI EVO 110 kW (150 CV) DSG 7 vel. (2019-2020)[33]

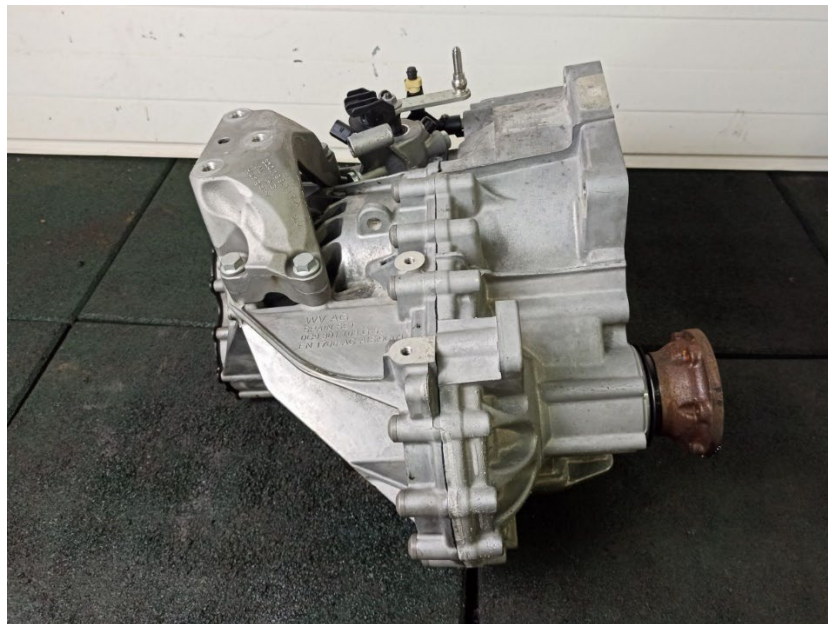


Figura 48 Caja de cambios de Volkswagen Golf 5p Sport R-Line 1.5 TSI EVO 110 kW (150 CV) DSG 7 vel. (2019-2020)[34]

Una vez tenemos la disposición solo queda conectar el cargador de a bordo a todos los módulos de baterías conectadas en serie.

El cargador de a bordo se puede conectar de dos maneras:

- Directamente al positivo y al negativo (Conexión 1)
- Al punto medio de la cadena de baterías para cargar todos los módulos de baterías de manera uniforme. (Conexión 2)

De esos dos polos positivo y negativo de las baterías irá una conexión al inversor. También deberíamos rellenar de refrigerante el circuito de refrigeración.

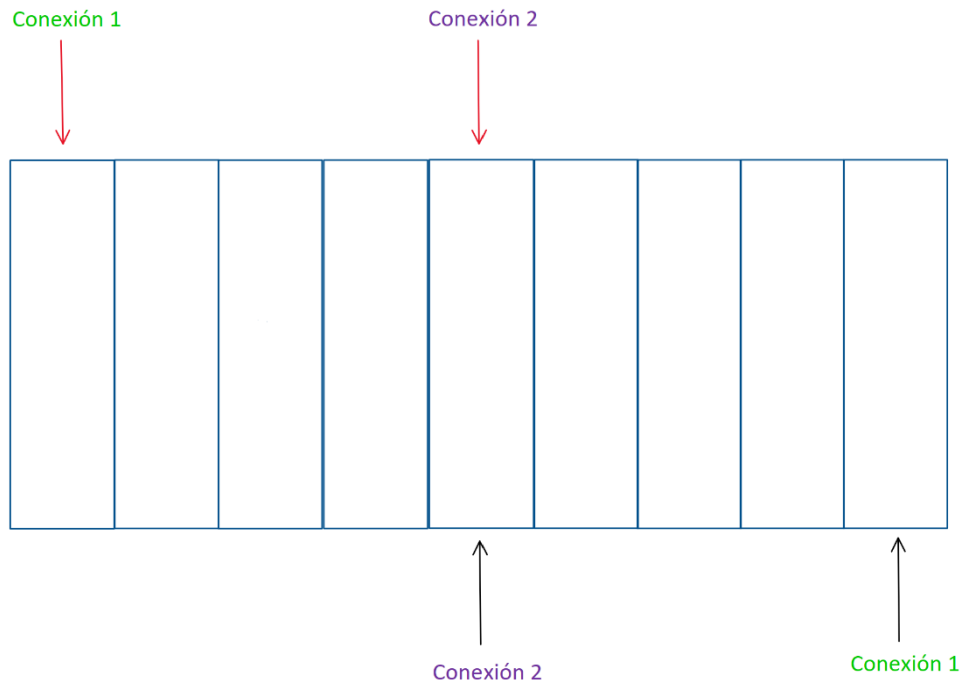


Figura 49 Conexiones desde las baterías al OBC

Para el caso de las baterías nos quedaría un paso más, que sería reemplazar las PCB de cada módulo de Tesla (las cuales contienen varias celdas). Éstas se encargarán de convertir las PCB originales de Tesla en unas de código abierto para que hablen en un idioma que podamos entender con el protocolo CAN. Si no funcionasen los sensores de calor (que según el fabricante deberían) podríamos añadir nuevos y distribuir tres lo más uniformemente posible por el módulo de celdas.



Figura 50 Reemplazo PCB para baterías Tesla[24]

En el tema de protecciones instalaremos en el circuito de alto voltaje dos contactores para desconectar, de manera segura, el positivo y el negativo que van hacia el motor. Además, instalaremos también un resistor de precarga entre los dos terminales del contactor para que no se produzca un arco voltaico de 200V en el interior del contactor. Este resistor se encarga de dejar fluir un poco de este voltaje hacia el terminal de destino elevando así su voltaje y evitando que se produzca el arco. Por último, también colocaremos un fusible capaz de aguantar los 750A de la corriente de descarga de la batería durante 10 segundos.



Figura 51 Gigavac GV200-PA EV Contactor - 4000 Amps Max - 12 Volt External Economizer PWM [35]



Figura 52 Resistor de precarga[36]



*Figura 53 Fusible de 800A*

Los precios de mercado de un contactor, un resistor y un fusible rondan los 105€, 12,03€ y 62,50€ respectivamente según los ejemplos [35] y [36].

Faltaría conectar todos los elementos de la red CAN y colocarlos en el vehículo, a su vez el BMS debería ir conectado a las baterías. En el esquema inferior se han puesto algunos ejemplos de cómo podría ser.

- -VCU: VCU 300
- -BMS: Dilithium BMS Controller
- -Pedal acelerador: Toyota Prius
- -Display: AEM CD5

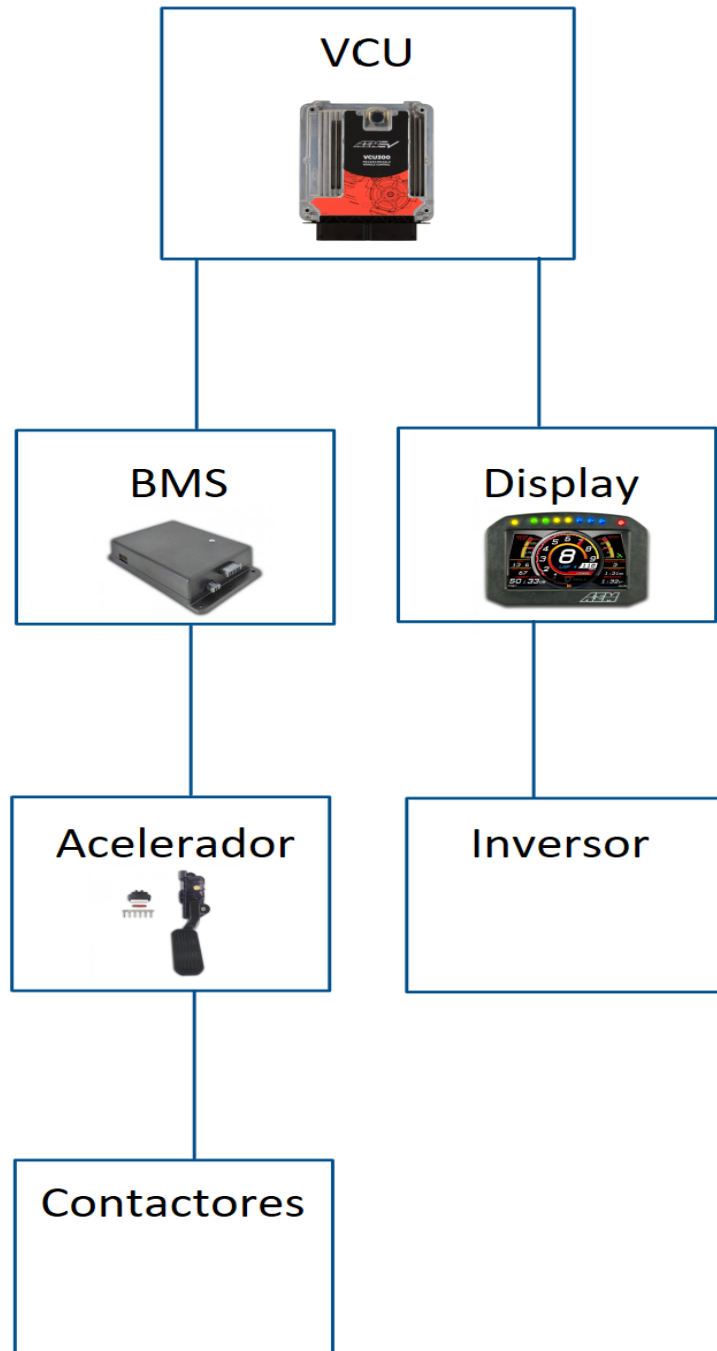


Figura 54 Esquema de los elementos de la red CAN

### 7.2.5 Homologaciones

Finalmente, solo nos faltaría hacer las pruebas y comprobaciones, que se han ido mencionando en apartados anteriores y conseguir las homologaciones.

En octubre de 2019, tuvo lugar la quinta revisión de la ley del Manual de Reformas de Vehículos (actualmente vamos por la sexta edición) y el panorama ha cambiado.

Con base a la normativa, hemos de diferenciar entre:

- Homologación: es para vehículos antes de la matriculación.
- Reforma: es para vehículos ya matriculados.

Por tanto, cuando hablamos de conversiones de vehículos de combustión a eléctrico nos referimos a reformas.

La conversión tradicional de un coche de combustión a eléctrico puede exigir superar:

- La Normativa de Compatibilidad Electromagnética del *powertrain* (tren motriz).
- Un estudio destructivo. Reglamento núm. 100 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa. (CEPE ONU) Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos en relación con los requisitos específicos del grupo motopropulsor eléctrico.

Debe respetar la Normativa de Compatibilidad Electromagnética recogida en la Directiva 214/30/UE (EMC, por sus siglas en inglés). Para garantizar que el sistema eléctrico y electrónico del vehículo cumpla con los estándares de seguridad y no cause interferencias electromagnéticas perjudiciales, se harían las siguientes comprobaciones:

- **Cumplimiento EMC.** Se asegurarán de que todos los componentes eléctricos y electrónicos en el vehículo cumplan con los requisitos EMC. Esto incluye los sistemas de carga, baterías, inversores, controladores, etc.
- **Pruebas EMC.** Se realizarán pruebas de compatibilidad electromagnética en el sistema eléctrico. Estas pruebas evalúan la emisión de radiación electromagnética y la inmunidad a interferencias.
- **Cableado y Diseño de PCB.** Se comprobarán el cableado y las placas de circuito impreso (PCB) incidiendo en la integridad electromagnética, con el objeto de minimizar las corrientes de bucle y las longitudes de antena.
- **Aislamiento y Separación.** Se probarán el aislamiento de los componentes de alta potencia (como inversores), de los sistemas sensibles (como electrónica de control), y la separación adecuada entre cables de potencia y señales.
- **Marcado CE.** Le otorgarán marcado CE que indica que el producto cumple con las regulaciones EMC y otras normativas aplicables.
- **Actualizaciones Legales.** Quedaría bajo nuestra obligación o del futuro propietario del vehículo mantenerse informado sobre las actualizaciones en las regulaciones EMC, ya que las normativas pueden cambiar con el tiempo.

En lo que se refiere al Reglamento n.º 100 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE/ONU) que establece disposiciones uniformes relacionadas con la homologación de vehículos eléctricos con batería en relación con los requisitos de fabricación, seguridad de funcionamiento y emisiones de hidrógeno, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- **Ámbito de Aplicación.** Este reglamento nos afecta, ya que se aplica a los vehículos eléctricos con batería de las categorías M (vehículos de pasajeros) y N (vehículos comerciales), con una velocidad máxima de fábrica superior a 25 km/h.
- **Homologación:** El reglamento establece procedimientos para la homologación de estos vehículos.
- **Especificaciones y Ensayos:** El reglamento define especificaciones técnicas y ensayos que deben cumplirse. Esto incluye aspectos como la resistencia de aislamiento de la batería de tracción y la determinación de las emisiones de hidrógeno durante la carga de la batería. Se cubren varios aspectos: La protección contra descargas, mantener la integridad del sistema eléctrico y la gestión térmica.
- **Conformidad de la Producción.** Se asegurarán de que la producción del vehículo cumpla con las especificaciones homologadas. La conformidad de la producción es esencial para mantener la seguridad y calidad del vehículo.
- **Sanciones y Cese de Producción.** El reglamento también establece sanciones en caso de falta de conformidad de la producción. Además, aborda el cese definitivo de la producción.
- **Documentación y Marcado CE.** El marcado CE indica que el vehículo cumple con las regulaciones.

### 7.3 Esquemático en PSIM

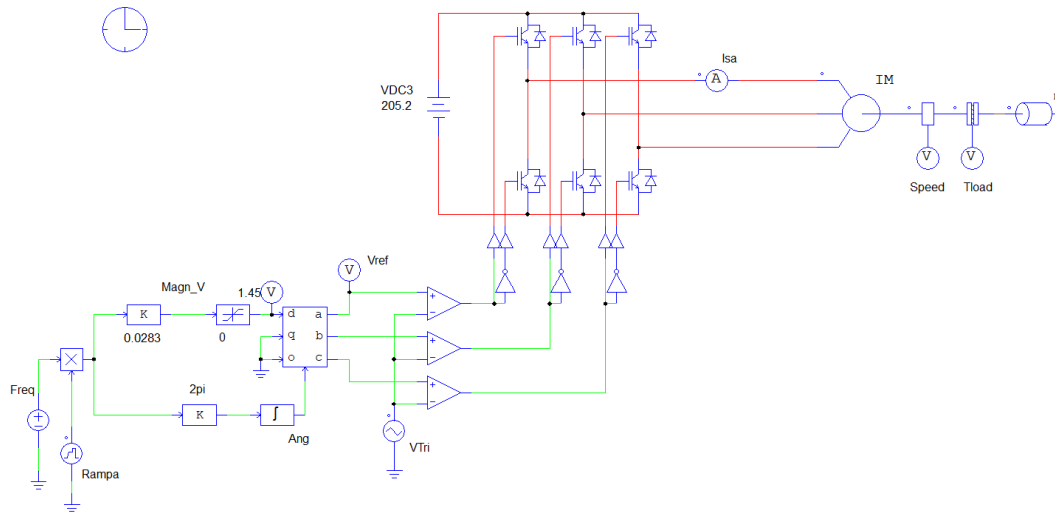


Figura 55 Esquemático en PSIM del coche eléctrico

El circuito implementa un control escalar, una elección sugerida por las características identificadas en el motor.

#### 7.3.1 Descripción del Circuito:

- Fuente de Alimentación (VDC3):
  - El circuito tiene una fuente de alimentación de corriente continua (VDC3) con un valor de 205.2V. Esta fuente alimenta el sistema de conversión de potencia que controla el motor eléctrico.
- Conversor Trifásico:
  - Se observa un inversor trifásico compuesto por transistores y diodos. Este inversor convierte la corriente continua de la batería en corriente alterna trifásica para alimentar el motor de inducción (IM).
- Generación de Señales de Control:
  - En la parte inferior izquierda del circuito, hay una sección dedicada a la generación de señales de control.
  - Generación de Frecuencia (Freq y Rampa):
    - Estos elementos están relacionados con la generación de una rampa de frecuencia para controlar la velocidad del motor.
  - Magnitud de Voltaje (Magn\_V):

- Un valor constante de 0.0283 que se utiliza para determinar la magnitud de la señal de control. En control escalar, la relación  $V/f$  (voltaje sobre frecuencia) es crucial para mantener un flujo magnético constante en el motor.
- Bloque Integrador y Bloque de Ganancia ( $2\pi$  y K):
  - Estos elementos generan un ángulo ( $\text{Ang}$ ) para la señal de control trifásica. Este ángulo es utilizado para crear las señales de voltaje trifásico en el inversor.
- Bloque de Conversión (abc):
  - Este bloque convierte la señal de control a coordenadas abc (trifásicas).
- Comparación y Modulación ( $V_{\text{ref}}$ ,  $V_{\text{Tri}}$ ):
  - $V_{\text{ref}}$ : Es la referencia de voltaje que se compara con una señal triangular ( $V_{\text{Tri}}$ ) para generar las señales de disparo para los transistores del inversor trifásico. Esto es típicamente parte de una técnica de modulación por ancho de pulso (PWM) que controla la salida del inversor.
  - En el control escalar, la modulación PWM ajusta la amplitud de las señales trifásicas en función de la frecuencia para mantener la relación  $V/f$ .
- Medición y Control del Motor (IM):
  - $I_{\text{sa}}$ : Medidor de corriente en una de las fases del motor.
  - IM: Motor de inducción, el cual es el elemento principal que convierte la energía eléctrica en movimiento.
  - Speed y Tload: Medidores de velocidad y carga del motor respectivamente, que proporcionan retroalimentación sobre el rendimiento del sistema.
- Flujo de Energía y Control:
  - La energía de la batería ( $V_{\text{DC3}}$ ) se convierte a corriente alterna trifásica a través del inversor.
  - El inversor es controlado por una técnica de modulación PWM, que ajusta la amplitud de las señales trifásicas en función de la frecuencia de referencia, manteniendo una relación  $V/f$  constante.
  - El motor de inducción recibe la corriente trifásica y convierte esta energía en movimiento.
  - Los medidores de corriente, velocidad y carga proporcionan datos sobre el estado del sistema, que pueden ser utilizados para ajustar y optimizar el rendimiento del vehículo eléctrico.

Este circuito en PSIM representa un sistema de tracción para un coche eléctrico. La fuente de corriente continua (batería) se convierte a corriente alterna trifásica mediante un inversor controlado por señales PWM. El motor de inducción (Cascadia Motion) transforma la energía eléctrica en movimiento, y los diversos sensores proporcionan información para el control y la optimización del sistema.

Hay que añadir que la carga, representada como Tload en el circuito, comprende todos los elementos que puedan reducir el rendimiento del motor, como resistencia del viento, peso del vehículo, y otros factores.

## 8. Gestión de la Recarga y Autonomía del Vehículo

Necesitamos algún método para hacer el cálculo de la autonomía, ya que no disponemos de datos del coche usuales, como podría ser el consumo por carretera.

Para ello emplearemos una simulación de MATLAB. Este archivo se encarga de hacer una simulación de como actuaría nuestro coche en una ruta en concreto.

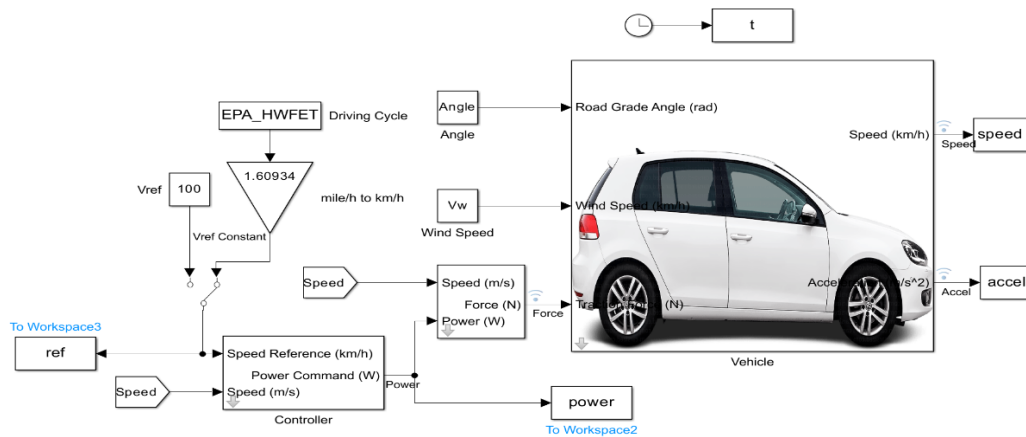


Figura 56 Archivo Simulink para simulación de drive-cycle

Para hacer esto se siguen los fundamentos del libro *Modern electric, Hybrid electric, and Fuel Cell Vehicles*. Estos autores indican que hay una serie de fuerzas que se restan a la fuerza de tracción del vehículo, esto dividido entre la masa del vehículo nos da la velocidad del vehículo en el tiempo [37, p. 17]:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\Sigma F_t - \Sigma F_r}{\delta M} \quad (24)$$

La primera de estas fuerzas es la provocada por la *Rolling Resistance*, esta se reduce a un coeficiente que depende del terreno y a los neumáticos. Nosotros seleccionaremos el coeficiente del asfalto y lo introduciremos en la simulación:

### Rolling Resistance Coefficients

Conditions	Rolling Resistance Coefficient
Car tires on a concrete or asphalt road	0.013
Car tires on a rolled gravel road	0.02
Tar macadam road	0.025
Unpaved road	0.05
Field	0.1–0.35
Truck tire on a concrete or asphalt road	0.006–0.01
Wheel on iron rail	0.001–0.002

Figura 57 Coeficientes de resistencia a la rodadura (Rolling Resistance)[37, p. 20]

La segunda de ellas es la provocada por el *Aerodynamic Drag*, que depende de la velocidad del viento y el coeficiente de arrastre, este coeficiente lo podemos obtener de una tabla dependiendo del tipo de vehículo en el libro ya mencionado o buscarlo fácilmente en Internet. En el caso del Golf es 0,31.

Y la tercera y última es la *Climbing Resistance*, que depende básicamente del nivel de inclinación.

Para determinar la fuerza de tracción que hay en cada momento se simula la ruta o *drive cycle*, se pasa la velocidad de millas por hora a km por hora y se hace una conversión para llegar a la fuerza y la potencia.

Finalmente, como ya tenemos todas las fuerzas y sabemos que el vehículo pesa 1226 kg, podemos obtener la velocidad con la siguiente ecuación:

$$M \frac{dV}{dt} = (F_{tf} + F_{tr}) - (F_{rf} + F_{rr} + F_w + F_g) \quad (25)$$

Queda por determinar qué pendiente y velocidad del viento habrá durante el *drive cycle*. Para ello usaremos la media en España de ambas magnitudes. Tendremos pues, un 3% de pendiente y un 30% de velocidad del viento. Podemos ver, a continuación, en este ejemplo a velocidad constante que al subir una pendiente o a mayor velocidad del viento tarda más en llegar a la velocidad del *drive-cycle*:

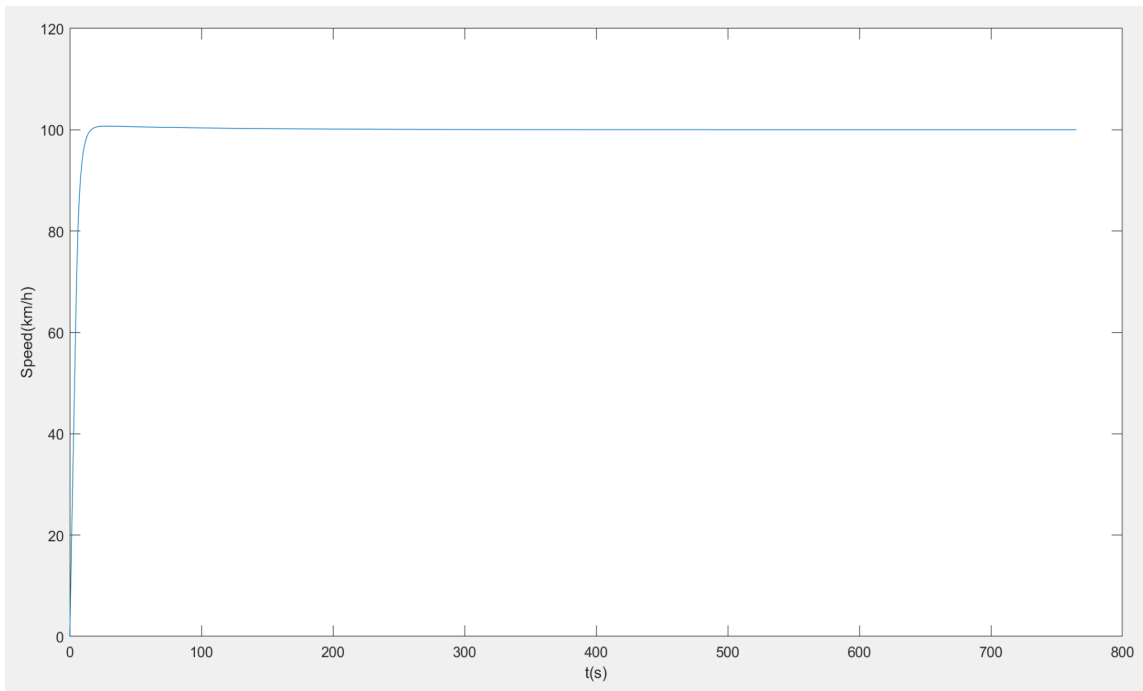


Figura 58 Velocidad del drive cycle ideal

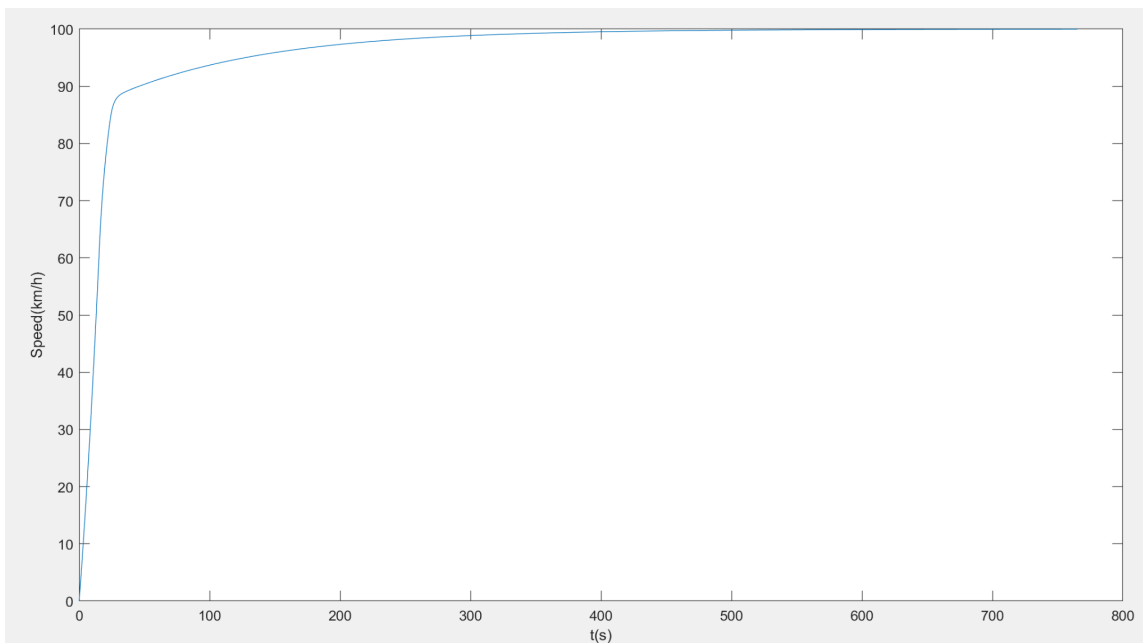


Figura 59 Velocidad del drive cycle a un 3% de pendiente y un 30% de velocidad de viento

Para saber la potencia total que se consume en cada momento, añadiendo un bloque de integración podemos hacer la integral bajo la curva (figura 60) de la gráfica de la potencia (figura 59):

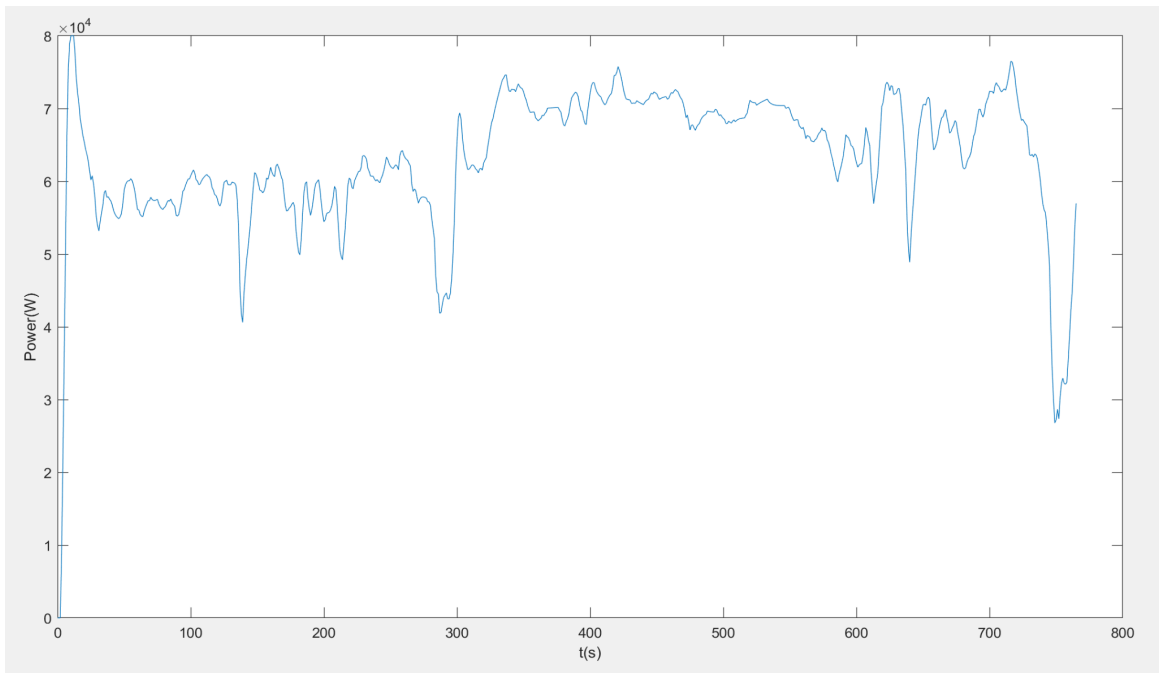


Figura 60 Potencia consumida a lo largo del ciclo

Y esa integral nos da esta gráfica que representa el consumo subiendo hasta llegar al total de Watios consumidos:

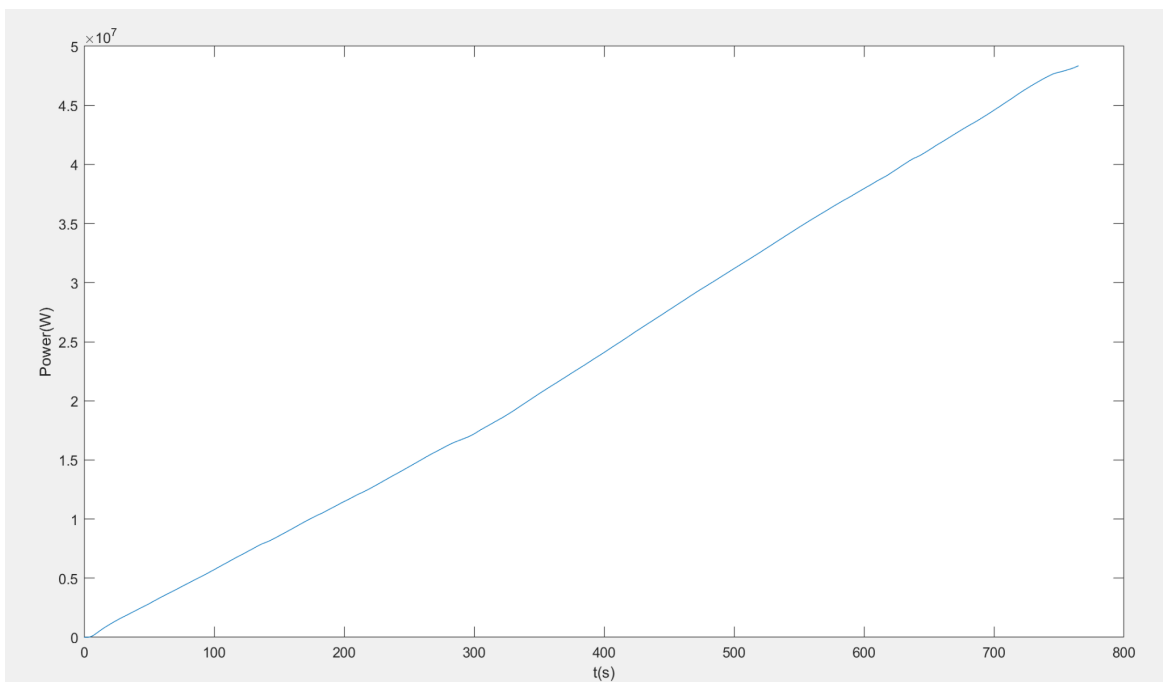


Figura 61 Integral de la gráfica de potencia

Ahora podemos pasar a kW, para posteriormente pasarlo a kWh, ya que sabemos que la simulación tarda 766 segundos:

$$48354000 \text{ W} \cdot \frac{1\text{kW}}{1000 \text{ W}} \cdot 766 \text{ s} \cdot \frac{1\text{h}}{3600 \text{ s}} = 10288,66 \text{ kWh} \quad (26)$$

Y para saber de cuantos km es nuestro *drive-cycle* integramos el área bajo la curva (figura 62) de la velocidad en km/h (figura 61)

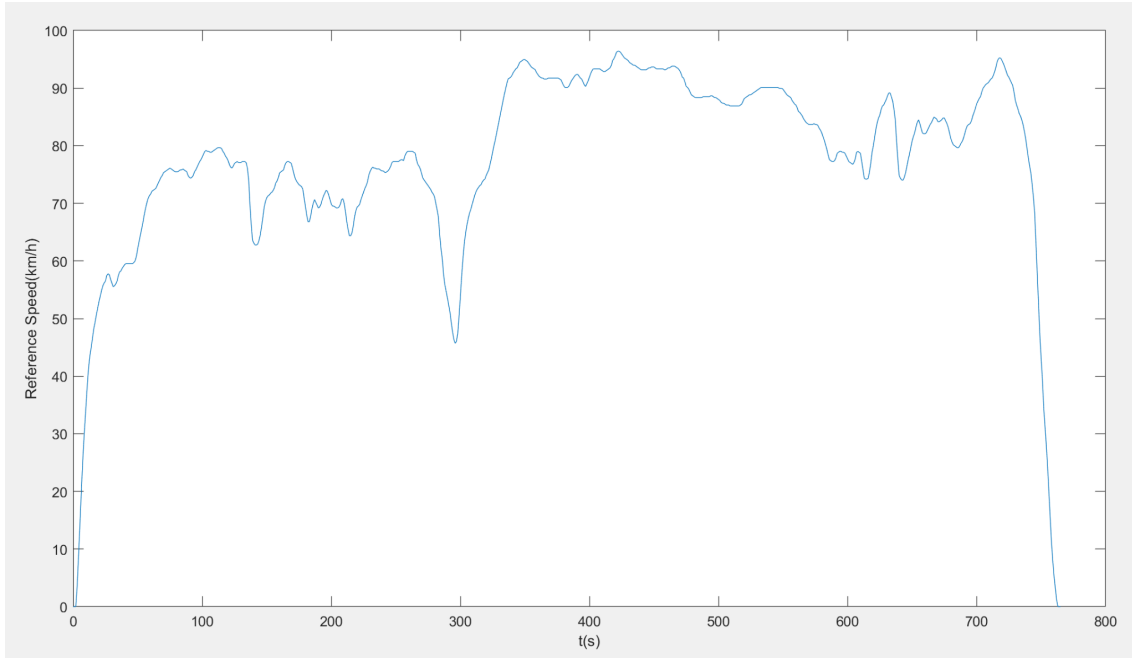


Figura 62 Velocidad a lo largo del ciclo

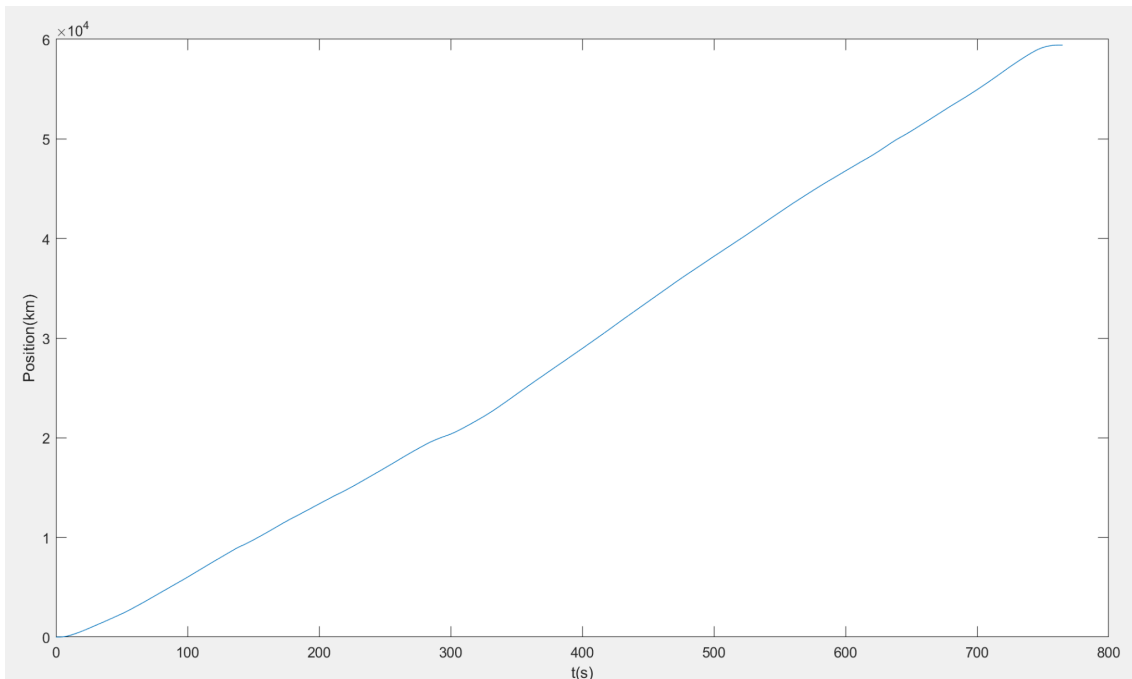


Figura 63 Integral de la gráfica de velocidad o gráfica de la posición

Ahora sabemos que en total recorreremos 59.423 km, es decir:

$$\text{Consumo del coche} = 10288,66 \text{ kWh}/59423 \text{ km} \quad (27)$$

Para saber la capacidad de nuestras baterías, ya que sabemos que un solo módulo tiene una capacidad de 5,3 kWh, solo necesitamos multiplicarlo por 9 que son los módulos totales. Dándonos finalmente la autonomía, dividiendo esta capacidad entre el consumo:

$$\text{Autonomía} = \frac{47,7 \text{ kWh}}{10288,66 \text{ kWh}/59423 \text{ km}} = 0,0046362 \quad (28)$$

El resultado de esta división da el número de "intervalos de 59423 km" que la batería puede alimentar al vehículo. Para convertir estos intervalos a kilómetros, simplemente multiplicamos el resultado por 59423, ya que cada intervalo representa 59423 km:

$$\text{Autonomía en km} = 0,0046362 \cdot 59423 = 275,5 \text{ km} \quad (29)$$

Este resultado tiene sentido, ya que el coche del que sacamos los módulos de baterías tiene en total 85 kWh y una autonomía de 400 km, nosotros hemos puesto aproximadamente la mitad de los módulos y obtenemos una autonomía de aproximadamente de 200 km, es decir la mitad también.

## 8.1 Recarga

Para saber cuánto tardará en cargarse, el cálculo es bastante más sencillo. Para ello usaremos la potencia del cargador de a bordo, la capacidad de las baterías y la eficiencia. Para esta última usaremos el 90%, ya que la mayoría de las componentes rondan ese número:

$$\text{Tiempo de recarga} = \frac{47,7 \text{ kWh}}{6600 \text{ W} \cdot 0,9} \simeq 8,0303 \text{ horas} \quad (30)$$

Vemos que aproximadamente tardaría 8 horas, 1 minuto y 49 segundos, un número satisfactorio, ya que el tiempo que suelen tardar en cargarse la mayoría de los coches eléctricos son 8 horas (según el artículo de Repsol publicado en su página web oficial.[38]).

## 9 Impacto Medioambiental

Vamos a basarnos en los datos de la tabla 5 para hacer esta comparación, ya que se trata de dos coches idénticos fabricados por Volvo. Los resultados se muestran en toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> por unidad funcional (200.000 km de distancia total, valores redondeados) y por fase del ciclo de vida.

- **Producción y refinado de materiales:** El vehículo eléctrico tiene una mayor huella en la producción y refinado de materiales (18) en comparación con el vehículo de combustión interna (14).
- **Módulos de batería Li-ion:** Los vehículos eléctricos tienen una adición significativa en su huella debido a los módulos de batería Li-ion (7), mientras que no es aplicable para el vehículo de combustión interna.
- **Fabricación de vehículos:** La fabricación del vehículo de combustión interna tiene una mayor huella (1.7) que los vehículos eléctricos (1.4).
- **Emisiones durante la fase de uso:** El vehículo de combustión interna tiene emisiones significativamente más altas durante la fase de uso (43) en comparación con los vehículos eléctricos, que varían desde 0.4 hasta 24 toneladas de CO<sub>2</sub>.
- **Fin-de-vida:** Las emisiones al final-de-vida son similares para todos los vehículos, oscilando entre 0.5 y 0.6 toneladas de CO<sub>2</sub>.
- **Total:** En total, el vehículo de combustión interna tiene una mayor huella total (59) en comparación con cualquier vehículo eléctrico, siendo el modelo alimentado por electricidad eólica el más bajo con una huella total de 27 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Vehicle type	Materials production and refining	Li-ion battery modules	Volvo Cars manufacturing	Use phase emissions	End-of-life	Total
XC40 ICE (E5 petrol)	14	-	1.7	43	0.6	<b>59</b>
C40 Recharge (global electricity mix)	18	7	1.4	24	0.5	<b>50</b>
C40 Recharge (EU-28 electricity mix)	18	7	1.4	16	0.5	<b>42</b>
C40 Recharge (wind electricity)	18	7	1.4	0.4	0.5	<b>27</b>

*Table 4. Carbon footprint for XC40 ICE and C40 Recharge, with different electricity mixes used for the C40 Recharge. Results are shown in tonnes CO<sub>2</sub>-equivalents per functional unit (200,000km total distance, rounded values) and per phase in the life cycle.*

*Tabla 5 Huella de CO<sub>2</sub> total (en toneladas) suponiendo una vida útil de 200.000 kilómetros en función del mix energético. [39]*

Estos datos nos dejan con, como mínimo en el caso más desfavorable, una reducción del 15,3% de la huella de carbono, eso sin tener en cuenta que, si la electricidad que se usa para recargar el vehículo proviene o no de energías renovables, en un caso como por ejemplo obteniendo la energía de aerogeneradores nos deja con una reducción del 54,2%.

Además, podemos no tener en cuenta la totalidad de la contaminación asociada a los materiales y la fabricación, ya que nuestro vehículo ya está construido y muchos de los elementos que usamos son de 2a mano. Esto nos lleva a la conclusión de que convertir un coche de combustión en eléctrico tiene una huella de carbono considerablemente menor, incluso que comprar uno.

## 10 Impacto Económico

### 10.1 Comparativa con Vehículos de Combustión y Eléctricos de Fábrica.

Comparar el impacto económico entre los coches de combustión y los eléctricos es relevante para poner en perspectiva los costes de nuestra conversión con el panorama actual. Algunos factores clave son:

- Costo de Adquisición:
  - Los coches eléctricos suelen tener un precio inicial más alto que los de combustión debido a las baterías y tecnología.
  - Sin embargo, estudios indican que, a lo largo de su vida útil, los coches eléctricos pueden costar hasta un 40% menos que los de combustión.
- Mantenimiento:
  - Los coches eléctricos tienen una mecánica más sencilla y menos piezas sometidas a desgaste.
  - Los motores eléctricos no requieren mantenimiento periódico como los motores de combustión.
  - Las baterías necesitan cuidados específicos, pero con hábitos adecuados, su vida útil es predecible y los fabricantes ofrecen garantías.
- Costo de Energía:
  - Los coches eléctricos son más eficientes en términos de energía.
  - A pesar de las fluctuaciones en el precio de la electricidad, ahorran en comparación con los combustibles fósiles.
- Depreciación:
  - Los coches eléctricos pueden mantener mejor su valor debido a la demanda creciente y la conciencia ambiental.
- Costo por Kilómetro:
  - Estudios sugieren que el costo por kilómetro recorrido es menor en los coches eléctricos.
  - Esto se debe a la eficiencia energética y los precios más bajos de la electricidad.

A partir de aquí vamos a poner números como ejemplo para ver cuál es la diferencia. Los datos están extraídos de la bibliografía y de la media en España (datos como el consumo del vehículo).

- Costo de Adquisición:
  - Supongamos que el coche de combustión tiene un precio de 28.150 €.
  - El coche eléctrico tiene un precio inicial más alto, alrededor de 30.150 €.
- Mantenimiento:
  - Los coches eléctricos requieren menos mantenimiento, lo que puede ahorrar dinero a largo plazo.
  - Supongamos que el mantenimiento anual para el coche de combustión es de 1.515 €, mientras que para el coche eléctrico es de 960 €.
- Costo de Energía:
  - Supongamos que el coche de combustión consume 8 litros de gasolina cada 100 km y la gasolina tiene un precio de 1,5 € por litro.
  - Supongamos que el coche eléctrico consume 15 kWh por cada 100 km y la tarifa eléctrica es de 0,15 € por kWh.
- Depreciación:
  - La depreciación depende de muchos factores, como la marca, el modelo y la demanda del mercado.
  - Supongamos que ambos coches tienen una depreciación anual del 10%.

Ahora, calculemos el costo total durante 5 años para ambos coches:

- Coche de Combustión:
  - Precio inicial: 28.150 €
  - Mantenimiento anual: 1.515 € (el desglose está en el anexo 1)
  - Combustible (gasolina): Calcularemos el consumo promedio y el precio de la gasolina.
  - Depreciación anual:  $28.150 \text{ €} * 10\% = 2.815 \text{ €}$
- Coche Eléctrico:
  - Precio inicial: 30.150 €
  - Mantenimiento anual: 960 € (el desglose está en el anexo 1)
  - Electricidad: Calcularemos el consumo promedio y el costo de carga.
  - Depreciación anual:  $30.150 \text{ €} * 10\% = 3.015 \text{ €}$

Paso 1: Calculando el Consumo y Costo de Energía para el Coche Eléctrico:

- Supongamos que el coche eléctrico recorre 15.000 km al año.
- Consumo de gasolina: 8 litros / 100 km \* 15.000 km = 1200 litros
- Costo de gasolina: 1.200 litros \* 1,5 €/litro = 1.800 €
- Consumo eléctrico: 15 kWh / 100 km \* 15.000 km = 2.250 kWh
- Costo de carga: 2.250 kWh \* 0,15 €/kWh = 337,50 €

Paso 2: Calculando el Costo Total Anual para ambos coches:

- Coche de Combustión:
  - Mantenimiento: 1.515 €
  - Combustible: 1.800 €
  - Depreciación: 2.815 €
  - Costo total anual:  $1.515 + 1.800 + 2.815 = 6.130$  €
- Coche Eléctrico:
  - Mantenimiento: 960 €
  - Electricidad: 337,5€
  - Depreciación: 3.015 €
  - Costo total anual:  $960 + 337,50 + 3.015 = 4.312,5$  €

Paso 3: Calculando el Costo Total en 5 Años:

- Coche de Combustión:  $5 * 6.130$  € = 30.650 €
- Coche Eléctrico:  $5 * 4.312,5$  € = 21.562,5 €

Paso 4: Comparando los Costos Totales:

- Coche de Combustión:  $30.650 + 28.150 = 58.800$  €
- Coche Eléctrico:  $21.562,5 + 30.150 = 51.712,5$  €
- La diferencia en precio total en 5 años entre ambos coches es de aproximadamente, 7.087,5 € a favor del coche eléctrico.

En resumen, aunque la inversión inicial en un coche eléctrico puede ser mayor, a largo plazo, su mantenimiento y costos operativos suelen ser más bajos. Además, contribuyen a la reducción de emisiones y al cuidado del medio ambiente.

Para ilustrarlo he realizado un gráfico para comparar los costes entre un coche eléctrico y uno de combustión.

## Amortización del coche eléctrico

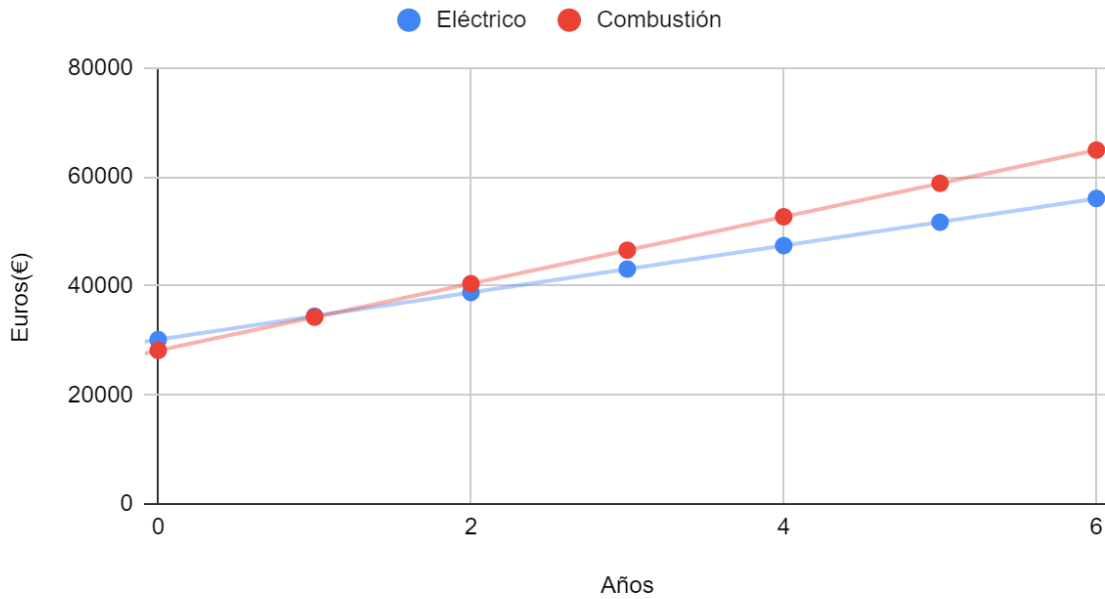


Figura 64 Comparación de costes coche eléctrico y de combustión

### 10.2 Evaluación de Costes

En este punto podemos observar los costes que conllevaría esta conversión, se puede observar en la tabla 6 que hay un rango de precio, esto se debe a si conseguimos el componente de 2a mano o si tenemos en cuenta ofertas de venta al por mayor. Observamos que la parte superior del rango es muy elevada, esto se debe a dos razones, la primera es el elevado precio de las baterías y la segunda es que muchos de los elementos que compramos no se fabrican con previsión de una gran demanda, por tanto, tienen un precio elevado.

Componentes	Precio (€)
Motor + inductor	5.000-6.000
Cargador de a bordo	1.179-1.621
Convertidor dc-dc	491,00
Caja de engranajes	5000,00
Baterías	8.100-14.220
Cables	134,00
Sistema de enfriamiento(estimación)	70,00
VCU	3499,95
BMS	450,00
Pedal acelerador	139,00
Display	989,00
Contactador	105,00
Resistor de precarga	12,03
Fusible	62,50
<b>Total</b>	<b>23.197,49-30.759,49</b>

*Tabla 6 Tabla de costes*

A estos costes totales deberíamos restar el hipotético dinero recuperado gracias a la venta de los elementos sustraídos del coche. Para esta suposición consideraremos que venderemos la totalidad de las partes por 2.250 € por tanto, el rango de costes nos queda en 20.947,49-28.509,49.8

## 11 Conclusión

La conversión de vehículos de combustión a eléctricos se presenta como una solución prometedora desde el punto de vista medioambiental y económico. Aunque inicialmente puede parecer una opción más costosa, la disminución de precios de las baterías y la proliferación de modelos eléctricos es la clave para que esta alternativa sea cada vez más asequible.

La adopción de un enfoque ecológico no solo beneficia al medio ambiente, sino que también ofrece oportunidades de negocio y desarrollo económico asociadas al proceso de reciclaje y reutilización de componentes. Además, la conversión de vehículos existentes a eléctricos permite reducir el consumo al minimizar la compra de productos nuevos y aprovechar los recursos ya disponibles.

A pesar de las limitaciones y los desafíos administrativos actuales en España, como los altos costos de homologación y la falta de kits universales homologados, se vislumbra un futuro prometedor con la reciente modificación de la ley de reformas de vehículos. Esta modificación facilita la conversión mediante la instalación de kits universales homologados, lo que podría reducir significativamente los costos y los trámites burocráticos.

Ahora centrándonos en nuestro proyecto, podríamos pensar que estamos lejos de la situación planteada al principio de la conclusión, donde la disminución de precios de las baterías y la proliferación de modelos eléctricos son suficientes para hacer rentable esta conversión.

Si a los precios del apartado de evaluación de costes les sumamos las horas de mano de obra y demás elementos que se necesiten para realizar el proceso como las homologaciones, terminamos con un precio máximo de alrededor de 30.000 € siendo optimistas. Esto nos deja fuera de los precios competitivos, especialmente del mercado muy escaso de los eléctricos de segunda mano. Eso, combinado con el hecho de que con nuestro método perdemos mucha capacidad de maletero del coche nos hace ver claramente que el mercado no está preparado para este método sin precios de segunda mano, descuento de venta al por mayor.

En cambio, fijándonos en el precio mínimo del apartado de evaluación de costes, con solo dos de los componentes del circuito con precio de segunda mano y uno con descuento por número de unidades, baja el precio a 22.000 €, además, al ser un método a priori universal, es independiente del tipo de vehículo que queramos. Este precio ya es significativamente más competitivo con el mercado de segunda mano de coches eléctricos, conservando como única desventaja la reducción del volumen del maletero.

No se han incluido más elementos con precio de segunda mano, ya que ha sido imposible encontrarlos. Por tanto, la previsión es más que esperanzadora, ya que el coche más vendido del mundo actualmente es eléctrico, la tendencia está clara si esperamos un tiempo, es posible que lleguen más piezas al mercado de segunda mano y las ya existentes bajen de precio, haciendo que este método sea el más competitivo sin ninguna duda.

Aunque aún queda camino por recorrer para la disponibilidad generalizada de kits universales homologados, la conversión de vehículos de combustión a eléctricos representa una opción viable y sostenible para el futuro. Estamos ante una solución que combina beneficios económicos y medioambientales, allanando el camino hacia una era de aprovechamiento de recursos y desarrollo sostenible.

## REFERENCIAS

- [1] «Anatomía de un coche eléctrico: su sencilla mecánica, al desnudo». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.motorpasion.com/coches-electricos/anatomia-coche-electrico-su-sencilla-mecanica-al-desnudo/amp>
- [2] «A brief note on the vehicle control unit • EVreporter». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://evreporter.com/a-brief-note-on-the-vehicle-control-unit/>
- [3] «Fuel2Electric > Vehicle Control Unit (VCU) > VCU 300 PROGRAMMABLE ELECTRIC VEHICLE CONTROL UNIT». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.fuel2electric.com/vcu-300-programmable-electric-vehicle-control-unit>
- [4] «BMS1101S - Battery Management System Monitor Unit | Stafl Systems — Stafl Systems LLC | Lithium-Ion Battery Systems Solutions». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.staflsystems.com/battery-management-systems/p/bms1000m>
- [5] «The basic schematic of the battery management system (BMS) and the... | Download Scientific Diagram». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/figure/The-basic-schematic-of-the-battery-management-system-BMS-and-the-DC-DC-converter-for\\_fig1\\_323953254](https://www.researchgate.net/figure/The-basic-schematic-of-the-battery-management-system-BMS-and-the-DC-DC-converter-for_fig1_323953254)
- [6] «Remanufactured 2 Speed VW/Porsche Transmission for EV Motors, EV West - Electric Vehicle Parts, Components, EVSE Charging Stations, Electric Car Conversion Kits». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.evwest.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=464](https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?products_id=464)
- [7] «reparacion-cajas-transfer-cajas-de-transferencia-4x4.png (1058x628)». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.kiroa.com/wp-content/uploads/2016/03/reparacion-cajas-transfer-cajas-de-transferencia-4x4.png>
- [8] «TorqueBoxWithYoke1.jpg (2679x1719)». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.thunderstruck-ev.com/images/detailed/1/TorqueBoxWithYoke1.jpg>
- [9] «Fotos: Las ocho generaciones del Golf: un repaso a la historia | Imágenes». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.20minutos.es/imagenes/motor/4226424-galeria-fotos-generaciones-historia-golf-gti/>
- [10] «Nuevo Volkswagen Golf GTE: un híbrido enchufable con 60 km de autonomía y tan potente como el Golf GTI». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.motorpasion.com/volkswagen/volkswagen-golf-gte-2020>
- [11] «Longa Duração: o desmonte do Volkswagen Golf 1.4 TSI | Quatro Rodas». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://quatrorodas.abril.com.br/testes/desmonte-do-vw-golf>
- [12] «KIT EMBRAGUE Y VOLANTE VW GOLF SOLID MASS GOLF MK V, MK VI 1.9 & 1.6 TDI 08 a 18 | eBay». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ebay.es/itm/175647377056>
- [13] «L'EXPERT AUTOMOBILE. Revue du Technicien de la Reparation Automobile. Volkswagen Golf IV», 1999.

- [14] «Caja de cambio Volkswagen Caddy 1.6 TDI LZY de segunda mano por 1 EUR en A Coruña en WALLAPOP». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.wallapop.com/item/volkswagen-caddy-5-velocidades-1-6-tdi-955469328>
- [15] «ACOPLAMENT KTR ROTEX». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.transfluid.es/cat/p/product/product/productes/54/131.htm>
- [16] «Why an electric motor? - Monceau». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://monceau-automobiles.com/news/why-an-electric-motor/>
- [17] «Velocidad Lineal Aprende Todo Facil - Areaciencias». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.areaciencias.com/fisica/velocidad-lineal/>
- [18] A. González Jiménez, J. Antonio, y S. Pera, «INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO ATALA SECCIÓN INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DISEÑO Y CÁLCULO DE LA TRANSMISIÓN DE UN VOLKSWAGEN GOLF TDI DOCUMENTO 2: MEMORIA», 2017.
- [19] «iM-225». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cascadiamotion.com/productlist/25-integrated-modules/45-im-225>
- [20] «Baterías de celdas cilíndricas - QKSOL - Energy Solutions». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://qksol.com/articulo-tecnico-la-diferencia-del-litio-parte-1-introduccion/baterias-de-celdas-cilindricas/#lightbox\[postimages\]/0](https://qksol.com/articulo-tecnico-la-diferencia-del-litio-parte-1-introduccion/baterias-de-celdas-cilindricas/#lightbox[postimages]/0)
- [21] «3.2v Celda prismática de iones de litio CATL 302AH LIFEP04 Batería». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.basengreen.com/es/product/catl-302ah-battery-lifepo4-rechargeable/>
- [22] «GTF-batería recargable lifepo4 de 3,2 v, pila de polímero de iones de litio de 10000mah para bicicleta eléctrica de 24v, 12v, 36v, 10Ah, puede ocultar ener». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://es.aliexpress.com/item/1005003969486257.html?src=google&src=google&albch=shopping&acnt=439-079-4345&slnk=&plac=&mtctp=&albbt=Google\\_7\\_shopping&gclsrc=aw.ds&albagn=888888&isSmbAutoCall=false&needSmbHouyi=false&src=google&albch=shopping&acnt=439-079-4345&slnk=&plac=&mtctp=&albbt=Google\\_7\\_shopping&gclsrc=aw.ds&albagn=888888&ds\\_e\\_adid=&ds\\_e\\_matchtype=&ds\\_e\\_device=c&ds\\_e\\_network=x&ds\\_e\\_product\\_group\\_id=&ds\\_e\\_product\\_id=es1005003969486257&ds\\_e\\_product\\_merchant\\_id=109026610&ds\\_e\\_product\\_country=ES&ds\\_e\\_product\\_language=es&ds\\_e\\_product\\_channel=online&ds\\_e\\_product\\_store\\_id=&ds\\_url\\_v=2&albcpr=21228967117&albag=&isSmbAutoCall=false&needSmbHouyi=false&gclid=CjwKCAjwgdDayBhBQEiwAXhMxtjM0\\_1eTQWdrjVzN6\\_POica7dZFD8o19ZSTc3q\\_WGu7icw2MWsM3BoCzVwQAvD\\_BwE&aff\\_fcid=9ac2dbdc45554bb4a12c7d6c5f263dde-1716921061646-01481-UneMJZVf&aff\\_fsk=UneMJZVf&aff\\_platform=aaf&sk=UneMJZVf&aff\\_trace\\_key=9ac2dbdc45554bb4a12c7d6c5f263dde-1716921061646-01481-UneMJZVf&terminal\\_id=dda8f3403f5f46f8bab2bb45b1abd03e&afSmartRedirect=y](https://es.aliexpress.com/item/1005003969486257.html?src=google&src=google&albch=shopping&acnt=439-079-4345&slnk=&plac=&mtctp=&albbt=Google_7_shopping&gclsrc=aw.ds&albagn=888888&isSmbAutoCall=false&needSmbHouyi=false&src=google&albch=shopping&acnt=439-079-4345&slnk=&plac=&mtctp=&albbt=Google_7_shopping&gclsrc=aw.ds&albagn=888888&ds_e_adid=&ds_e_matchtype=&ds_e_device=c&ds_e_network=x&ds_e_product_group_id=&ds_e_product_id=es1005003969486257&ds_e_product_merchant_id=109026610&ds_e_product_country=ES&ds_e_product_language=es&ds_e_product_channel=online&ds_e_product_store_id=&ds_url_v=2&albcpr=21228967117&albag=&isSmbAutoCall=false&needSmbHouyi=false&gclid=CjwKCAjwgdDayBhBQEiwAXhMxtjM0_1eTQWdrjVzN6_POica7dZFD8o19ZSTc3q_WGu7icw2MWsM3BoCzVwQAvD_BwE&aff_fcid=9ac2dbdc45554bb4a12c7d6c5f263dde-1716921061646-01481-UneMJZVf&aff_fsk=UneMJZVf&aff_platform=aaf&sk=UneMJZVf&aff_trace_key=9ac2dbdc45554bb4a12c7d6c5f263dde-1716921061646-01481-UneMJZVf&terminal_id=dda8f3403f5f46f8bab2bb45b1abd03e&afSmartRedirect=y)

- [23] «Celda de batería de litio Tesla 1865 Modelo 3D \$15 - .3ds .blend .c4d .fbx .max .ma .lzo .obj - Free3D». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://free3d.com/es/modelo-3d/lithium-tesla-battery-cell-1865-5178.html>
- [24] «Tesla Model S Lithium Ion Battery 18650 EV Module - 22.8 Volt, 5.3 kWh, EV West - Electric Vehicle Parts, Components, EVSE Charging Stations, Electric Car Conversion Kits». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.evwest.com/catalog/product\\_info.php?cPath=4&products\\_id=463](https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=4&products_id=463)
- [25] «Impact Report 20 22 A Sustainable Future is Within Reach A Sustainable Future is Within Reach».
- [26] «50000KM TESLA MODEL X S 75 BATTERY MODULE 1071954-00-B 5.3kWh 3200 mAh CELL LION | eBay». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.ebay.es/itm/186150380831?chn=ps&norover=1&mkevt=1&mkrId=1185-166800-721408-7&mkcid=2&itemId=186150380831&targetid=295222477609&device=c&mktype=pla&googleloc=20278&poi=&campaignid=20425650141&mkgroupid=151702269986&rlsTarget=pla-295222477609&abclId=&merchantid=775824899&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiAuNGuBhAkEiwAGId4amI\\_mQGbpOE47NRTFHHzV2h9Z0-\\_kpwTjhp040mTM3TTqpVJ3KgBIRoCxwcQAvD\\_BwE](https://www.ebay.es/itm/186150380831?chn=ps&norover=1&mkevt=1&mkrId=1185-166800-721408-7&mkcid=2&itemId=186150380831&targetid=295222477609&device=c&mktype=pla&googleloc=20278&poi=&campaignid=20425650141&mkgroupid=151702269986&rlsTarget=pla-295222477609&abclId=&merchantid=775824899&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAuNGuBhAkEiwAGId4amI_mQGbpOE47NRTFHHzV2h9Z0-_kpwTjhp040mTM3TTqpVJ3KgBIRoCxwcQAvD_BwE)
- [27] «200V 32A 3 in 1 pdu and 6.6KW obc and 1.5KW dc dc converter ev on board charger». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.solostocks.com/venta-productos/electronica-automoviles/cargadores-coche/200v-32a-3-in-1-pdu-and-6-6kw-obc-and-1-5kw-dc-dc-converter-ev-on-board-charger-43792291>
- [28] «EVSE Cable (Stationary Charger)». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cascadiamotion.com/productlist/22-charging-converters/54-evse-cable>
- [29] «DC/DC Converter 1000W Isolated 100-200 Volts, EV West - Electric Vehicle Parts, Components, EVSE Charging Stations, Electric Car Conversion Kits». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.evwest.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=545](https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?products_id=545)
- [30] «Amazon.com: 50 ' ft CCA 2/0 Gauge AWG Orange Power Ground Wire W/Spool Sky High GA ft : Electronics». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.amazon.com/Gauge-Orange-Ground-Sky-High/dp/B07PB4XGMF>
- [31] «Orange Welding Cable 2/0 AWG». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.zw-cable.com/products/Orange\\_Welding\\_Cable\\_2-0\\_AWG.html](https://www.zw-cable.com/products/Orange_Welding_Cable_2-0_AWG.html)
- [32] «High voltage cable assemblies for vehicle electrification». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://contingineering.com/services/components/high-voltage-cable-assemblies/>
- [33] «Palier Delantero Izquierdo para Volkswagen Golf - ID27779 | Desguaces El Pinar». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.desguaceselpinar.com/recambios/volkswagen/golf/palier-delantero->

- izquierdo/27779?&utm\_campaign=&utm\_term=&utm\_source=adwords&utm\_medium=ppc&ctf\_src=x&ctf\_net=adwords&ctf\_mt=&ctf\_grp=&ctf\_ver=1&ctf\_campaign=21156857276&ctf\_kw=&ctf\_acc=6381408177&ctf\_ad=&ctf\_tgt=&gad\_source=1&gclid=CjwKCAjwgdayBhBQEiwAXhMxtusnocUFXPnjb3ChUwbJ0lh1UuBziGzy7X9Ny1Hrqa\_\_N4NayQY5MRoCFboQAvD\_BwE
- [34] «Caja cambios manual VW GOLF VIII (CD1) 1.5 TSI 16700776 | B-Parts». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.b-parts.com/es/recambios-auto/mecanica/caja-cambios-manual-vw-golf-viii-cd1-15-tsi-use-usf-0c9300042q-0c9300045r-0c9300042qx-0c9300045r-2019-16700776?shipping\\_location=4&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwgdayBhBQEiwAXhMxtsR5S-sK1sXSbxgS-5LRyJ\\_4rclzrR3hEVggvmauddabzQfyIBVQJhoCi5YQAvD\\_BwE](https://www.b-parts.com/es/recambios-auto/mecanica/caja-cambios-manual-vw-golf-viii-cd1-15-tsi-use-usf-0c9300042q-0c9300045r-0c9300042qx-0c9300045r-2019-16700776?shipping_location=4&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwgdayBhBQEiwAXhMxtsR5S-sK1sXSbxgS-5LRyJ_4rclzrR3hEVggvmauddabzQfyIBVQJhoCi5YQAvD_BwE)
- [35] «Gigavac GV200-PA EV Contactor - 4000 Amps Max - 12 Volt External Economizer PWM, EV West - Electric Vehicle Parts, Components, EVSE Charging Stations, Electric Car Conversion Kits». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.evwest.com/catalog/product\\_info.php?cPath=2\\_13&products\\_id=407](https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=2_13&products_id=407)
- [36] «Resistencia de Precarga, Resistencia de 2 Ohmios, Componentes Pasivos, Rx24 Professional 200W 2R Resistencia de Alta Potencia Carcasa de Aluminio Suministros Eléctricos : Amazon.es: Industria, empresas y ciencia». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.amazon.es/Resistencia-Componentes-Professional-Suministros-El%C3%A9ctricos/dp/B0C44J6XKN>
- [37] «Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles Third Edition».
- [38] «¿Cuánto tiempo tarda en cargarse un coche eléctrico? | Repsol». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.repsol.es/particulares/asesoramiento-consumo/recarga-electrica/>
- [39] «Volvo desvela cuánto contamina (en total) un SUV eléctrico frente a uno de gasolina». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.hibridosyelectricos.com/coches/volvo-desvela-cuanto-contamina-total-suv-electrico-vs-gasolina\\_51091\\_102.html](https://www.hibridosyelectricos.com/coches/volvo-desvela-cuanto-contamina-total-suv-electrico-vs-gasolina_51091_102.html)
- [40] «Tesla Model S Lithium Ion Battery 18650 EV Module - 22.8 Volt, 5.3 kWh, EV West - Electric Vehicle Parts, Components, EVSE Charging Stations, Electric Car Conversion Kits». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.evwest.com/catalog/product\\_info.php?cPath=4&products\\_id=463](https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=4&products_id=463)
- [41] «Estudiante Australiano Diseña Un Sistema Para Convertir Vehículos De Gasolina O Diésel En Vehículos Eléctricos Híbridos En Poco Tiempo». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ecoinventos.com/revr/>

## WEBGRAFIA

### 3.2 Sistema de Gestión de Energía y Control

- ResearchGate, "The basic schematic of the battery management system (BMS) and the DC-DC converter," Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/figure/The-basic-schematic-of-the-battery-management-system-BMS-and-the-DC-DC-converter-for\\_fig1\\_323953254](https://www.researchgate.net/figure/The-basic-schematic-of-the-battery-management-system-BMS-and-the-DC-DC-converter-for_fig1_323953254).
- Circuit Digest, "4S 40Amp BMS Circuit Diagram," Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://circuitdigest.com/fullimage?i=/circuitdiagram/4S-40Amp-BMS-Circuit-Diagram.jpg>.
- Stafl Systems, "BMS1000M Battery Management System," Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.staflsystems.com/battery-management-systems/p/bms1000m>.
- EV Reporter, "A brief note on the Vehicle Control Unit," EV Reporter. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://evreporter.com/a-brief-note-on-the-vehicle-control-unit/>

### 4.3 Implementación de Cambios Necesarios en el Sistema de Transmisión

- Motorpasion, "Cambio de marchas automático: qué tipos hay y cómo funcionan," Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.motorpasion.com/compra-coches/cambio-marchas-automatico-que-tipos-hay-como-funcionan>
- Benimov, "Así es el cambio de marchas en un eléctrico: ¿funciona igual?," Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://benimov.es/2021/08/26/funciona-igual-asi-es-el-cambio-de-marchas-en-un-electrico/>.
- Brandcars, "Cómo funcionan las marchas de un coche eléctrico," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://brandcars.es/como-funcionan-las-marchas-de-un-coche-electrico/>.
- RACE, "Cómo funciona y cómo conducir un coche automático," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.race.es/como-funciona-como-conducir-coche-automatico>.
- Motorpasion, "Cómo funciona la caja de cambios de variador continuo (CVT), eficiente y al mismo tiempo criticada," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.motorpasion.com/revision/como-funciona-caja-cambios-variador-continuo-cvt-eficiente-al-tiempo-criticada>.

#### 7.1.2 Características del Vehículo Base

- Wikipedia, "Station wagon," Wikipedia, The Free Encyclopedia. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://en.wikipedia.org/wiki/Station\\_wagon](https://en.wikipedia.org/wiki/Station_wagon)

##### 7.2.3.1 Motor Eléctrico

- KM77, "Volkswagen Golf 2009 5 puertas Advance 1.6 102 CV," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en:

<https://www.km77.com/coches/volkswagen/golf/2009/5-puertas/advance/golf-5p-advance-16-102-cv/datos>

- Bridgestone Americas, "Determining Tire Size," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://www.bridgestoneamericas.com/es\\_US/company/safety/choosing-tires/determining-tire-size#](https://www.bridgestoneamericas.com/es_US/company/safety/choosing-tires/determining-tire-size#)
- Carlos Campeche, "Características para leer o entender un neumático (llantas o goma de auto)," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://carloscampeche2012.wordpress.com/2013/04/30/caracteristicas-para-leer-o-entender-un-neumatico-llantas-o-goma-de-auto/>.
- Wikipedia, "Pulgada," Wikipedia, La enciclopedia libre. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Pulgada>.
- AreaCiencias, "Velocidad lineal," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.areaciencias.com/fisica/velocidad-lineal/>.

#### 7.2.3.4 Batería

- Híbridos y Eléctricos, "Todo lo que querías saber sobre las baterías de los coches eléctricos de Tesla," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://www.hibridosyelectricos.com/coches/todo-quieras-saber-baterias-coches-electricos-tesla\\_17420\\_102.html](https://www.hibridosyelectricos.com/coches/todo-quieras-saber-baterias-coches-electricos-tesla_17420_102.html).
- Wikipedia, "Tesla Model S," Wikipedia, La enciclopedia libre. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Model\\_S#:~:text=Proporciona%20400%20Voltios%20en%20corriente,y%20para%20optimizar%20su%20funcionamiento](https://es.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_S#:~:text=Proporciona%20400%20Voltios%20en%20corriente,y%20para%20optimizar%20su%20funcionamiento).
- EE Power, "Teardown: Unpacking the Lucid Motors Battery Pack," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://eepower.com/tech-insights/teardown-unpacking-the-lucid-motors-battery-pack/>.
- EV West, "EV West Electric Vehicle Parts, Components, EVSE Charging Stations, Electric Car Conversion Kits," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://www.evwest.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=580](https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?products_id=580).
- Wikipedia, "Ultium," Wikipedia, The Free Encyclopedia. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ultium>.
- BatteryDesign, "BMW i3 Battery Design," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.batterydesign.net/bmw-i3/>.
- BatteryDesign, "Lucid Motors Battery Design," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.batterydesign.net/lucid-motors/>.
- BatteryDesign, "Rivian Max Battery Pack," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.batterydesign.net/rivian-max-battery-pack/>.
- Wikipedia, "Ford Focus Electric," Wikipedia, The Free Encyclopedia. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://en.wikipedia.org/wiki/Ford\\_Focus\\_Electric](https://en.wikipedia.org/wiki/Ford_Focus_Electric).
- Wikipedia, "Tesla Model S," Wikipedia, La enciclopedia libre. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Model\\_S#:~:text=proporcionando%20una](https://es.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_S#:~:text=proporcionando%20una)

%20gran%20protecci%C3%B3n%20frente,pesan%20325%20kg%20en%20total.

- Tesla, "2022 Tesla Impact Report," Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://www.tesla.com/ns\\_videos/2022-tesla-impact-report.pdf](https://www.tesla.com/ns_videos/2022-tesla-impact-report.pdf).
- eBay, "50000KM TESLA MODELO X S 75 MÓDULO DE BATERÍA 1071954-00-B 5.3kWh 3200 mAh CELL LEÓN," eBay. Accedido: 20 de febrero de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://www.ebay.es/itm/186150380831?chn=ps&norover=1&mkevt=1&mkrid=1185-166800-721408-7&mkcid=2&itemid=186150380831&targetid=295222477609&device=c&mktype=pla&googleloc=20278&poi=&campaignid=20425650141&mkgroupid=151702269986&rlsarget=pla-295222477609&abcId=&merchantid=775824899&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiAuNGuBhAkEiwAGId4amI\\_mQGbpOE47NRTFHHzV2h9Z0-\\_kpwjtjhp040mTM3TTqpVJ3KgBIRoCxwcQAvD\\_BwE](https://www.ebay.es/itm/186150380831?chn=ps&norover=1&mkevt=1&mkrid=1185-166800-721408-7&mkcid=2&itemid=186150380831&targetid=295222477609&device=c&mktype=pla&googleloc=20278&poi=&campaignid=20425650141&mkgroupid=151702269986&rlsarget=pla-295222477609&abcId=&merchantid=775824899&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAuNGuBhAkEiwAGId4amI_mQGbpOE47NRTFHHzV2h9Z0-_kpwjtjhp040mTM3TTqpVJ3KgBIRoCxwcQAvD_BwE).

### 7.2.3.5 Cargador de a Bordo

- Tesla, "Manual del conector de pared Gen 3," Tesla. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://www.tesla.com/sites/default/files/support/charging/Gen\\_3\\_Wall\\_Connector\\_Manual\\_Spanish.pdf](https://www.tesla.com/sites/default/files/support/charging/Gen_3_Wall_Connector_Manual_Spanish.pdf).
- Rivian, "Manual del cargador de automóviles portátil PT00045331," Rivian. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://manuals.plus/es/rivian/pt00045331-portable-car-charger-manual#axzz8TFpR1zUr>.
- Lucid Motors, "Lucid Mobile Charging Cable," Lucid Motors. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.lucidmotors.com/media/document/lucid-mobile-charging-cable-en-us-2023.08.3.pdf>.
- BMW, "Carga de vehículos eléctricos BMW," BMW. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://www.bmw.es/content/dam/bmw/common/topics/fascination-bmw/electromobility2020-new/charging-support/spain/gen3/bea-01295A35723\\_2.0\\_es\\_es.pdf.asset.1643811389628.pdf](https://www.bmw.es/content/dam/bmw/common/topics/fascination-bmw/electromobility2020-new/charging-support/spain/gen3/bea-01295A35723_2.0_es_es.pdf.asset.1643811389628.pdf).
- Ford, "Ford Connected Wallbox para Sistemas de Alimentación Eléctrica 3 Phase," Ford. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://shop.ford.es/products/ford-connected-wallbox-para-sistemas-de-alimentacion-electrica-3-phase>.
- Rivian, "Charging | Rivian," Rivian. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://rivian.com/experience/charging>.
- km77.com, "Ford Mustang Mach-E 2020," km77.com. km77.com, "Ford Mustang Mach-E 2020," km77.com. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.km77.com/coches/ford/mustang/2020/suv/mach-e/informacion>. [En línea]. Disponible en: <https://www.km77.com/coches/ford/mustang/2020/suv/mach-e/informacion>.
- km77.com, "BMW i7 2022: información técnica," km77.com. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en:

<https://www.km77.com/coches/bmw/i7/2022/estandar/informacion/bmw-i7-2022-informacion-tecnica>.

### 7.2.3.7 Elección de los Cables

- Cascadia Motion, "ExRad," Cascadia Motion. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.cascdiamotion.com/productlist/21-accessories/20-exrad>.
- ZMS Cables, "Influencia de cables en vehículo eléctrico," ZMS Cables. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://zmscables.es/influencia-de-cables-en-vehiculo-electrico/#:~:text=Salvo%20en%20la%20%C3%A1rea%20del,C%20o%20150%C2%B0C>.

### 7.2.3.8 Refrigeración

- JerryRigEverything, "Galaxy Z Flip 3 Teardown - Does it have a real glass screen?," YouTube, 25 de agosto de 2021. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=kYkGsXiR1w&list=PL0vZL9uwyfOFezIOiBjkdW3TTdn0Q\\_AKL&index=19&ab\\_channel=JerryRigEverything](https://www.youtube.com/watch?v=kYkGsXiR1w&list=PL0vZL9uwyfOFezIOiBjkdW3TTdn0Q_AKL&index=19&ab_channel=JerryRigEverything).

### 7.2.4 Colocación y Distribución de los Componentes del Motor

- km77.com, "Volkswagen Golf 2017 Sport R-Line 1.5 TSI EVO 110 kW (150 CV) DSG 7 vel," km77.com. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.km77.com/coches/volkswagen/golf/2017/5-puertas/sport-r-line/golf-5p-sport-r-line-15-tsi-evo-110-kw-150-cv-dsg-7-vel/datos>.
- AEM Electronics, "Vehicle Control Unit (VCU) Part #30-8100," AEM Electronics. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://www.aemelectronics.com/products/ev\\_conversions/vehicle\\_control\\_unit/parts/30-8100](https://www.aemelectronics.com/products/ev_conversions/vehicle_control_unit/parts/30-8100).
- EV West, "NetGain Hyper 9 HV Motor," EV West. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://www.evwest.com/catalog/product\\_info.php?cPath=41&products\\_id=491](https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=41&products_id=491).
- EV West, "Tesla Model S Battery Module 24V, 250Ah," EV West. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://www.evwest.com/catalog/product\\_info.php?cPath=46&products\\_id=365](https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=46&products_id=365).
- EV West, "EV West Siemens Base AC Motor Kit," EV West. EV West, "EV West Siemens Base AC Motor Kit," EV West. [En línea]. Disponible en: [https://www.evwest.com/catalog/product\\_info.php?cPath=37&products\\_id=521](https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=37&products_id=521). Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://www.evwest.com/catalog/product\\_info.php?cPath=37&products\\_id=521](https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=37&products_id=521).

## 8.1 Recarga

- Carfolio, "Volkswagen Golf 1.4," Carfolio. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.carfolio.com/volkswagen-golf-1.4-187429?l=es>.
- Protección Civil, "Vientos Fuertes," Protección Civil. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.proteccioncivil.es/coordinacion/gestion-de-riesgos/meteorologicos/vientos-fuertes>.
- VISE, "Tipos y factores que afectan las pendientes de la carretera," VISE Blog. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://blog.vise.com.mx/tipos-y-factores-que-afectan-las-pendientes-de-la-carretera#:~:text=Tipos%20de%20pendientes%20de%20carreteras&text=Pendientes%20Positivas%3A%20Ascendentes%2C%20comunes%20en,del%202%25%20al%206%25>.

## 9 Impacto Medioambiental

- Selectra, "Guía para la reducción de la huella de carbono," Selectra. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://climate.selectra.com/sites/climate.selectra.com/files/pdf/ES-guia-reduccion-huella-carbono.pdf>.
- Cruz Roja, "¿Qué es la huella de carbono y consejos para reducirla?," Cruz Roja. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www2.cruzroja.es/web/ahora/-/que-es-huella-carbono-y-consejos-reducirla>.
- Selectra, "Huella de carbono del coche," Selectra. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://climate.selectra.com/es/huella-carbono/coche>.
- Renovables.blog, "Cómo reducir tu huella de carbono," Renovables.blog. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://renovables.blog/blog/reducir-huella-carbono/>

### 10.1 Comparativa con Vehículos de Combustión y Eléctricos de Fábrica.

- Xataka, "¿Merece la pena un coche eléctrico? Aquí tienes una calculadora para comprobarlo," Xataka. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.xataka.com/movilidad/merece-pena-coche-electrico-aqui-tienes-calculadora-para-comprobarlo-2>.
- Híbridos y Eléctricos, "El coste total de un coche eléctrico frente a uno de combustión: un estudio," Híbridos y Eléctricos. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: [https://www.hibridosyelectricos.com/coches/coste-total-coche-electrico-vs-combustion-estudio\\_48212\\_102.html](https://www.hibridosyelectricos.com/coches/coste-total-coche-electrico-vs-combustion-estudio_48212_102.html).
- El País Motor, "Mantenimiento del coche eléctrico versus combustión: ¿cuál es más barato?," El País. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://motor.elpais.com/coches-electricos/mantenimiento-del-coche-electrico-versus-combustion-cual-es-mas-barato/>.
- Auto Bild España, "La comparativa definitiva: cuánto cuesta recorrer 100 km con un coche de gasolina y uno eléctrico," Auto Bild España. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en:

<https://www.autobild.es/patrocinado/comparativa-definitiva-coche-electrico-vs-coche-gasolina-cuanto-gasta-cada-cada-100-km-756003>

- Auto Fácil, "¿Cuánto cuesta mantener un coche eléctrico?," Auto Fácil. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.autofacil.es/coches-electricos-e-hibridos/cuanto-cuesta-mantener-coche-electrico/410840.html>.
- Emilio J. Frey, "Kit universal para la conversión de un vehículo de combustión a eléctrico," Emilio J. Frey, Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://emiliojfrey.com/2020/05/22/kit-universal-para-la-conversion-de-un-vehiculo-de-combustion-a-electrico/>.

#### **Anexo 10**

- CITE Energía, "La transición energética y el papel de los vehículos eléctricos," CITE Energía. Accedido: 3 de junio de 2024 [En línea]. Disponible en: <http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2023/03/ARTICULO-10.pdf>

## ANEXOS

## 1 Tablas costes de mantenimiento

<b>Mantenimiento combustión</b>	<b>Precio (€)</b>
Cambio de neumáticos	150
Cambio de frenos	350
Cambio de filtro de habitáculo	35
Cambio de amortiguadores	350
Cambio de líquido refrigerante	75
Cambio de batería de 12 V	150
Cambio de aceite	75
Cambio de filtro de aceite	15
Cambio de filtro de aire	20
Cambio de filtro de combustible	50
Cambio de bujías	45
Cambio de correas	200
<b>Total</b>	<b>1.515</b>
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	<b>Precio (€)</b>
Cambio de neumáticos	150
Cambio de frenos	350
Cambio de filtro de habitáculo	35
Cambio de amortiguadores	350
Cambio de líquido refrigerante (motor y batería)	75
<b>Total</b>	<b>960</b>

## 2 Ficha técnica Volkswagen Golf 2008

### Volkswagen Golf 5p Advance 1.6 102 CV (2008-2009) | Precio y ficha técnica

Datos técnicos Equipamiento

<b>Precio</b> (con descuento y equipamiento seleccionado)	19.470 €
<b>Descuento oficial</b>	0 €
<b>Precio sin impuestos</b>	15.483 €
<b>IVA</b>	16 %
<b>Impuesto de matriculación</b>	9,75 %
<b>Tarifa de</b>	08/2009



#### HERRAMIENTAS DE AYUDA



Compra/vende tu coche

SEGUNDA MANO



¿Cuál es el mejor precio para comprar o vender tu coche?

INFORME



¿Cuánto gastas en tu coche al año?

CALCULADORA



Compara el precio y las coberturas

SEGURO

#### Prestaciones y consumos homologados

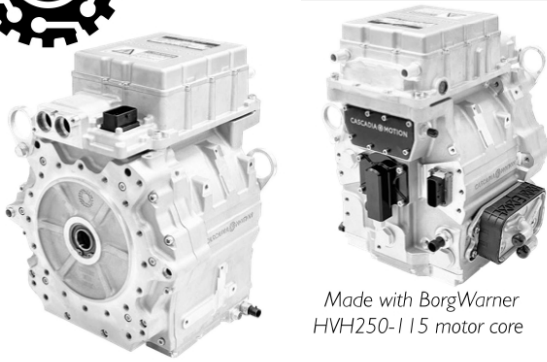
<b>Velocidad máxima</b>	188 km/h
<b>Aceleración 0-100 km/h</b>	11,3 s
<b>Consumo NEDC</b>	
Extraurbano	5,6 l/100 km
Urbano	9,7 l/100 km
Medio	7,1 l/100 km
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> NEDC</b>	166 gr/km
<b>Normativa de emisiones</b>	No disponible
<b>Distintivo ambiental DGT</b>	C

#### Dimensiones, peso, capacidades

<b>Tipo de Carrocería</b>	Turismo
<b>Número de puertas</b>	5
<b>Longitud</b>	4.199 mm
<b>Anchura</b>	1.779 mm
<b>Altura</b>	1.479 mm
<b>Batalla</b>	2.578 mm
<b>Vía delantera</b>	1.540 mm
<b>Vía trasera</b>	1.513 mm
<b>Coefficiente Cx</b>	0,31
<b>Superficie frontal</b>	2,22 m <sup>2</sup>
<b>Factor de resistencia</b>	0,69
<b>Depósito de combustible</b>	
Gasolina	55 l
<b>Filtro de partículas</b>	No
<b>Volúmenes de maletero</b>	
Volumen con una fila de asientos disponible	1.305 litros
Volumen mínimo con dos filas de asientos disponibles	350 litros
<b>Número de plazas</b>	5

<b>Distribución de asientos</b>	2 + 3
<b>Resumen del sistema de propulsión</b>	
<b>Potencia máxima</b>	102 CV / 75 kW
<b>Par máximo</b>	148 Nm
<b>Motor de Combustión</b>	
<b>Propósito</b>	Impulsar el vehículo
<b>Combustible</b>	Gasolina
<b>Potencia máxima</b>	102 CV / 75 kW
<b>Revoluciones potencia máxima</b>	5.600 rpm
<b>Par máximo</b>	148 Nm
<b>Revoluciones par máximo</b>	3.800 rpm
<b>Situación</b>	Delantero transversal
<b>Número de cilindros</b>	4
<b>Disposición de los cilindros</b>	En línea
<b>Material del bloque</b>	Aluminio
<b>Material de la culata</b>	Aluminio
<b>Diámetro</b>	81 mm
<b>Carrera</b>	77,4 mm
<b>Cilindrada</b>	1.595 cm <sup>3</sup>
<b>Relación de compresión</b>	10,5 a 1
<b>Distribución</b>	
Válvulas por cilindro	2
Tipo de distribución	Un árbol de levas en la culata
<b>Alimentación</b>	Inyección Indirecta.
<b>Automatismo de parada y arranque del motor ("Stop/Start")</b>	No
<b>Transmisión</b>	
<b>Tracción</b>	Delantero
<b>Caja de cambios</b>	Manual
<b>Número de velocidades</b>	5
<b>Tipo de mando</b>	No disponible
<b>Tipo de Embrague</b>	Embrague monodisco en seco
<b>Tipo de mecanismo</b>	No disponible
<b>Desarrollos (km/h cada 1.000 rpm)</b>	
1ª	7,4
2ª	13,1
3ª	20,0
4ª	26,2
5ª	31,6
Marcha atrás	8,1
<b>Chasis</b>	
<b>Estructura suspensión delantera</b>	Tipo McPherson
<b>Muelle suspensión delantera</b>	Resorte helicoidal
<b>Estructura suspensión trasera</b>	Paralelogramo deformable
<b>Muelle suspensión trasera</b>	Resorte helicoidal
<b>Barra estabilizadora delantera</b>	Sí
<b>Barra estabilizadora trasera</b>	Sí
<b>Tipo de frenos delanteros</b>	Disco ventilado
<b>Diámetro de frenos delanteros</b>	280 mm
<b>Tipo de frenos traseros</b>	Disco
<b>Diámetro de frenos traseros</b>	253 mm
<b>Dirección</b>	
Tipo	Cremallera
Tipo de asistencia	Eléctrica
Asistencia en función de la velocidad	Sí
Desmultiplicación en función de la velocidad	No
Desmultiplicación no lineal	No
Dirección a las cuatro ruedas	No
Diámetro de giro entre paredes	10,9 m
Vueltas de volante entre topes	No disponible

### 3 Ficha Técnica del Motor Cascadia Motion iM-225

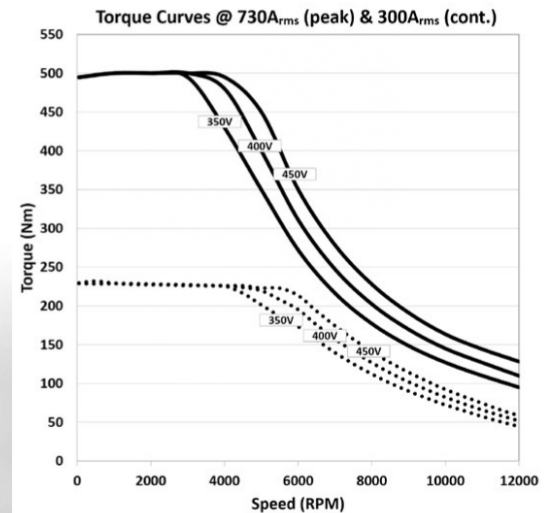
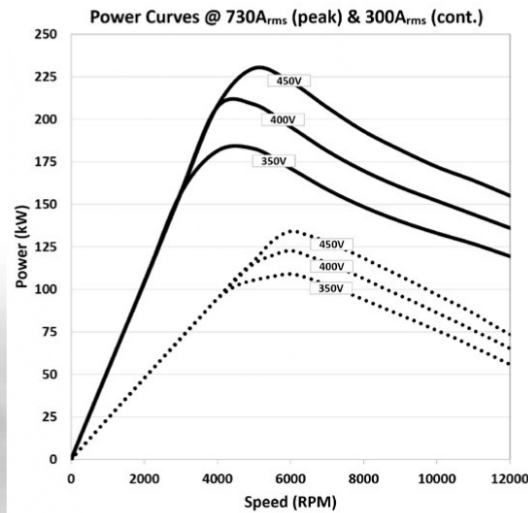


Made with BorgWarner HVH250-115 motor core

Built using the CM200 inverter and HVH250 motor core, this integrated module packs a 500Nm punch within a compact package. It's loaded with integrated features like an oil pump, oil cooler, oil sump and water pump.

Peak Torque	500Nm
Peak Power	225kW
Continuous Torque	230Nm
Continuous Power	110-135 kW
Maximum Speed	12000rpm
Weight	64 kg
Motor Cooling Medium	Dexron VI
Inverter Cooling Medium	50% E.G. / 50% Water
Maximum Water Temperature	80°C (Peak performance below 60°C, Mild Derate 60-80°C, No Torque at 100°C)
Combined Efficiency	95% peak (@200Nm, 5500rpm)

- FEATURES**
- 480Vdc maximum voltage (with CM200DX inverter)
  - 840V maximum voltage (with CM200DZ inverter)
  - Integrated oil pump
  - Integrated water pump
  - Integrated oil cooler
  - Shallow sump depth, 170mm from shaft centerline to bottom
  - Only 300mm in axial length and 405mm in total height
  - Auxiliary ports provided for optional external oil connections
  - Provided transmission connection bolt patterns:
    - 6-bolt 'Cascadia pattern'
    - 16-bolt 'Remy pattern' (e.g. 31-03 connection)
    - 4-bolt Porsche G50 pattern



**CASCADIA MOTION**  
cascadiamotion.com +1-503-344-5085

## 4 Ficha Técnica del Inversor Cascadia Motion CM200



### CM200 INVERTER



Our newest inverter is the CM200, packing the punch of a PM150 but being smaller volume and lighter weight than a PM100. Also features HVIL, pluggable connectors and an EMI filter!

#### FEATURES

- 4 (0-5V) Analog Inputs
- 2 RTD inputs PT100/1000
- 4 Digital Inputs 4-STG
- 2 High Side Driver Outputs
- 2 Low Side Driver Outputs
- 1 Resolver Interface
- 1 Sin-Cos Encoder Interface (-SP Option)
- 2 CAN 2.0A/B Ports 125kb-1Mb adjustable rate and offset
- RS232 Programming and Diagnostic Connection
- Rosenberger Power Connectors
- Integrated DC-Link EMI Filter
- Designed to ISO16750 heavy vehicle climatic, mechanical, and environmental requirements
- ISO20653 high pressure wash rated IP6K9K / IP67
- Easy to use CAN-based network node
- Custom .dbc messaging
- J1939 compatible CAN messages available
- Extensive feedback broadcast messaging for datalogging
- PC-based setup and programming tools available free
- Robust, fault-tolerant IGBT power stage
- HVIL Interlock on connectors
- Command Safety Watchdog
- Variable PWM Rate

CM200	DX	DZ	Units
DC Voltage – operating	50-480	200-840	VDC
DC Overvoltage Trip	500	860	VDC
Maximum DC Voltage – non-operating	500	900	VDC
Motor Current Continuous	300	200	A
Motor Current Peak *	740	400	Arms
Output Power Peak (elect) *	225	225	kW
DC Bus Capacitance	650	255	µF
Size and Volume	330 x 188 x 97 / 3.9		mm / L
Weight	6.75		kg
Active Discharge via motor winding to <50V	< 1		sec
Passive Discharge (internal resistor) to <50V	< 120		sec
Vehicle System Power	9 .. 32 (12V & 24V systems)		VDC
Inverter PWM Frequency	12 (6 .. 16 variable)		kHz
Operating Temperature Range – coolant water	- 40 .. +80, (derate to zero 80 .. 100)		°C
Coolant Flow Rate	12 (3 GPM min)		LPM
Coolant Pressure Drop (60°C coolant / 12 LPM)	0.3 (30kPa / 4.3psi)		bar
Maximum Coolant Pressure (absolute)	3 (300kPa / 45psia)		bar
Operating Shock (ISO 16750-3, Test 4.2.2.2)	500 (50g), pending		m/s <sup>2</sup>
Operating Vibration (ISO 16750-3, 4.1.2.7 Test VII)	57.9 (6grms), pending		m/s <sup>2</sup>
EMC compatibility	IEC61000 / CISPR-25 pending		
Compatible Conductor Sizes	16, 25, 35, 50		mm <sup>2</sup>

Ratings subject to change without notice—consult factory  
 \* Peak current is defined as a maximum of 30 seconds.

Point Camera Here



To View Manuals

**CASCADIA MOTION**

cascadiamotion.com +1-503-344-5085

## 5 Ficha Técnica de la Caja de Engranajes Cascadia Motion SR-309



### SR-309 (SPEED REDUCER GEARBOX, 3.09:1 RATIO)



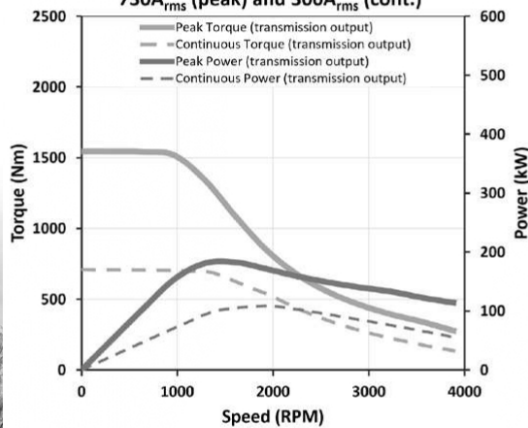
The SR-309 provides a 3.09:1 speed reduction (and torque multiplication) ratio. It's built using a pair of gears from the time-proven BorgWarner 31-03 gearbox. Added to that is a parking lock pawl and actuator. Integrated mounting features allow it to bolt right up to our iM-225, iM-375 and SS-250 products in two orientations: left offset or right offset.

#### FEATURES

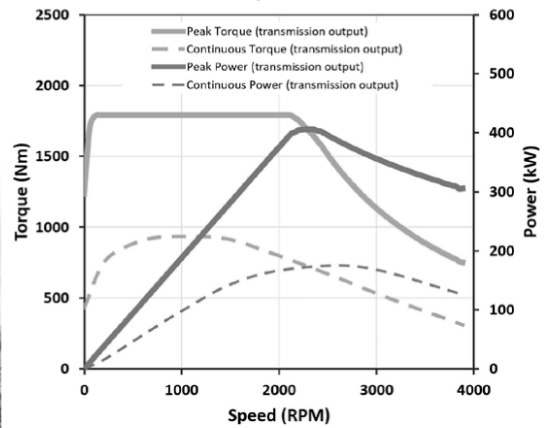
- 3.09:1 gear ratio
- High-quality helical ground gears
- Perfect for use with iM-225, iM-375 or SS-250
- Can be installed in two orientations: right offset or left offset
- Fed by cooled oil from the motor mounting face, returning through that face
- Parking lock pawl and actuator included
- DC actuator motor is commanded via H-bridge control and provides analog position feedback
- Output flange mimics the I6-bolt motor face

Peak Input Torque	800Nm
Maximum Input Speed	12000rpm
Weight	26 kg
Cooling/Lube Fluid	Dexron VI or similar

**When paired with iM-225DX-D:**  
Power and Torque Curves @ 350Vdc  
730A<sub>rms</sub> (peak) and 300A<sub>rms</sub> (cont.)



**When paired with iM-375DZ-D:**  
Power and Torque Curves @ 700Vdc



**CASCADIA MOTION**  
cascadiamotion.com +1-503-344-5085

## 6 Ficha Técnica Cargador de a Bordo 200V 6.6 kW obc de Ovar New Energy Technology[27]

200 V 6.6 kW obc:

OBC Input

Input Voltage 85-265VAC

Input Current 32A

Input Frequency 45-65Hz

DC-DC converter input

Input Voltage 200-420VDC

Input Current 7A

OBC output

Output Voltage 200-420VDC

Output Current 20A max

LV Output 14VDC 7A

Output Power 3.3KW max

Output Current Accuracy  $\pm 0.4A$

Output Ripple & Noise  $\pm 2\%mVp-p$

Output Wakeup Voltage 12VDC

Output Wakeup Current 200mA

Efficiency 95%

DC DC converter output

Output Voltage 9-16VDC

Rated Output Voltage 14VDC

Output Current 108A

Output Power 1.5KW

Maximum Output Power 1.8KW

Output Voltage Accuracy  $\pm 1\%V_o$

Output Ripple & Noise 300mVp-p

Efficiency 94%

Technical Parameters

Communication CANbus

Baud Rate 250K/500K

Operating Temperature -40 to 85°C

Altitude 5000m

IP rate IP67

Cooling Liquid-cooled

Dimension (LxWxH) 385x271x168mm

Net Weight 11kg

Protections

input&output under voltage protection

input&output over voltage protection

over temperature protection

output short circuit protection

## 7 ***Datasheet*** de un módulo de baterías de un Tesla modelo S[40]

Tesla Model S Lithium Ion Battery 18650 EV Module - 22.8 Volt, 5.3 kWh

**Capacity:** 232Ah, 5.3kWh

**Height:** 3.1 Inches

**Width:** 11.9 Inches

**Length:** 26.2 Inches

**Weight:** 55 Pounds

**Bolt Size:** M8

**Voltage nominal:** 3.8V/Cell, 22.8V/Module

**Charge voltage cut-off:** 4.2V/Cell, 25.2V/Module

**Discharging cut-off:** 3.3V/Cell, 19.8/Module

**Maximum Discharging Current (10 sec.):**750 Amps

## 8 Ficha Técnica del Volkswagen Golf 2020

Marcas Comparador coches

€ ★ ↻

**Volkswagen Golf 5p Sport R-Line 1.5 TSI EVO 110 kW (150 CV) DSG 7 vel. (2019-2020) | Precio y ficha técnica**

Datos técnicos ▶ Equipamiento ▶



<b>Precio</b> (con descuento y equipamiento seleccionado)	32.315 €
<b>Descuento oficial</b>	0 €
<b>Precio sin impuestos</b>	26.707 €
<b>IVA</b>	21 %
<b>Impuesto de matriculación</b>	0 %
<b>Tarifa de</b>	03/2020

### HERRAMIENTAS DE AYUDA



Compra/vende tu coche



Mejor precio de compra o venta



Calculadora coste anual



Comparador seguros

### Prestaciones y consumos homologados

<b>Velocidad máxima</b>	216 km/h
<b>Aceleración 0-100 km/h</b>	8,3 s
<b>Consumo WLTP</b>	
Combinado	6,4 l/100 km
Velocidad baja	8,5 l/100 km
Velocidad media	6,2 l/100 km
Velocidad alta	5,5 l/100 km
Velocidad muy alta	6,5 l/100 km
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> WLTP</b>	145 gr/km
<b>Normativa de emisiones</b>	Euro 6
<b>Distintivo ambiental DGT</b>	

### Dimensiones, peso, capacidades

<b>Tipo de Carrocería</b>	Turismo
<b>Número de puertas</b>	5
<b>Longitud</b>	4.258 mm
<b>Anchura</b>	1.790 mm
<b>Altura</b>	1.492 mm
<b>Batalla</b>	2.620 mm
<b>Vía delantera</b>	1.533 mm
<b>Vía trasera</b>	1.503 mm
<b>Coefficiente Cx</b>	No disponible

<b>Superficie frontal</b>	No disponible
<b>Depósito de combustible</b>	
Gasolina	50 l
<b>Filtro de partículas</b>	Sí
<b>Volúmenes de maletero</b>	
Volumen con una fila de asientos disponible	1.270 litros
Volumen mínimo con dos filas de asientos disponibles	380 litros
<b>Número de plazas</b>	5
<b>Distribución de asientos</b>	2 + 3

**Resumen del sistema de propulsión**

<b>Potencia máxima</b>	150 CV / 110 kW
<b>Par máximo</b>	250 Nm

**Motor de Combustión**

<b>Propósito</b>	Impulsar el vehículo
<b>Combustible</b>	Gasolina
<b>Potencia máxima</b>	150 CV / 110 kW
<b>Revoluciones potencia máxima</b>	5.000 - 6.000 rpm
<b>Par máximo</b>	250 Nm
<b>Revoluciones par máximo</b>	1.500 - 3.500 rpm
<b>Situación</b>	Delantero transversal
<b>Número de cilindros</b>	4
<b>Disposición de los cilindros</b>	En línea
<b>Material del bloque</b>	Aluminio
<b>Material de la culata</b>	Aluminio
<b>Diámetro</b>	74,5 mm
<b>Carrera</b>	85,9 mm
<b>Cilindrada</b>	1.498 cm <sup>3</sup>
<b>Relación de compresión</b>	10,5 a 1
<b>Distribución</b>	
Válvulas por cilindro	4
Tipo de distribución	Dos árboles de levas en la culata
<b>Alimentación</b>	Inyección directa. Turbo. Intercooler
<b>Automatismo de parada y arranque del motor ("Stop/Start")</b>	Sí

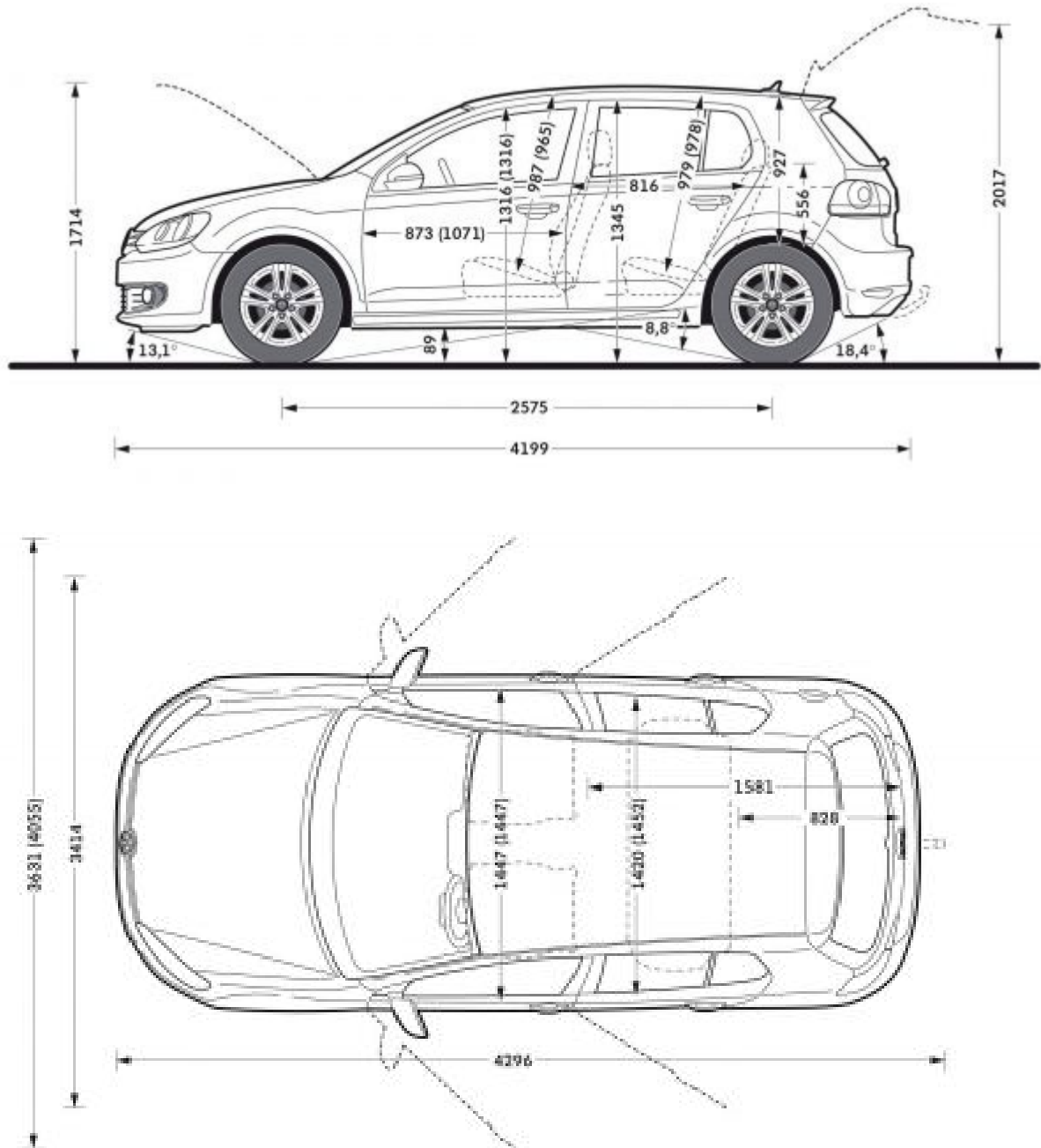
**Transmisión**

<b>Tracción</b>	Delantero
<b>Caja de cambios</b>	Automático
<b>Número de velocidades</b>	7
<b>Tipo de mando</b>	No disponible
<b>Tipo de Embrague</b>	Dos embragues monodisco en seco
<b>Tipo de mecanismo</b>	Pares de engranajes

**Chasis**

<b>Estructura suspensión delantera</b>	Tipo McPherson
<b>Muelle suspensión delantera</b>	Resorte helicoidal
<b>Estructura suspensión trasera</b>	Paralelogramo deformable
<b>Muelle suspensión trasera</b>	Resorte helicoidal
<b>Barra estabilizadora delantera</b>	Sí
<b>Barra estabilizadora trasera</b>	Sí
<b>Tipo de frenos delanteros</b>	Disco ventilado
<b>Tipo de frenos traseros</b>	Disco
<b>Dirección</b>	
Tipo	Cremallera
Tipo de asistencia	Eléctrica
Asistencia en función de la velocidad	Sí
Desmultiplicación en función de la velocidad	No
Desmultiplicación no lineal	No
Dirección a las cuatro ruedas	No
Diámetro de giro entre paredes	10,9 m
<b>Neumáticos delanteros</b>	225/45 R17 91W
<b>Neumáticos traseros</b>	225/45 R17 91W
<b>Llantas delanteras</b>	7 x 17
<b>Llantas Traseras</b>	7 x 17

## 9 Volkswagen Golf Acotado



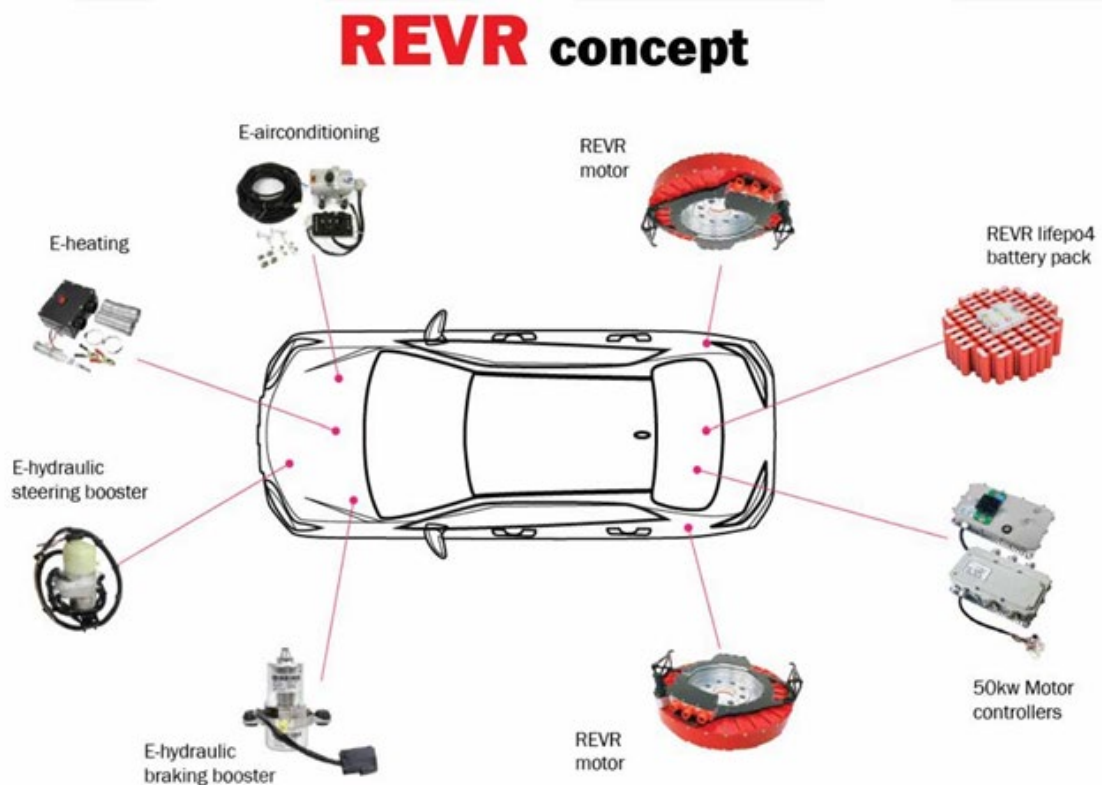
## 10 REVR: Una Solución para la Movilidad Sostenible[41]

REVR: Una Solución para la Movilidad Sostenible

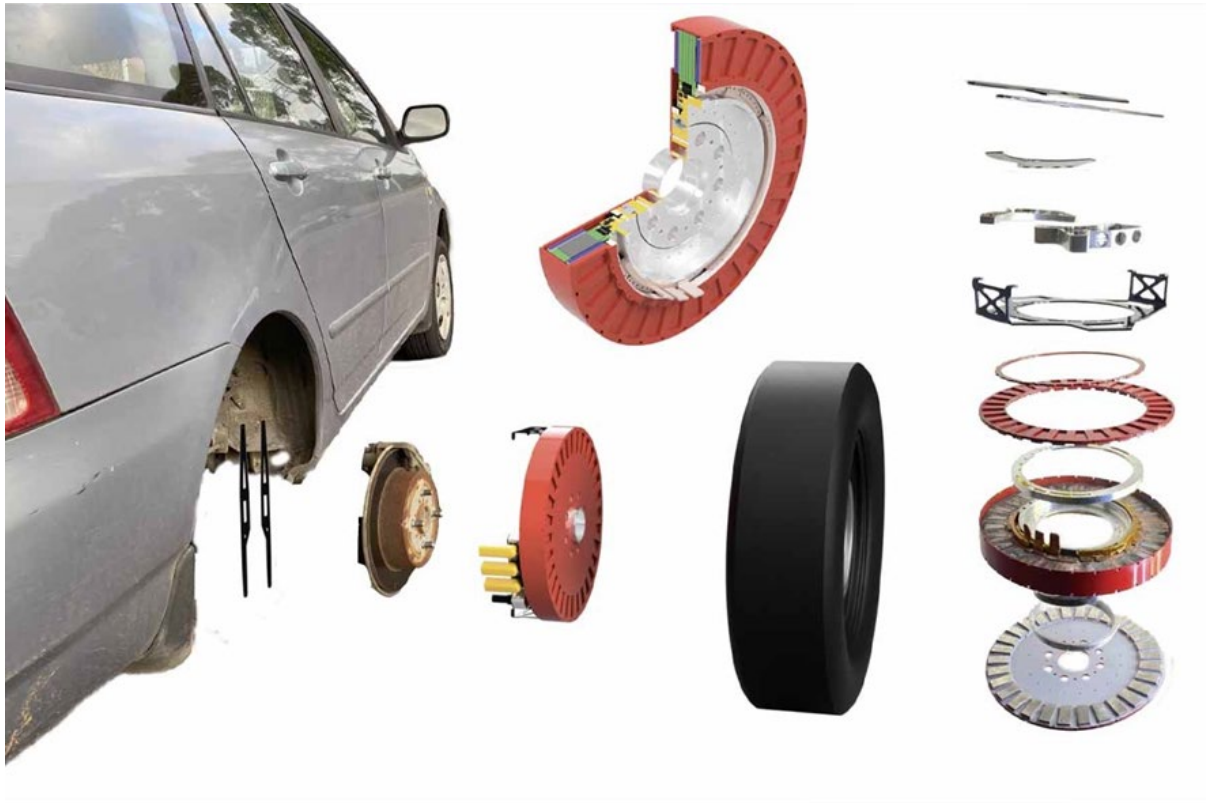
El REVR un kit de fácil instalación, inventado por el australiano Alexander Burton, que permite a cualquier vehículo de gasolina transformarse en eléctrico. Con el REVR, los autos podrían disfrutar de hasta 150 km de autonomía eléctrica, reduciendo considerablemente sus emisiones.

El Funcionamiento del Kit

El diseño se base en un motor de flujo axial que se monta en el rotor del freno de disco, una batería que va en el espacio destinado a la rueda de repuesto y un sensor acoplable al acelerador. Así, en unas horas y sin grandes complicaciones, cualquier taller o aficionado al automovilismo podría instalar el kit.



El freno de disco y la rueda montada en el rotor del motor pueden girar libremente. Los ejes, el frenado hidráulico y el motor de combustión también funcionan como hasta ahora. El estator del motor de flujo axial plano captura el par de los puntos de montaje del chasis, a través del cubo de la rueda. Este sistema de motor tiene las ventajas de accionamiento directo, en este caso peso ligero y alta eficiencia.



### Dos Motores, Doble Ventaja

Lo revolucionario de REVR no se queda en su sencillez. Sino que además permite a los conductores utilizar el motor eléctrico para sus trayectos diarios, eliminando en gran medida las emisiones. Pero si la situación lo requiere, como en viajes largos con escasos puntos de carga, el conductor podría cambiar al motor a gasolina sin problemas.

El inventor utilizó software gratuito de modelado de flujo magnético y CAD para diseñar su nuevo motor. Llevó a cabo un análisis de elementos finitos en cientos de iteraciones para crear su primer prototipo. Para controlar el coste de construcción del sistema, se favoreció el uso de componentes impresos en 3D y piezas OEM. Limitó el mecanizado CNC tanto como fue posible. Un vehículo puede albergar dos o cuatro unidades de este motor de rueda eléctrica. En este último caso sería capaz de proporcionar una potencia similar o superior a la producida por el motor de combustión interna.

### Motor de Flujo Axial

Un motor eléctrico de flujo axial, el espacio entre el rotor y el estator y, por lo tanto, la dirección del flujo magnético entre los dos se coloca paralelo al eje de rotación, en lugar de radialmente como en el motor de espacio radial más típico. En un motor de flujo axial, los rotores en forma de disco giran junto a un estator central. Debido a que el motor genera par con un diámetro mayor, se necesita menos material, dando como resultado una reducción de peso. El motor de flujo axial es hasta un 85% más ligero.

- Se utiliza un alambre de cobre rectangular para obtener el mayor factor de relleno de cobre factible (90%).
- Se emplean rotores de imanes permanentes dobles para obtener la mayor relación posible entre par y peso.
- Estator sin yugo, que tiene las rutas de flujo más cortas y el peso total más bajo.
- El uso de acero al silicio de grana orientado reduce las pérdidas en el núcleo hasta en un 85 %.
- Devanados concentrados para las pérdidas de cobre más bajas alcanzables (sin voladizos de bobina).
- El motor de flujo axial es ideal para aplicaciones de alta densidad de torque y espacio limitado.

Hay cuatro razones por las que los motores de flujo axial proporcionan una potencia sustancialmente mayor y tienen una densidad de peso más baja:

**Palanca:** Para el motor de flujo axial, los imanes se colocan más lejos del eje central. Como resultado, hay más "apalancamiento" en el eje central.

**Devanados:** En términos de devanado, el motor de flujo axial tiene una ventaja significativa sobre el motor radial. Tiene mayor cobre de devanado activo y menor voladizo, lo que significa que puede aumentar el número de vueltas más fácilmente y genera menos calor por efecto final. Además, el devanado podría entraren contacto con metal, que es un excelente conductor del calor. Esto se traduce en un sistema de refrigeración más sencillo

Los motores de flujo axial brindan un buen enfriamiento ya que los devanados

están en estrecho contacto con la carcasa exterior de aluminio. Debido a que el aluminio transmite el calor con facilidad, los devanados de los motores de flujo axial se mantienen fríos mientras que la resistencia del cobre se mantiene baja. Y, esto conduce a un rendimiento mejorado. Estos beneficios suelen mejorar la eficiencia de los motores.

## PLANOS



8 7 6 5 4 3 2 1

D

D

C

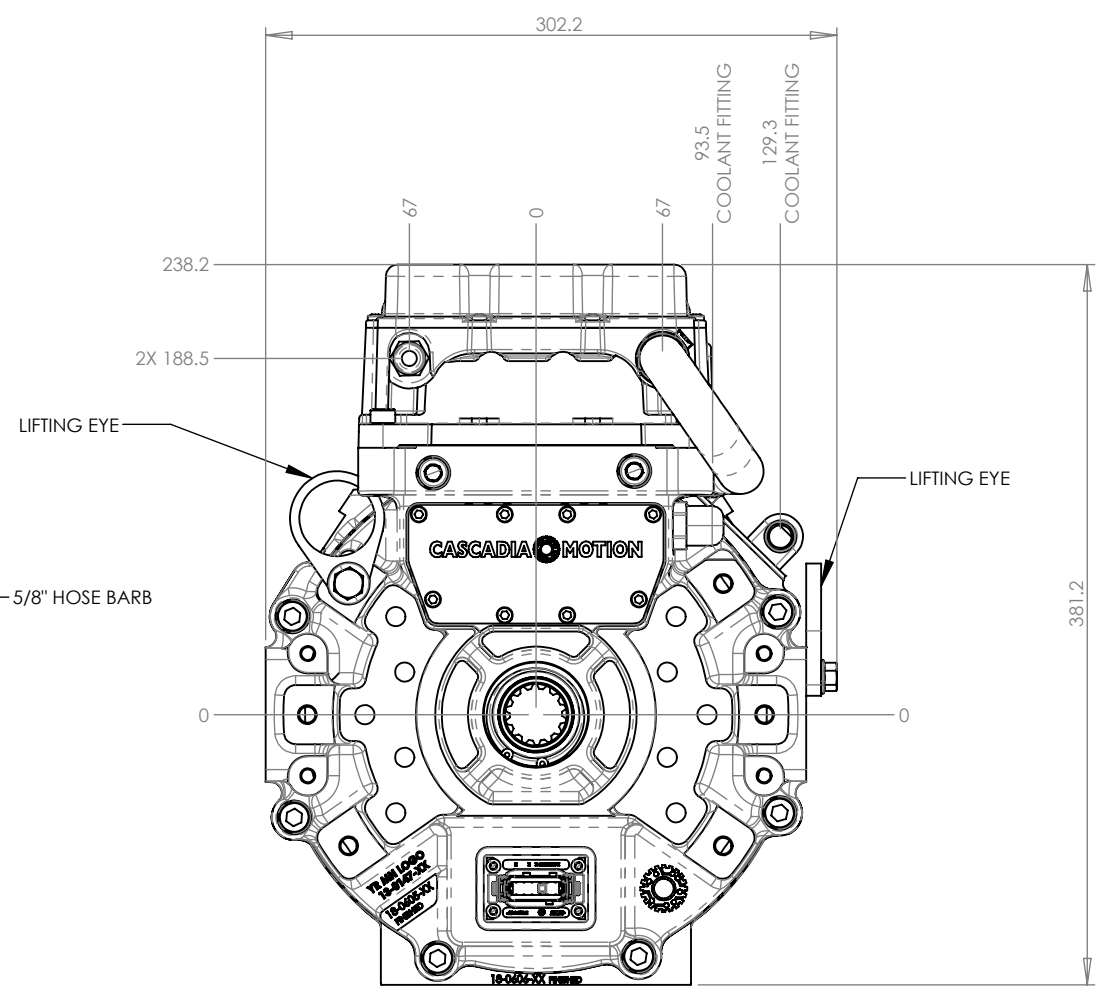
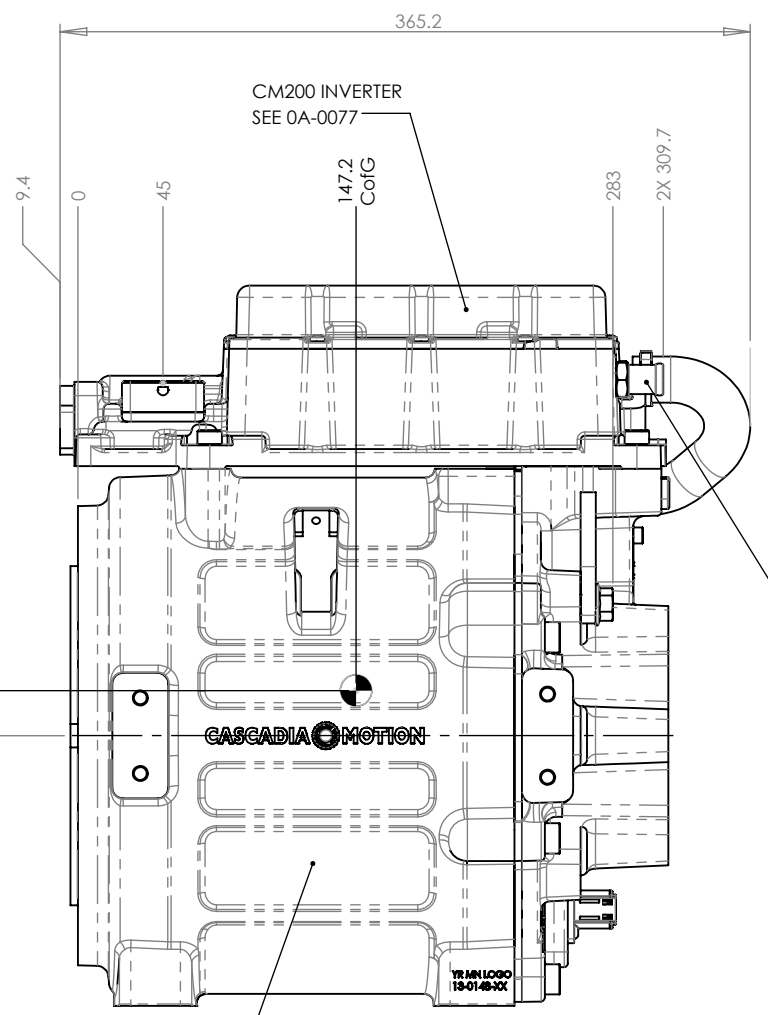
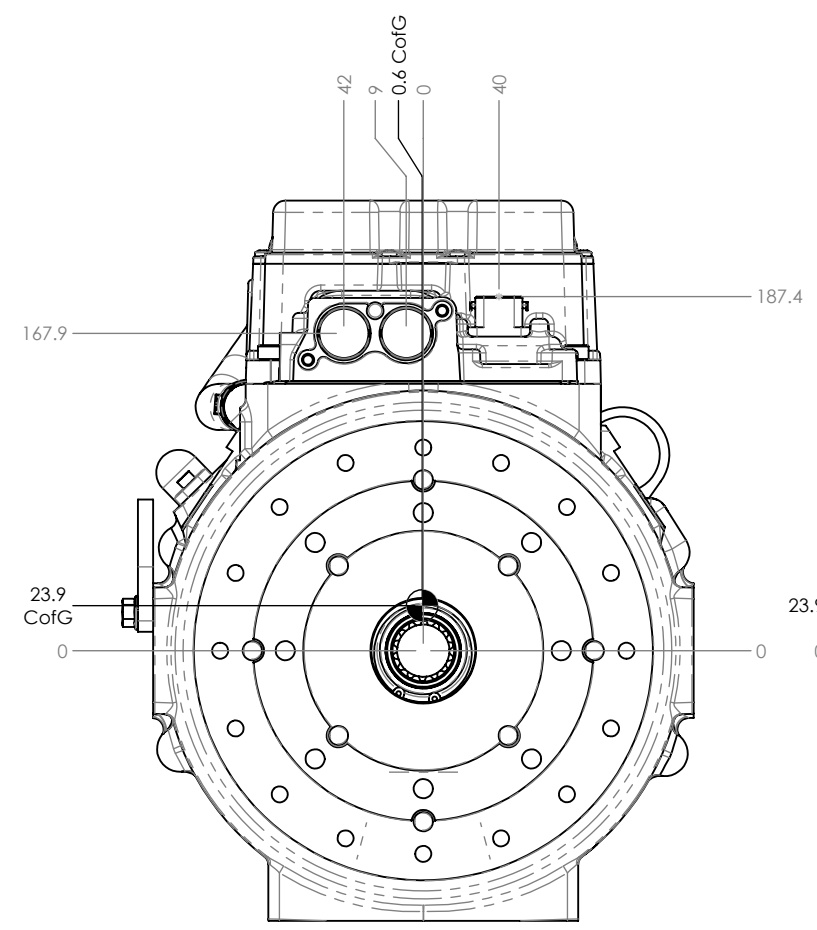
C

B

B

A

A



NOTES

1. INFORMATION PROVIDED ON THIS CUSTOMER INTERFACE DRAWING IS SPECIFIC TO THE iM-225W TOP MOUNT DRIVE MODULE.
2. SEE MOTOR AND INVERTER CUSTOMER INTERFACE DRAWINGS FOR MORE DETAILED INFORMATION.
3. MASS 60.7 KG

ECO	REV.	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
	-02	ADDED CofG INFO	2023/08/07	
	-01	FIRST ARTICLE	2022/07/28	
REVISIONS				

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE
	DRAWN	PBG	7/28/2022
	ENG APPR.	PBG	7/28/2022
	MFG APPR.		

**CASCADIA MOTION**  
Wilsonville and Hood River, OR - USA

TITLE:  
CUSTOMER INTERFACE DRAWING-IM225W, TOP

SIZE **B** DWG. NO. **0A-0055-02**

SCALE: 1:3 WEIGHT: SEE NOTES SHEET 1 OF 1

8 7 6 5 4 3 2 1

8 7 6 5 4 3 2 1

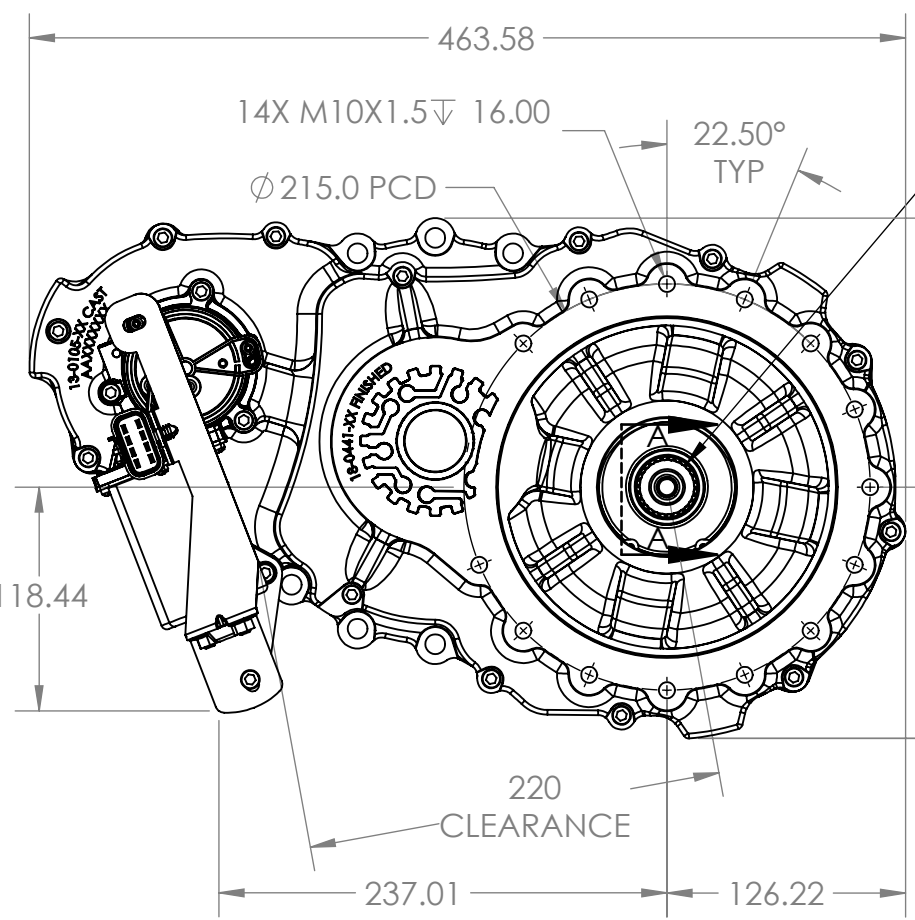
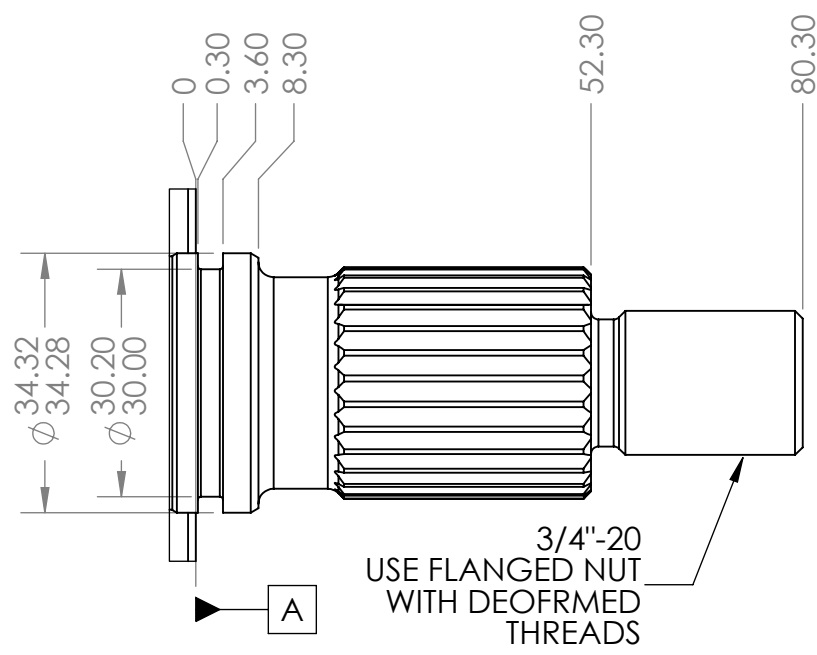
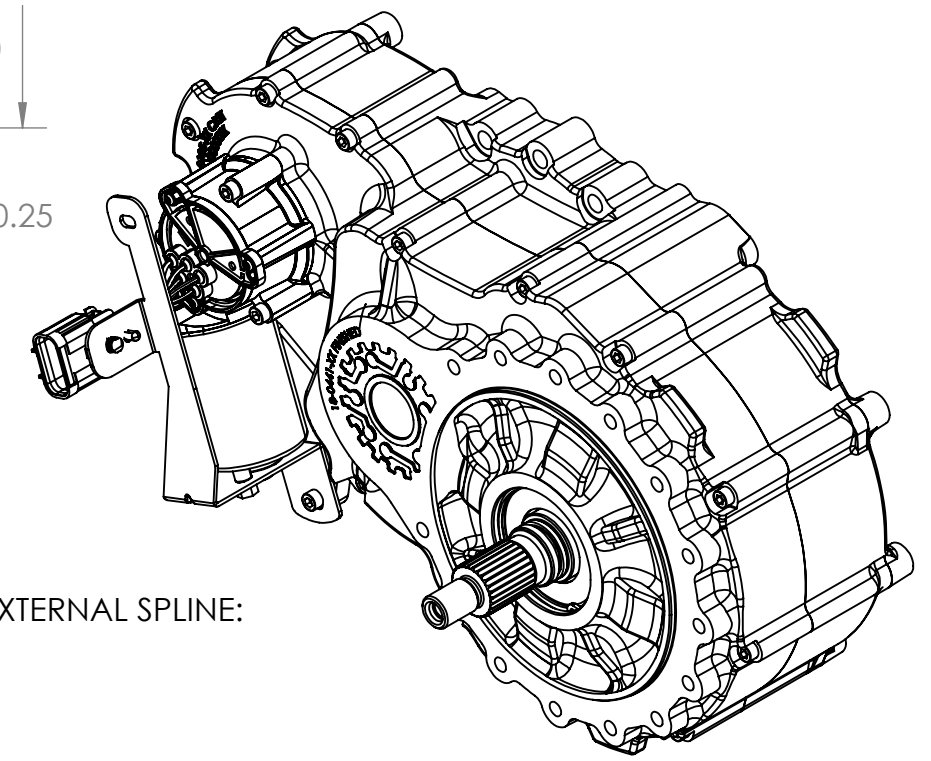
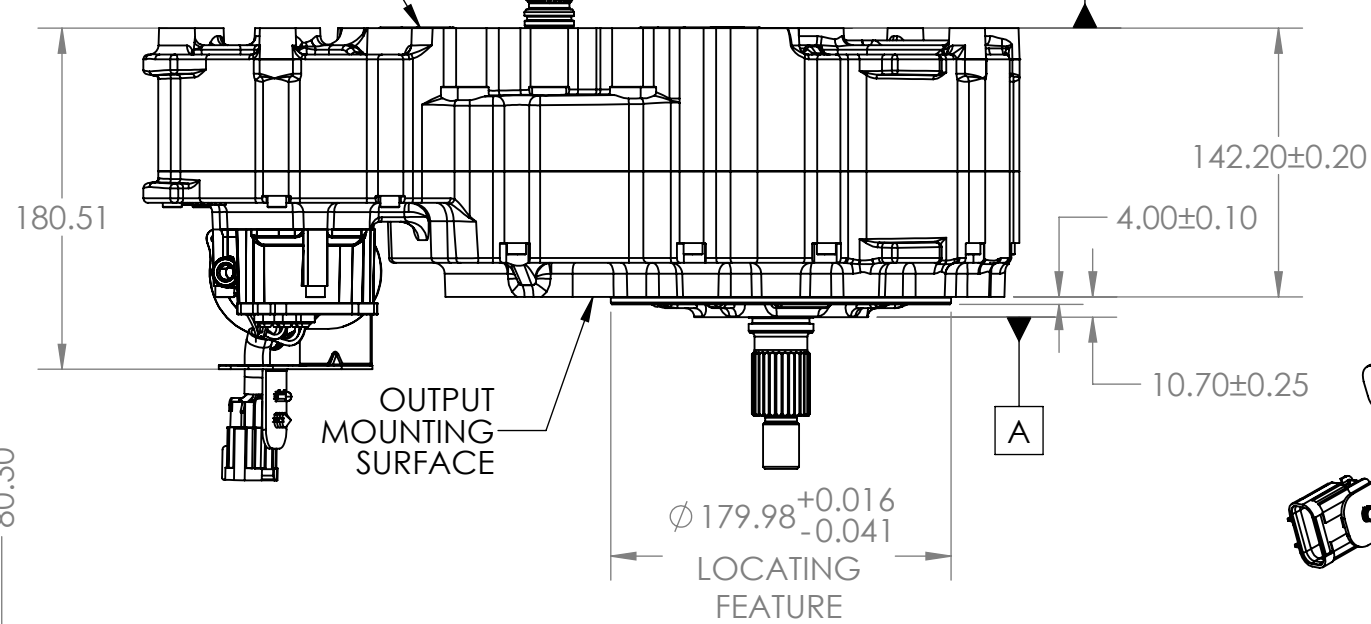
D

C

B

A

INPUT MOUNTING SURFACE



OUTPUT EXTERNAL SPLINE:  
SEE NOTE

EXTERNAL SPLINE DATA: INT 28Z X 24/48 X 45R X 5h ANSI 92.1 1996

TYPE (REF)	EXTERNAL FILLET ROOT SIDE FIT
DP (REF)	24/48
MODULE (REF)	1.05833
PRESSURE ANGLE (REF)	45 DEG
NUMBER TEETH (REF)	28
MAJOR DIA (REF)	30.692/30.565 mm
MINOR DIA (REF)	28.575/28.330 mm
FILLET RAD (REF)	0.36 mm
TOLERANCE CLASS (REF)	5
MEASUREMENT PIN DIA	2.0320 mm
DIMENSION OVER PINS	33.022/32.991 mm
TOOTH THICKNESS REF	1.662 mm

NOTES:

GEAR UNIT  
- REDUCTION RATIO 3.09:1  
- DRY MASS 26.4kg

CHAIN UNIT  
- REDUCTION RATIO 2.20:1  
- DRY MASS 27.5kg

	-01	FIRST ARTICLE	2022-06-17	AFN
ECO	REV.	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
REVISIONS				

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:			
DIMENSIONS ARE IN MM	DRAWN	NAME	DATE
TOLERANCES UNLESS OTHERWISE STATED:	AFN	AFN	2022-06-17
ANGULAR: MACH±0.5°	ENG APPR.	PBG	2022-06-17
BEND±1.0°	MFG APPR.		
LINEAR ±0.25			
INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER: ASME Y 14.5 NO BURRS OR SHARP EDGES / SEE CAD MODEL FOR DIMENSIONS NOT SHOWN			
MATERIAL			
FINISH			

**CASCADIA MOTION**  
Wilsonville and Hood River, OR - USA

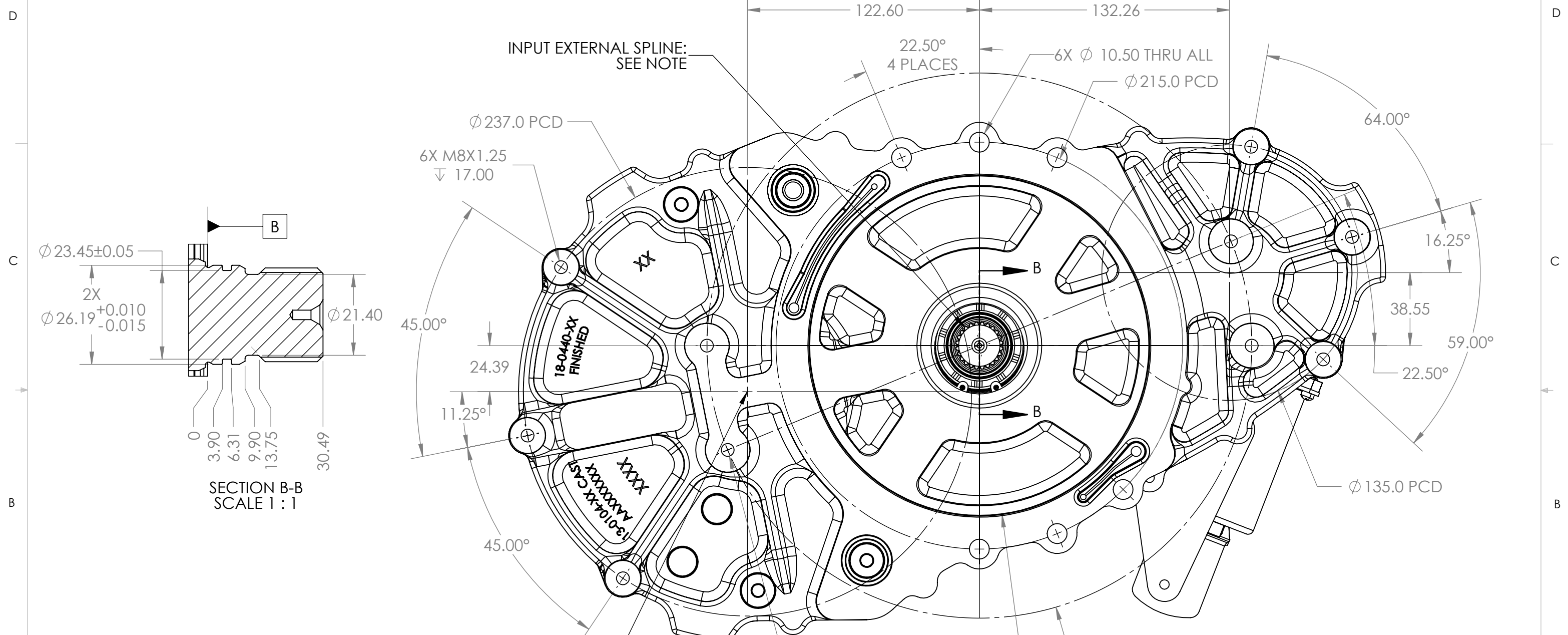
TITLE: **SR309/220**

SIZE **B** DWG. NO. **0A-0047-01**

SCALE: 1:4 WEIGHT: SEE NOTE SHEET 1 OF 2

8 7 6 5 4 3 2 1

8 7 6 5 4 3 2 1



SECTION B-B  
SCALE 1 : 1

**EXTERNAL INVOLUTE SPLINE DATA:**

ANSI B92.2M-1980 (R1989)	
TYPE (REF)	EXTERNAL FLAT ROOT SIDE FIT
NUMBER TEETH (REF)	24
MODULE (REF)	1.0000
PRESSURE ANGLE (REF)	30 DEG
PITCH DIAMETER (REF)	24.000
BASE DIAMETER (REF)	20.785
MAJOR DIAMETER	25.00-24.75
MINOR DIAMETER	22.50-22.26
FORM DIAMETER (MAX)	22.89
CIRCULAR TOOTH THICKNESS	
MAX EFFECTIVE	1.571
MIN. ACTUAL	1.485
PIN DIAMETER	2.120
MEASUREMENT OVER PINS (REF)	27.479-27.399

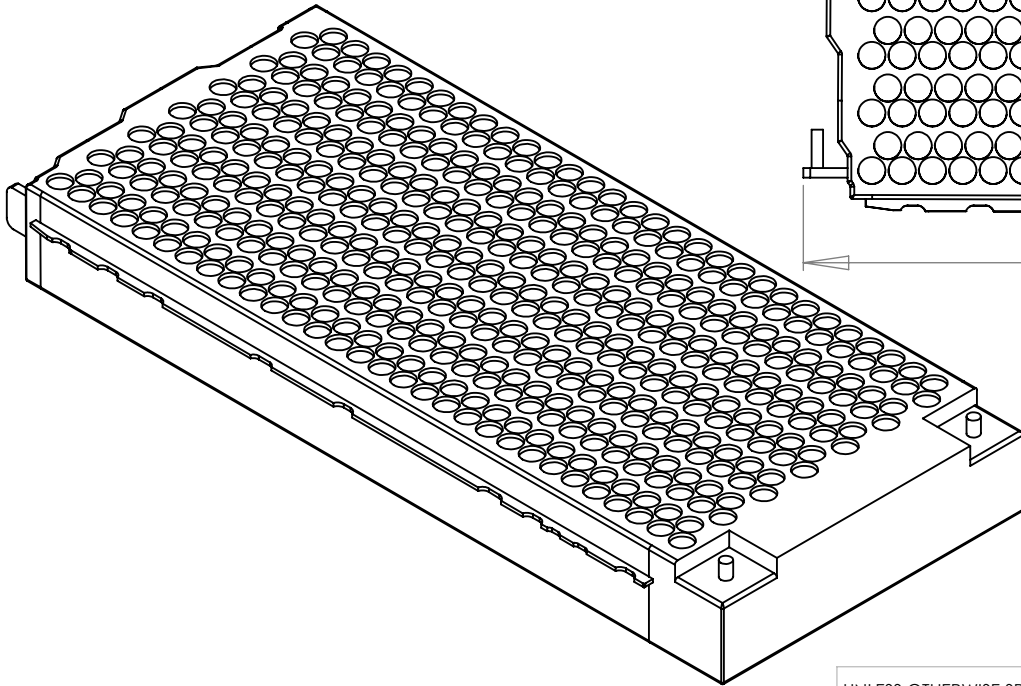
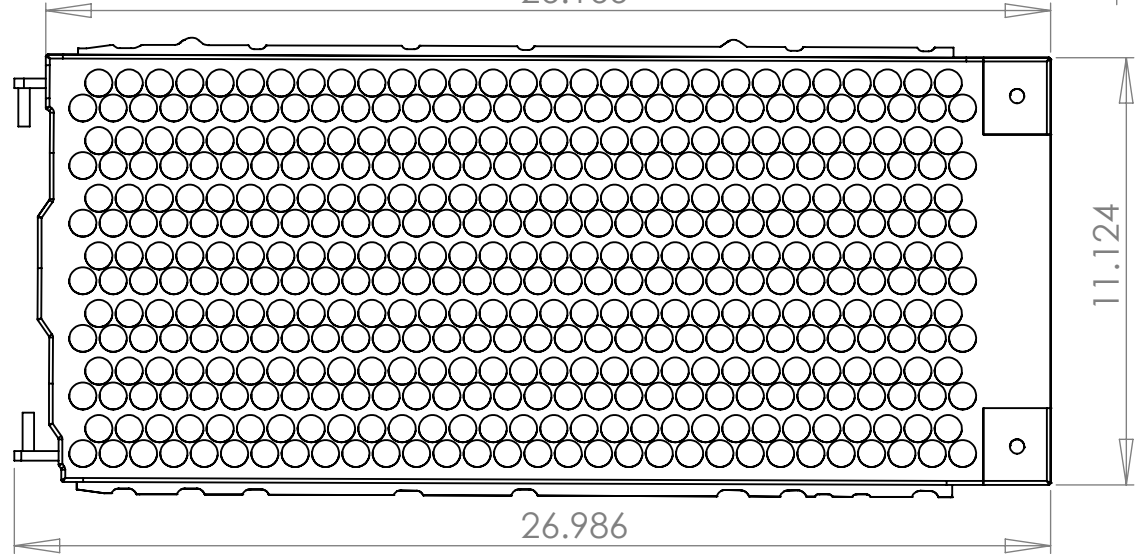
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:			
DIMENSIONS ARE IN MM			
TOLERANCES UNLESS OTHERWISE STATED:			
ANGULAR: MACH±0.5°	DRAWN	AFN	2022-06-17
BEND±1.0°	ENG APPR.	PBG	2022-06-17
LINEAR ±0.25	MFG APPR.		
1.6 √UOS			
INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER: ASME Y 14.5			
NO BURRS OR SHARP EDGES / SEE CAD MODE FOR DIMENSIONS NOT SHOWN			
MATERIAL			
FINISH			

 Wilsonville and Hood River, OR - USA		TITLE:	
		SR309/220	
SIZE	DWG. NO.		
<b>B</b>	0A-0047-01		
SCALE: 1:2	WEIGHT: SEE NOTE	SHEET 2 OF 2	

A

A

8 7 6 5 4 3 2 1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL  
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS  
 DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF  
 <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY  
 REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE  
 WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF  
 <INSERT COMPANY NAME HERE> IS  
 PROHIBITED.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN INCHES  
 TOLERANCES:  
 MATERIAL  
 FINISH  
 DO NOT SCALE DRAWING

	NAME	DATE
DRAWN		
CHECKED		
COMMENTS:		

TITLE:		
DWG. NO.		REV
Model S Batt		
SCALE: 1:10	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1