



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

**ANÁLISIS DE VEHÍCULOS INDUSTRIALES
HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS.
NOVEDADES TÉCNICAS Y PERICIALES.**

Autor:

Galán Cenalmor, Rodrigo

Tutor:

San Martín Ojeda, Moisés Luís

Departamento:

Ingeniería Eléctrica

Valladolid, Septiembre 2019.

RESUMEN DEL PROYECTO:

En el presente TFG se realiza un análisis detallado de los componentes que forman los vehículos híbridos eléctricos más actuales, indicando la manera en que funcionan y las principales características que tienen. Los más importantes son la batería de tracción, el motor eléctrico, inversor y convertidor, el cargador integrado y el sistema reductor.

Se desarrollará la manera en que funcionan el vehículo híbrido y eléctrico, diferenciando los distintos tipos que hay según la configuración de sus componentes, indicando las ventajas e inconvenientes en cada caso.

Además, se estudiará la importancia que tiene la movilidad eléctrica en la sociedad actual, mostrando la evolución del mercado y la infraestructura existente.

Por último, para evaluar la dañabilidad que puede sufrir un vehículo eléctrico y sus componentes, se ha realizado una serie de pruebas de impacto de la Nissan e-NV200 en CESVIMAP, con el objetivo de comparar los costes con su versión térmica.

PALABRAS CLAVE:

Movilidad eléctrica, híbrido, eléctrico, componentes, infraestructura de recarga.

ÍNDICE DE FIGURAS:

- Figura 2.1: Generación de CO ₂ por pasajero en función del tipo de transporte.....	7
https://noticias.eltiempo.es/que-medio-de-transporte-contamina-mas/ (17/09/2019)	
- Figura 3.1: Posibles configuraciones en la conexión de las celdas de una batería.....	13
- Figura 3.2: Componentes básicos de una celda recargable.....	13
- Figura 3.3: Estructura de una batería	15
https://bateriasweb.com/baterias-agm-que-son/ (18/06/209)	
- Figura 3.4: Estructura de una batería.....	16
- Figura 3.5: Organización de las celdas de una batería de vehículo eléctrico Nissan Leaf...17	
https://www.google.es/search?biw=1280&bih=881&tbm=isch&sa=1&ei=pcglXfmBNM6djLsPur2IkAk&q=bateria+nissan+lear&oq=bateria+nissan+lear&gs_l=img.3...4573.8287..8446...0.0..1.333.2666.8j7j3j1.....0....1..gws-wiz-img.....0..0i67j0i0i24.a3o1XsOSJps#imgrc= (18/06/209)	
- Figura 3.6: Partes de una batería Pb-Ácido	20
https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-fotovoltaica/baterias-o-acumuladores-l37004 (19/06/209)	
- Figura 3.7: Batería Pb-Ácido. Cargada (izquierda) y descargada (derecha).....	21
- Figura 3.8: Esquema de una batería Ni-Cd.....	22
- Figura 3.9: Curvas de descarga de batería Ni-Cd.....	23
- Figura 3.10: Batería de NiMH.....	24
- Figura 3.11: Reacción de los electrodos de una batería de NiMH.....	24
- Figura 3.12: Intersección de iones en una batería Ion-Litio.....	26
- Figura 3.13: Esquema de funcionamiento de una batería Ion-Litio.....	27
https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/03/14/baterias-de-coches-electricos-e-hibridos-hoy-estado-de-la-tecnologia-del-automovil/ (20/06/209)	
- Figura 3.14: Curvas de potencia y energía vs temperatura de las baterías Ion-Litio.....	28
- Figura 3.15: Batería Ion-Litio.....	29
https://talleractual.com/tecnic/electronica-y-electricidad/2802-vehiculos-hibridos-o-electricos-parte-3 (09/07/209)	
- Figura 3.16: Ubicación batería LiPo en el vehículo Hyundai Ioniq.....	30
- Figura 3.17: Curvas de descarga de baterías LiPo a distintas temperaturas.....	31
https://www.researchgate.net/figure/Figura-16-Prueba-de-capacidad-de-acumulador-ion-litio-polimero-De-la-figura-anterior-se_fig6_322753108 (20/06/209)	
- Figura 3.18: Evolución de la batería de Ion-Litio a Estado Solido.....	32
https://espirituracer.com/reportajes/la-proxima-revolucion-baterias-de-estado-solido/ (20/06/209)	
- Figura 3.19: Batería Metal-Aire.....	34
https://forococheselectricos.com/2017/05/tesla-actualiza-su-patente-para-recargar-baterias-de-metal-aire.html (20/06/209)	
- Figura 3.20: Supercondensadores empleados en el bus MAN Lion'S City Hybrid.....	36
- Figura 3.21: Disposición del BMS.....	37
- Figura 3.22: Ubicación de las baterías de alta tensión en el techo del bus.....	39

	https://es.slideshare.net/bluecomando/mauricio-osses (17/07/2019)	
- Figura 3.23: Precio (\$/kWh) y densidad de energía (Wh/l).....		40
	https://www.phineal.com/es/baterias-la-siguiente-revolucion-de-la-energia/ (22/07/2019)	
- Figura 3.24: Evolución del precio de las baterías en €/kWh		43
- Figura 3.25: Curvas Par-Potencia Ideal VS Motor eléctrico.....		45
- Figura 3.26: Clasificación de los motores eléctricos.....		45
- Figura 3.27: Motor de corriente continua sin escobillas (Brushless).....		46
	https://1mecanizadoelarenal.files.wordpress.com/2013/11/motores-brushless.pdf (08/07/2019)	
- Figura 3.28: Rotor de jaula de ardilla.....		47
	https://es.scribd.com/doc/64610553/Tipos-de-Motores-Asincronos-Trifasicos-o-de-Induccion (08/07/2019)	
- Figura 3.29: Rotor de bobinado.....		48
	http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs/APUNTES_MAQUINAS_ELECTRICAS-U_3_v1.1.pdf (08/07/2019)	
- Figura 3.30: Motor de inducción Tesla Model S		49
	http://ecoelectro.com.ua/image/data/eCar/elektromobil-tesla-model-s-18.jpg (08/07/2019)	
- Figura 3.31: Motor síncrono de imanes permanentes.....		50
	http://www.aficionadosalamecanica.com/coche-electrico_control.htm (08/07/2019)	
- Figura 3.32: Motor de reluctancia variable.....		51
- Figura 3.33: Esquema de un motor de reluctancia variable.....		51
- Figura 3.34: Configuraciones del motor de flujo axial.....		52
- Figura 3.35: Motor de flujo axial integrado en la rueda del vehículo.....		52
	https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/motor-intrarrueda-llegano-revolucionar-coche-electrico/20180108105908016667.html (08/07/2019)	
- Figura 3.36: Variación de la curva características del Par, al variar la tensión y frecuencia.....		54
- Figura 3.37: Inversor Nissan Leaf.....		55
	https://forococheselectricos.com/2013/04/el-inversor-funcionamiento-y-novedades.html (08/07/2019)	
- Figura 3.38: Esquema del paso de CC de la batería por el inversor y entrada al motor como CA.....		56
- Figura 3.39: Esquema de carga de baterías con cargador integrado.....		56
- Figura 3.40: Recarga de un vehículo eléctrico.....		57
- Figura 3.41: Esquema de carga de dos baterías y un convertidor en el vehículo.....		58
- Figura 3.42: Esquema de la transmisión eléctrica de un vehículo.....		58
- Figura 3.43: Reductor.....		59
- Figura 3.44: Señal de advertencia por riesgo eléctrico.....		60
	http://senalesindustriales.g3d.cl/producto/advertencia-riesgo-electrico/ (08/07/2019)	
- Figura 3.45: Distribución de la cablería de alta tensión en un vehiculó híbrido.....		60

https://talleractual.com/tecnica/electronica-y-electricidad/2802-vehiculos-hibridos-o-electricos-parte-3 (09/07/2019)	
- Figura 4.1: Funcionamiento básico del vehículo híbrido.....	64
- Figura 4.2: Sistema híbrido en serie.....	65
https://www.actualidadmotor.com/sistemas-hibridos-evolucion-tecnica/ (09/07/2019)	
- Figura 4.3: Sistema híbrido en paralelo.....	67
https://www.actualidadmotor.com/sistemas-hibridos-evolucion-tecnica/ (09/07/2019)	
- Figura 4.4: Engranaje planetario Toyota Prius.....	68
- Figura 4.5: Sistema híbrido combinado.....	68
https://www.actualidadmotor.com/sistemas-hibridos-evolucion-tecnica/ (09/07/2019)	
- Figura 4.6: Sistema Start/Stop.....	69
https://www.actualidadmotor.com/sistemas-hibridos-evolucion-tecnica/ (31/07/2019)	
- Figura 4.7: Elementos del sistema Start/Stop.....	70
- Figura 4.8: Ciclo de homologaciones NEDC y WLTP.....	71
http://www.circulaseguro.com/wtlp-nuevo-ciclo-homologacion-vehiculos/ (31/07/2019)	
- Figura 4.9: Esquema de funcionamiento de un híbrido de 48 V.....	72
http://www.diarionorte.com/article/172368/mild-hybrid-el-futuro-electrico-urge (02/08/2019)	
- Figura 4.10: Matriculaciones de híbridos no enchufables en España.....	75
https://noticias.coches.com/informes/guia-de-compra-coches-hibridos/171059 (12/08/2019)	
- Figura 4.11: Puerto de carga de un PHEV.....	76
https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/377/140.pdf (27/08/2019)	
- Figura 4.12: Recarga en vía urbana de los PHEV.....	77
https://anfac.com/actualidad/notas-de-matriculacion/las-matriculaciones-de-vehiculos-electrificados-hibridos-y-de-gas-crecen-un-227-en-junio/ (04/08/2019)	
- Figura 4.13: Niveles de hibridación.....	77
- Figura 4.14: Evolución del mercado automovilístico de fuentes de energía alternativas.....	78
- Figura 4.15: Funcionamiento de un vehículo FCHV. Vehículo Toyota Mirai.....	80
https://www.elmundo.es/motor/2018/04/13/5ad0cb62e5fdea12088b459a.html (13/08/2019)	
- Figura 4.16: Híbrido de pila de combustible.....	80
https://www.motorpasion.com/tecnologia/coches-de-hidrogeno-asi-funciona-esta-tecnologia-de-cero-emisiones (16/07/2019)	
- Figura 4.17: Esquema pila de combustible.....	81
- Figura 4.18: Mapa de hidrogeneras en España.....	83
http://auto.cnh2.es/mapa-hidrogeneras/ (13/08/2019)	
- Figura 4.19: Mapa de hidrogeneras en Europa.....	83

http://apilados.com/blog/64-nuevas-hidrogenas-se-abierto-mundo-2017/ (13/08/2019)	
- Figura 4.20: Bus de pila de combustible de hidrogeno.....	84
https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/152-nuevos-autobuses-electricos-pila-combustible-hidrogenoeuropa/20180129081629017102.html (14/08/2019)	
- Figura 5.1: Evaluación del Ciclo de Vida.....	95
- Figura 5.2: Reducción prevista de CO ₂ hasta 2030.....	96
- Figura 5.3: Generación de energía eléctrica en España en 2018.....	97
https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/informe-de-energias-renovables/informe-2018 (27/08/2019)	
- Figura 5.4: Esquema de componentes del vehículo eléctrico.....	98
https://www.ecoticias.com/motor/67802/Componentes-principales-coche-electrico (27/08/2019)	
- Figura 5.5: Coche eléctrico de Robert Anderson.....	100
https://blog.gotrive.com/el-primer-coche-electrico-1832/#.XWjYYegzbc (30/08/2019)	
- Figura 5.6: La Jamais Contente, de Camille Jenatzy, 1899.....	100
https://blog.gotrive.com/el-primer-coche-electrico-1832/#.XWjYYegzbc (30/08/2019)	
- Figura 5.7: Anuncio publicitario del Detroit Electric en 1912.....	101
https://www.pinterest.it/pin/361343570073883349/ (30/08/2019)	
- Figura 5.8: Línea de ensamblaje de Ford.....	102
http://www.autos.com.ar/noticias-ford-celebra-los-100-anos-de-la-linea-de-montaje-un-hito-de-la-industria-mundial-l11469.htm (30/08/2019)	
- Figura 5.9: EV-1 de 1996.....	102
- Figura 5.10: Tesla Roadster, model del 2008.....	103
https://www.roadandtrack.com/new-cars/future-cars/news/g2965/photos-2008-tesla-roadster/ (02/09/2019)	
- Figura 5.11: Hitos históricos del vehículo eléctrico durante los siglos XIX y XX.....	104
- Figura 5.12: Ventas de vehículos electrificados y su cuota de mercado en 2018.....	105
https://movilidadelectrica.com/las-ventas-de-vehiculos-electricos-globales-2018/ (27/08/2019)	
- Figura 5.13: Porcentaje de ventas y crecimiento de los distintos mercados.....	105
https://movilidadelectrica.com/las-ventas-de-vehiculos-electricos-globales-2018/ (27/08/2019)	
- Figura 5.14: Proporción de vehículos de combustible alternativo y convencional en la flota automovilística de UE.....	106
https://www.acea.be/statistics/tag/category/share-of-alternative-fuel-vehicles-per-vehicle-segment (27/08/2019)	
- Figura 5.15: Proporción de nuevas matriculaciones en función del tipo de combustible en la UE.....	107
- Figura 5.16: Proporción de vehículos eléctricos en los distintos países miembros de la UE.....	108

https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/estados-unidos-supera-europa-venta-coches-electricos/20190319120702026410.html (28/08/2019)	
- Figura 5.17: Comparación del consumo energético entre vehículos convencionales y eléctricos.....	113
- Figura 5.18: Distintivo ambiental cero emisiones.....	114
- Figura 5.19: Comparación del Par y la Potencia ideal con otras tecnologías de motorización.....	115
- Figura 6.1: Conector Schuko.....	126
http://wallbox.eu/es/info/tipos-de-conectores-de-vehiculos-electricos.html (16/09/2019)	
- Figura 6.2: Conector SAE J1772 o Yazaki.....	126
https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/tipos-de-conectores-tipos-de-recarga-y-modos-de-carga (16/09/2019)	
- Figura 6.3: Conector Mennekes.....	127
https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/tipos-de-conectores-tipos-de-recarga-y-modos-de-carga (16/09/2019)	
- Figura 6.4: Conector Scame 3C.....	127
https://www.scame.com/documents/20143/243895002/ZP00910-E-1.pdf (16/09/2019)	
- Figura 6.5: Conector CHAdeMO.....	128
http://wallbox.eu/es/info/tipos-de-conectores-de-vehiculos-electricos.html (16/09/2019)	
- Figura 6.6: Conector COMBO CSS.....	128
http://wallbox.eu/es/info/tipos-de-conectores-de-vehiculos-electricos.html (16/09/2019)	
- Figura 6.7: Recarga de bus eléctrico mediante pantógrafo.....	130
https://tecvolucion.com/autobuses-electricos-recargan-durante-paradas/ (16/09/2019)	
- Figura 6.8: Normativa de instalaciones de recarga.....	131
https://www.eic.cat/gfe/docs/19650.pdf (16/09/2019)	
- Figura 6.9: Puntos de carga en la Península Ibérica.....	134
- Figura 6.10: Demanda de energía en tiempo real el día 5 de Septiembre de 2019.....	138
- Figura 6.11: Imagen explicativa de los beneficios de la recarga nocturna para el aplanamiento de la curva de demanda.....	138
- Figura 7.1: Instalaciones de CESVIMAP, en Ávila.....	145
https://www.cesvimap.com/centro-seguridad-vial/es/quienes-somos/ (09/09/2019)	
- Figura 7.2: Paragolpes delantero Nissan e-NV200. Material: Polipropileno + Etileno-Propileno-Monómero con carga reforzante de Talco (T) un 15%.....	146
- Figura 7.3: Nissan e-NV200.....	149
- Figura 7.4: Puertos de carga de Alto Voltaje.....	150
- Figura 7.5: Dimensiones del vehículo.....	151
- Figura 7.6: Precio Nissan e-NV200.....	155
http://www.nissan.es	
- Figura 7.7: Componentes de la transmisión eléctrica de Nissan e-NV200.....	156

- Figura 7.8: Izq: medición hueco del motor con compas de varas. Der: medición hueco portón trasero.....	158
- Figura 7.9: Izq: medición hueco puerta conductor. Der: medición hueco portón lateral de carga.....	15
- Figura 7.10: Izq: Medición estructura interna. Der: Sensor en soporte de traviesa delantera.....	159
- Figura 7.11: Esquema del chasis y puntos de medición.....	160
- Figura 7.12: Protecciones frente a impacto delantero y trasero.....	161
- Figura 7.13: Desconexión de los fusibles del sistema de alta tensión.....	162
- Figura 7.14: Retirada de la tapa de seguridad del conector de servicio.....	162
- Figura 7.15: Retirada del conector de servicio.....	163
- Figura 7.16: Carteles indicativos del riesgo eléctrico en el espacio de trabajo.....	163
- Figura 7.17: Alineación de las ruedas en bancada.....	164
- Figura 7.18: Colocación de las cadenas al eje delantero.....	165
- Figura 7.19: Medidas de seguridad y mediciones. Crash test trasero.....	166
- Figura 7.20: Medidas de seguridad y mediciones. Crash test delantero.....	167
- Figura 7.21: Colocación de adhesivos métricos.....	168
- Figura 7.22: Hojas a cumplimentar por el departamento de Electromecánica antes del impacto.....	169
- Figura 7.23: <i>Dummy</i> de 75 kg de peso.....	169
- Figura 7.24: Fijación de los acelerómetros a estructura rígida del vehículo.....	170
- Figura 7.25: Cartel luminoso informativo.....	170
- Figura 7.26: Esquema del Crash Test trasero.....	171
- Figura 7.27: Elementos que intervienen: 1-Barrera rígida, 2-Rail, 3-Accionamiento del freno de la barrera móvil, 4-Carro de arrastre, 5-Estacion de desenganche de la cadena.....	171
- Figura 7.28: Realización de los ensayos de velocidad y frenada de la barrera móvil rígida.....	172
- Figura 7.29: Situación del vehículo en el impacto trasero.....	173
- Figura 7.30: Medición de la temperatura de diferentes elementos de la carrocería exterior.....	173
- Figura 7.31: Zona de impactos en CESVIMAP.....	174
- Figura 7.32: Resultado Crash Test trasero y medición de las holguras tras golpe.....	176
- Figura 7.33: Variación de las holguras tras golpe trasero.....	177
- Figura 7.34: Resultado de la alineación tras impacto trasero.....	178
- Figura 7.35: Daños más importantes del Crash Test trasero.	179
- Figura 7.36: Daños en portón, paragolpes, bisagra, piloto y panel lateral.	180
- Figura 7.37: Evolución de la Aceleración/Tiempo de los acelerómetros en el impacto trasero.....	181
- Figura 7.38: Dirección positiva de los ejes X-Y del acelerómetro.....	182
- Figura 7.39: Gráfica Aceleración-velocidad frente al tiempo en el Crash Test trasero.....	183
- Figura 7.40: Estiraje mediante bancada para restablecer cotas de diseño.	184
- Figura 7.41: Sección parcial en el panel lateral trasero.	185
- Figura 7.42: Corte del faldón trasero y estiraje en bancada.....	186
- Figura 7.43: Presentación del recambio, soldadura y resultado de la reparación.	187

- Figura 7.44: Pintado de la Nissan e-NV200.	187
- Figura 7.45: Resultado final de la reparación trasera.	187
- Figura 7.46: Despiece de elementos traseros (1).....	189
- Figura 7.47: Despiece de elementos traseros (2).....	189
- Figura 7.48: Despiece de elementos traseros (3).....	190
- Figura 7.49: Despiece de elementos traseros (4).....	191
- Figura 7.50: Despiece de elementos traseros (5).....	191
- Figura 7.51: Despiece de elementos traseros (6).....	192
- Figura 7.52: Despiece de elementos traseros (7).....	193
- Figura 7.53: Informe peritación Audatex impacto trasero.....	197
- Figura 7.54: Cartel luminoso informativo.....	200
- Figura 7.55: Esquema del Crash Test delantero.....	201
- Figura 7.56: Realización de los ensayos de velocidad.....	201
- Figura 7.57: Situación del vehículo en el impacto delantero.....	202
- Figura 7.58: Comprobaciones justo antes de impacto delantero.....	202
- Figura 7.59: Zona de impactos en CESVIMAP.....	203
- Figura 7.60: Comprobaciones <i>departamento de Electromecánica</i>	204
- Figura 7.61: Resultado Crash Test delantero.....	205
- Figura 7.62: Variación de las holguras tras golpe delantero.....	206
- Figura 7.63: Resultado de la alineación tras impacto delantero.....	207
- Figura 7.64: Daños más importantes del Crash Test delantero.....	209
- Figura 7.65: Evolución de la Aceleración/Tiempo de los acelerómetros en el impacto delantero.....	210
- Figura 7.66: Desmontaje del frente delantero.....	211
- Figura 7.67: Desmontaje de elementos interiores del frente delantero.....	212
- Figura 7.68: Reparación en bancada y ajuste de recambios.....	213
- Figura 7.69: Presentación de las piezas sustituidas.....	213
- Figura 7.70: Reparación de la aleta izquierda.....	213
- Figura 7.71: Reparación del capó y sustitución de las bisagras.....	214
- Figura 7.72: Últimos ajustes del frente delantero.....	214
- Figura 7.73: Pintado del frente de la Nissan e-NV200.....	215
- Figura 7.74: Montaje de la batería de alta tensión en la Nissan e-NV200.....	215
- Figura 7.75: Resultado final de la reparación delantera.....	216
- Figura 7.76: Despiece de elementos delanteros (1).....	217
- Figura 7.77: Despiece de elementos delanteros (2).....	217
- Figura 7.78: Despiece de elementos delanteros (3).....	218
- Figura 7.79: Despiece de elementos delanteros (4).....	219
- Figura 7.80: Despiece de elementos delanteros (5).....	219
- Figura 7.81: Informe peritación Audatex impacto delantero.....	224
- Figura 7.82: Palanca de cambios Nissan e-NV200.....	227
- Figura 7.83: Recorrido de la prueba de circulación urbana.....	228
- Figura 7.84: Comparación de datos obtenidos en la prueba en ciudad.....	230
- Figura 7.85: Recorrido de la prueba de circulación interurbana.....	231
- Figura 7.86: Perfil topográfico recorrido interurbano.....	231
- Figura 7.87: Comparación de datos obtenidos en la prueba en carretera.....	234

- Figura 7.88: Recorrido 1 de la prueba de circulación mixta.....	234
- Figura 7.89: Recorrido 2 de la prueba de circulación mixta.....	235
- Figura 7.90: Comparación de datos obtenidos durante prueba mixta.....	236

ÍNDICE DE TABLAS:

- Tabla 3.1: Energía específica de varias fuentes de energía	18
- Tabla 3.2: Características de las baterías Pb-Ácido	21
- Tabla 3.3: Características de las baterías Ni-Cd	23
- Tabla 3.4: Características de las baterías NiMH	25
- Tabla 3.5: Parámetros eléctricos de una celda Ion-Litio.....	26
- Tabla 3.6: Características de las baterías Ion-Litio	28
- Tabla 3.7: Características de las baterías LiPo	30
- Tabla 3.8: Comparativa batería Ion-Litio vs Supercondensador.....	35
- Tabla 3.9: Resumen de las características de los principales acumuladores.....	36
- Tabla 3.10: Estimación de la evolución de los precios de baterías.....	43
- Tabla 3.11: Ventajas y desventajas del motor eléctrico.....	44
- Tabla 3.12: Resumen tipos de motores.....	53
- Tabla 4.1: Matriculaciones de vehículos por tipo y fuente de energía en 2018 en España.....	74
- Tabla 4.2: Parque nacional de vehículos híbridos no enchufables.....	75
- Tabla 4.3: Comparativa del hidrogeno con otros combustibles.....	79
https://www.udc.es/export/sites/udc/gem/galeria_down/congresos/Copinaval_2011_103_USO_DE_HIDRxGENO_de_Troya_Calatayud_y_otros_.pdf_2063069294.pdf	
- Tabla 4.4: Resumen ventajas e inconvenientes de los vehículos híbridos.....	85
- Tabla 4.5: Listado de SUV y derivados de turismo híbridos.....	88
- Tabla 4.6: Listado de autocares y autobuses híbridos.....	90
- Tabla 4.7: Listado de camiones híbridos.....	91
- Tabla 5.1: Conceptos de los distintos vehículos eléctricos.....	99
- Tabla 5.2: Nuevas matriculaciones en la UE en 2018 de vehículos alternativos.....	108
- Tabla 5.3: Matriculaciones de vehículos por tipo y fuente de energía en 2018 en España.....	109
- Tabla 5.4: Parque nacional de vehículos eléctricos.....	110
- Tabla 5.5: Nuevas matriculaciones en la UE en 2018 de vehículos alternativos.....	110
https://elperiodicodelaenergia.com/los-mayores-fabricantes-del-mundo-de-baterias-para-coches-electricos-y-sus-diez-principales-clientes/(29/08/2019)	
- Tabla 5.6: Comparación Motor de combustión interna VS Motor eléctrico.....	111
- Tabla 5.7: Comparación de mantenimiento Vehículo Convencional y Vehículo Eléctrico.....	112
- Tabla 5.8: Resumen ventajas e inconvenientes de los vehículos eléctricos.....	116
- Tabla 5.9: Listado de SUV y derivados de turismo eléctricos.....	119
- Tabla 5.10: Listado de autocares y autobuses eléctricos.....	120
- Tabla 5.11: Listado de camiones eléctricos.....	122
- Tabla 6.1: Resumen de conectores eléctricos.....	129
- Tabla 6.2: Promedio de automóviles eléctricos por puntos de carga en cada comunidad autónoma.....	133
- Tabla 6.3: Ventaja de la recarga de VE en las hora valle del sistema eléctrico.....	136
- Tabla 6.4: Balance de energía eléctrica en España en el año 2018.....	137
- Tabla 6.5: Cuantía recibida en función de la categoría del vehículo	140
- Tabla 7.0: Parque nacional de vehículos en España en el año 2018.....	147

- Tabla 7.1: Resumen de características de la batería de alto voltaje.....	151
- Tabla 7.2: Componentes de la transmisión eléctrica de Nissan e-NV200.....	157
- Tabla 7.3: Medidas antes de impacto. Puntos delanteros: C y D. Punto trasero: O.....	160
- Tabla 7.4: Resumen condiciones de impacto trasero.....	175
- Tabla 7.5: Nomenclatura de los acelerómetros.....	181
- Tabla 7.6: Medidas después de impacto. Punto trasero: O.....	184
- Tabla 7.7: Medidas finales después de impacto.....	185
- Tabla 7.8: Recambio Nissan e-NV200 (1).....	188
- Tabla 7.9: Recambio Nissan e-NV200 (2).....	189
- Tabla 7.10: Recambio Nissan e-NV200 (3).....	190
- Tabla 7.11: Recambio Nissan e-NV200 (4).....	190
- Tabla 7.12: Recambio Nissan e-NV200 (5).....	191
- Tabla 7.13: Recambio Nissan e-NV200 (6).....	192
- Tabla 7.14: Recambio Nissan e-NV200 (7).....	192
- Tabla 7.15: Recambio Nissan e-NV200 (8).....	193
- Tabla 7.16: Coste total de las piezas de recambio trasero.....	194
- Tabla 7.17: Coste total material de pintura trasero.....	194
- Tabla 7.18: Comparación coste real-coste estimado, impacto trasero.....	195
- Tabla 7.19: Resumen desglosado de costes estimados Crash Test trasero.....	198
- Tabla 7.20: Resumen desglosado de costes reales Crash Test trasero.....	199
- Tabla 7.21: Comparación de costes piezas traseras entre distintos vehículos.	200
- Tabla 7.22: Resumen condiciones de impacto delantero.....	204
- Tabla 7.23: Medidas después de impacto delantero.....	212
- Tabla 7.24: Recambio Nissan e-NV200 (1).....	216
- Tabla 7.25: Recambio Nissan e-NV200 (2).....	217
- Tabla 7.26: Recambio Nissan e-NV200 (3).....	218
- Tabla 7.27: Recambio Nissan e-NV200 (4).....	218
- Tabla 7.28: Recambio Nissan e-NV200 (5).....	219
- Tabla 7.29: Coste total de las piezas de recambio delantero.....	220
- Tabla 7.30: Coste total material de pintura delantero.....	220
- Tabla 7.31: Comparación coste real-coste estimado, impacto delantero.....	221
- Tabla 7.32: Resumen desglosado de costes estimados Cras Test delantero.....	225
- Tabla 7.33: Resumen desglosado de costes reales Crash Test delantero.....	225
- Tabla 7.34: Comparación de costes piezas delanteras entre distintos vehículos.....	226
- Tabla 7.35: Resumen circulación urbana sin carga modo D.....	228
- Tabla 7.36: Resumen circulación urbana con carga modo D.....	229
- Tabla 7.37: Resumen circulación urbana sin carga modo ECO.....	229
- Tabla 7.38: Resumen circulación urbana con carga modo ECO.....	230
- Tabla 7.39: Resumen circulación en carretera sin carga modo D.....	232
- Tabla 7.40: Resumen circulación en carretera con carga modo D.....	232
- Tabla 7.41: Resumen circulación en carretera sin carga modo B.....	233
- Tabla 7.42: Resumen circulación en carretera con carga modo B.....	233
- Tabla 7.43: Resumen circulación mixta sin carga modo D.....	235
- Tabla 7.44: Resumen circulación mixta con carga modo D.....	236
- Tabla 7.45: Coste de la electricidad en función de la hora de carga.....	237

- Tabla 7.46: Comparación del listado de piezas dañadas.....	239
- Tabla 7.47: Desglose de costes Nissan NV200 – e-NV200.....	239
- Tabla 7.48: Comparación costes Nissan NV200 – e-NV200.....	239

Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.2. OBJETIVOS	4
2. ESTADO DEL ARTE	7
3. COMPONENTES NECESARIOS EN VEHÍCULOS DE PROPULSIÓN HÍBRIDA Y ELÉCTRICA	11
3.1. BATERÍA	11
3.1.1. Clasificación de las baterías:	11
3.1.2. Concepto de batería:.....	12
3.1.3. Características de una batería desde el punto de vista constructivo:	13
3.1.4. Parámetros funcionales de las baterías:	16
3.1.5. Tipos de baterías:.....	19
3.1.5.1. Batería de Plomo-Ácido (Lead Acid/Pb-ácido):	20
3.1.5.2. Batería de Níquel-Cadmio (NiCd):	21
3.1.5.3. Batería de Níquel-Metal Hidruro (NiMH):	24
3.1.5.4. Batería de Ion-Litio:	26
3.1.5.5. Batería de Polímero de Litio (LiPo):.....	29
3.1.5.6. Baterías Zebra o de sal fundida:	31
3.1.5.7. Baterías en investigación:.....	32
3.1.5.8. Tabla resumen de propiedades:.....	36
3.1.6. Sistema de gestión de baterías (BMS):	37
3.1.7. Conclusiones y problemas que presentan las baterías:.....	39
3.1.8. Cuidado y mantenimiento de las baterías:	41
3.1.9. Precio de las baterías:	42
3.2. MOTOR ELÉCTRICO	44
3.2.1. Tipos de motores eléctricos:	45
3.2.1.1. Motor de corriente continua sin escobillas (Brushless):	46
3.2.1.2. Motores asíncronos o de inducción:	47
3.2.1.3. Motor síncrono de imanes permanentes (CA):	49
3.2.1.4. Motores síncronos de reluctancia conmutada o variable:.....	51

3.2.1.5. Motores de flujo axial:.....	52
3.2.1.6. Tabla resumen de propiedades de los motores:.....	53
3.3. INVERSOR o REGULADOR ELÉCTRICO	54
3.4. CONVERTIDOR Y CARGADOR INTEGRADO	56
3.5. REDUCTOR	58
3.6. CABLERÍA DE ALIMENTACIÓN	60
4. VEHÍCULOS HÍBRIDOS.....	63
4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS	64
4.1.1. En función del tipo de configuración híbrida:.....	64
4.1.2. En función del grado de hibridación eléctrica (GHE) o tecnología alternativa empleada:	69
4.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS.....	84
4.3. LISTADO DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS	86
5. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	95
5.1. HISTORIA Y DESARROLLO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	99
5.2. EL MERCADO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	104
5.3. MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	111
5.4. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	113
5.5. LISTADO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	117
6. INFRAESTRUCTURA DE CARGA Y SUMINISTRO ELÉCTRICO PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS.....	125
6.1. INFRAESTRUCTURA DE RECARGA DESTINADA A LA MOVILIDAD ELÉCTRICA	125
6.1.1. Tipos de conectores:	126
6.1.2. Modos de carga:.....	129
6.1.3. Puntos de recarga actuales:	132
6.2. CARGA DE LAS BATERÍAS MEDIANTE FRENADA REGENERATIVA	135
6.3. EFECTOS SOBRE LA RED ELÉCTRICA Y EL MEDIO AMBIENTE	136
6.4. AYUDAS E INCENTIVOS PARA LA INTRODUCCIÓN DE LOS VEHÍCULOS ALTERNATIVOS EN EL PARQUE AUTOMOVILÍSTICO	139
7. CRASH TEST: NISSAN e-NV200	145
7.1. DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD DONDE SE REALIZA EL ENSAYO	145
7.2. OBJETIVOS DEL ENSAYO	146
7.3. RESUMEN DEL TRABAJO REALIZADO	148
7.4. PRESENTACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO: Nissan e-NV200	149
7.4.1. Elementos del sistema eléctrico:	156

7.5. DESARROLLO DEL ENSAYO CRASH TEST	158
7.5.1. Preparación de la zona de impactos y de los elementos que intervienen:	164
7.5.2. Impacto trasero:.....	170
7.5.2.1. Evaluación y descripción de los daños más importantes:.....	175
7.5.2.2. Comportamiento del vehículo frente al impacto:.....	180
7.5.2.3. Reparación de los daños:.....	183
7.5.2.4. Costes de la reparación:	188
7.5.3. Impacto delantero:	200
7.5.3.1. Evaluación y descripción de los daños más importantes:.....	204
7.5.3.2. Comportamiento del vehículo frente al impacto:.....	210
7.5.3.3. Reparación de los daños:.....	211
7.5.3.4. Costes de la reparación:	216
7.6. PRUEBAS DINÁMICAS CON LA NISSAN e-NV200	226
7.6.1. Recorrido urbano:	227
7.6.2. Circulación en carretera:.....	230
7.6.3. Circulación Mixta:	234
7.6.4. Conclusiones de la prueba dinámica:.....	236
7.7. COMPARATIVA DE LA REPARACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO FRENTE AL CONVENCIONAL.....	238
7.8. CONCLUSIONES DEL ENSAYO CON LA NISSAN e-NV200	240
8. CONCLUSIONES DEL PROYECTO	245
BIBLIOGRAFIA:.....	247



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.



1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1. INTRODUCCIÓN

Hace ya más de un siglo desde la creación del motor de combustión, y debido a los múltiples beneficios que tenía para la sociedad de la época experimentó un elevado crecimiento, muy superior al que tuvo el motor eléctrico creado unos años antes. El combustible empleado para la propulsión de los vehículos de combustión era un tipo de gasolina, un derivado del petróleo con gran energía específica. Pero la sociedad de la época no conocía los efectos negativos que esta fuente de energía tenía.

Hoy en día, la situación es muy distinta. El tráfico, los problemas de salud y cáncer prematuros, el mal olor del aire que respiramos, la dificultad del tratamiento del agua o residuos materiales debido a una sociedad consumista, el cambio climático y el agotamiento de las fuentes de energía no renovables, como el carbón o el petróleo, son noticias del día a día en nuestras vidas. En especial, tiene mayor relevancia la situación de las ciudades, donde la movilidad en transporte y la mala calidad del aire hacen que se convierta en un ambiente insostenible.

Estos factores hacen que las personas cada vez tengan una mayor conciencia de los problemas que conlleva usar este tipo de vehículos, ya que el transporte es uno de los sectores que más consume estas fuentes de energía no renovable, agravando los efectos sobre el medio ambiente. Además, los recursos naturales de la Tierra son limitados, y la posibilidad de su carencia ha llevado a los fabricantes de vehículos a buscar otras alternativas al uso del combustible fósil. Esto y la implantación de una normativa mucho más restrictiva en cuanto a la emisión de sustancias nocivas al medio ambiente han favorecido la investigación y desarrollo de unas fuentes de energía mucho más limpia, como la electricidad, pila de hidrógeno o la luz solar, y los fabricantes han tenido que buscar soluciones para reducir la contaminación procedente de sus vehículos.

Una de las principales soluciones que se quieren implantar es una flota completamente eléctrica. Bien es cierto que la movilidad eléctrica ha crecido mucho en los últimos años, pero sus principales inconvenientes como la escasa autonomía o infraestructura de carga frena su implantación. Por tanto, el campo que más ha avanzado ha sido la tecnología híbrida, en la que se combina el uso de un motor eléctrico y otro de combustión, funcionando de manera conjunta y consiguiendo una eficiencia del combustible más elevada que en los vehículos convencionales a la vez que se reduce el nivel de emisiones contaminantes. Con este tipo se consigue eliminar el problema de la autonomía que tienen los vehículos eléctricos. Pero lo cierto es que la tecnología híbrida tan solo es una transición entre los actuales vehículos de combustión interna y los eléctricos.

Por todo lo expuesto anteriormente, se hace necesario seguir investigando nuevas tecnologías que consigan mejorar los puntos débiles de la tecnología eléctrica en la automoción, como puede ser la autonomía de las baterías o su vida útil. Debido al desconocimiento que tiene el usuario acerca de los vehículos híbridos y eléctricos, en este proyecto se describirá y se analizará el funcionamiento de estos vehículos y la viabilidad de su integración en el mercado automovilístico.

Especial atención a aquellos vehículos industriales de características híbridas o eléctricas, que pese a estar en menos proporción en el parque automovilístico, tienen gran influencia sobre la economía del sector, gracias a los autobuses o vehículos destinados al transporte de mercancías.

1.2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto será analizar y describir el funcionamiento de los diferentes elementos que componen un vehículo de propulsión alternativa como son los híbridos y eléctricos. Se prestará especial atención a los componentes que funcionan con corriente a alta tensión y se describirá el funcionamiento conjunto del sistema.

Se analizará las ventajas e inconvenientes que tiene la movilidad eléctrica actualmente y se comparará con las del vehículo tradicional.

Se estudiará la viabilidad de la implantación de una flota completamente eléctrica en el mercado automovilístico, incidiendo en los factores que influyen en el crecimiento que está experimentando esta tecnología.

Se realizará un estudio económico de los costes de reparación de los vehículos eléctricos, mediante el ensayo de impacto de una furgoneta Nissan e-NV200 completamente eléctrica, y se comparará el resultado con su versión térmica. Esta parte del proyecto será abordada por el Centro de Experimentación y Seguridad Vial de MAPRFRE (CESVIMAP), empresa referente en el campo de la investigación del automóvil. Gracias a este ensayo, será posible conocer el impacto del vehículo eléctrico en el negocio asegurador.

Introducir las medidas de seguridad necesarias para la manipulación de vehículos híbridos y eléctricos, teniendo en cuenta la legislación vigente sobre el riesgo eléctrico para la salud humana. Se explicará el mecanismo de desconexión del sistema de alto voltaje en esta clase de vehículos, indicando la manera de actuar frente a un vehículo de esta clase siniestrado.



CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE.



2. ESTADO DEL ARTE

Una vez se ha explicado la importancia de los vehículos híbridos y eléctricos para la sociedad y la economía mundial, hay que destacar que no solo son importantes los turismos por ser la categoría de vehículo más numerosa, sino otras categorías que suponen un enorme gasto de combustibles fósiles y tienen porcentaje de emisiones contaminantes muy superior al de los vehículos. Estos vehículos, englobados dentro de los vehículos industriales, son los camiones, autocares y autobuses y la maquinaria de trabajo pesada.

Las normativas actuales cada vez ponen unas restricciones más firmes acerca de las emisiones contaminantes, y por eso los grandes fabricantes de vehículos industriales están en constante investigación y desarrollo para cumplir estas normativas y reducir sus emisiones, buscando la máxima eficiencia y sostenibilidad posibles. Como dato, indicar que las emisiones nocivas de los vehículos pesados representan el 27% del total en el sector transporte, una cifra muy elevada a la que hay que poner solución. Tal y como indica la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), en el año 2018 los vehículos por carretera son una de las principales fuentes de contaminación atmosférica en Europa.

En la siguiente Figura se puede observar el impacto medioambiental de cada medio de transporte en función de las emisiones de dióxido de carbono por pasajero y por kilómetro.

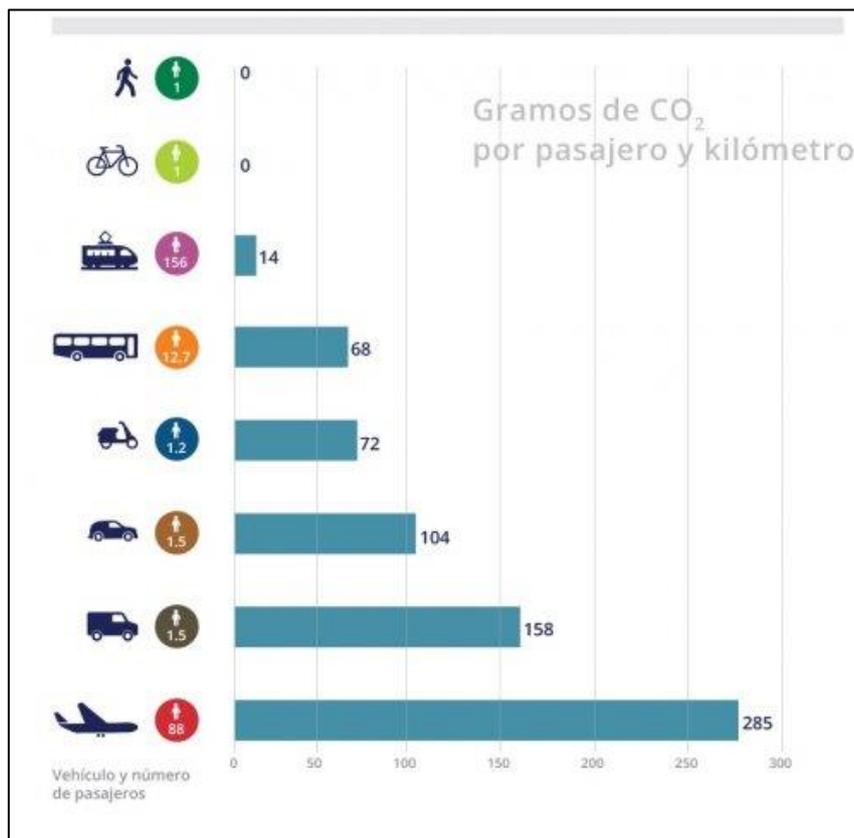


Figura 2.1: Generación de CO₂ por pasajero en función del tipo de transporte.
Fuente: Índice de figuras.

Como se observa en la imagen superior, los camiones son el segundo medio de transporte que más contamina. En cuanto a los autobuses, su contaminación es similar pero queda repartida entre todos los pasajeros que lo ocupan, por tanto resulta un medio de transporte muy recomendado para mejorar la habitabilidad de las ciudades, reduciendo la emisión de CO₂.

Por este motivo, se buscan maneras de conseguir hibridar y electrificar toda la flota de vehículos industriales, aunque esta tecnología no está tan implantada como en la categoría de turismos. Aunque en los últimos años, cada vez es más fácil encontrarse medios de transporte públicos, en especial los autobuses, que funcionan total o parcialmente electrificados.

Este retardo que lleva la tecnología eléctrica para establecerse en los vehículos industriales, puede deberse a los siguientes factores:

- El sector de los vehículos industriales avanza a un ritmo diferente. Los cambios tecnológicos se producen a un ritmo más lento, a pesar de los múltiples beneficios sociales, ambientales y económicos que conllevarían.
- Es necesario madurar la tecnología investigada antes de poder implantarla, ya que al inicio de utilizarla tendrá una fiabilidad más reducida, pudiendo acarrear grandes costes.
- Los componentes eléctricos necesarios para mover estos vehículos pesados necesitan una elevada potencia, como por ejemplo en los motores y las baterías. Esto hace que debido al uso constante que se da a los vehículos industriales, puedan sufrir una pérdida de vida útil relativamente prematura.

A pesar de estos inconvenientes, muchas marcas de vehículos industriales están fabricando modelos híbridos o eléctricos, basándose para ello en la tecnología empleada en los turismos. Por eso, es importante tener claros los distintos componentes existentes en la actualidad para comprender el funcionamiento generalizado de cualquier vehículo eléctrico. Tanto los componentes como el funcionamiento será explicando y desarrollado a lo largo de este proyecto.



CAPÍTULO 3

COMPONENTES NECESARIOS EN
VEHÍCULOS DE PROPULSIÓN HÍBRIDA Y
ELÉCTRICA.



3. COMPONENTES NECESARIOS EN VEHÍCULOS DE PROPULSIÓN HÍBRIDA Y ELÉCTRICA

Tanto la electrificación como la hibridación de un vehículo no son tareas fáciles de realizar debido a la complejidad de los elementos que deben de trabajar perfectamente acompañados para que el sistema funcione de la mejor manera posible. Además debido a la innovación tecnológica aplicada, es necesaria la obtención de unos buenos resultados relativos al consumo y a la emisión de residuos contaminantes.

Los vehículos híbridos, como se ha indicado anteriormente, están compuestos de dos motorizaciones diferentes, un motor de combustión interna junto con uno o varios eléctricos o una pila de combustible, y con un acumulador de energía. Están vistos como la transición de los vehículos térmicos convencionales a los eléctricos puros al ser más eficientes, pero no eliminan por completo la emisión de residuos contaminantes a la atmósfera ya que su uso en modo eléctrico es muy limitado. Además para el correcto funcionamiento de estos, es necesario introducir otros elementos fundamentales como un inversor y un BMS (battery management system), sistema electrónico encargado principalmente del funcionamiento óptimo y seguro de las baterías mediante el control de todos los parámetros implicados en el sistema.

En cuanto al vehículo completamente eléctrico, su funcionamiento es mucho más sencillo que el de un híbrido, ya que el número de componentes y de piezas es mucho menor. De esta manera se reduce tanto el mantenimiento como la posibilidad de sufrir averías. Junto a esto se une que no producen emisiones y son muy silenciosos, por tanto es un mercado completamente en auge. Por el contrario, este tipo de vehículos tiene mucho margen de mejora, ya que tiene serias desventajas como puede ser la escasa autonomía y los elevados tiempos de recarga.

3.1. BATERÍA

3.1.1. Clasificación de las baterías:

Una primera clasificación de las baterías puede venir dada por el uso que vayan a tener y la posibilidad de ser recargadas. En este sentido se definen dos tipos:

- **Baterías primarias:** Su reacción química es irreversible, es decir, una vez se ha descargado no permiten ser recargadas. Por lo tanto, una vez se haya descargado la energía almacenada, la batería debe de ser sustituida; son las denominadas *baterías desechables*. Son empleadas para requerimientos pequeños de potencia.

- **Baterías secundarias:** Su reacción química es reversible, por lo que después de que la batería se haya descargado pueden volver a ser cargadas suministrándolas corriente continua desde una fuente externa; son las denominadas *baterías recargables o acumuladores*. Tienen un amplio rango de capacidades y cada vez están adquiriendo un papel más importante en aplicaciones donde se requieren potencias elevadas, como puede ser en los vehículos eléctricos. [4]

3.1.2. Concepto de batería:

El componente principal en el desarrollo de todo vehículo híbrido o eléctrico es la batería. De ella dependen factores cruciales como la autonomía del vehículo y el mayor o menor coste de este. Con el objetivo de mejorar el rendimiento de los sistemas de baterías existentes y de desarrollar otros nuevos que cumplan las estrictas exigencias actuales se está promoviendo el estudio de esta tecnología, con el fin de:

- Aumentar la eficiencia energética del vehículo.
- Promover el cambio de los combustibles actuales por otras fuentes de energía más sostenibles como la electricidad.
- Disminuir las emisiones nocivas de los vehículos y su impacto en el medio ambiente.
- Mejorar la seguridad y prestaciones eléctricas de las baterías.

Los fabricantes especializados en el desarrollo y producción de baterías de tracción para vehículos buscan obtener una mayor capacidad y potencia en el menor volumen y peso posible. Por eso se trata de un amplio campo de investigación al que cada vez se van incorporando nuevas tecnologías que garantizan almacenar más energía en un menor espacio y con peso inferior, a un precio competitivo y con mayor vida útil, sin perder de vista su capacidad de reciclaje.

Una batería de tracción recargable es un elemento electroquímico capaz de convertir la energía eléctrica en energía química durante el proceso de carga, y de convertir la energía química en energía eléctrica durante la descarga. Estas conversiones son debidas a reacciones electroquímicas de oxidación/reducción. [5]. Para que estas conversiones puedan llevarse a cabo, es necesario dos electrodos metálicos vinculados mediante un medio llamado electrolito.

No hay que olvidar que las baterías son generadores secundarios, es decir, no pueden funcionar sin que se les haya suministrado electricidad previamente. Una vez cargadas, la energía química de los materiales activos de los electrodos se puede transformar directa y espontáneamente en energía eléctrica mediante reacciones red-ox reversibles. Estas reacciones llevan asociada una transferencia de electrones entre los electrodos.

Las baterías empleadas tanto en vehículos híbridos como en eléctricos tienen que ser capaces de soportar un elevado número de cargas y descargas durante su vida útil, sin perder capacidad de carga y permitiendo un funcionamiento correcto del conjunto de componentes. Debido a que la autonomía en modo eléctrico de los vehículos híbridos va a ser menor que en los eléctricos, las baterías tendrán menos capacidad, lo que conlleva a tener un menor tamaño y una instalación, en teoría, más fácil en el vehículo.

Un efecto importante que sufren las baterías es el llamado “efecto memoria”. Este fenómeno se produce cuando se realiza la carga de una batería sin haber sido descargada del todo, lo que conduce a la creación de una especie de cristales en el interior que van a debilitar los electrodos. Como consecuencia, la batería pierde capacidad real debido a las cargas incompletas.

3.1.3. Características de una batería desde el punto de vista constructivo:

Las baterías están compuestas de distintos elementos, en todas ellas comunes, pero con características diferentes, lo que otorga distintas propiedades según el tipo de batería. La unidad básica de una batería es la celda, pudiendo estar una batería constituida por varias celdas conectadas en serie o en paralelo con el fin de conseguir la capacidad y tensión deseadas.

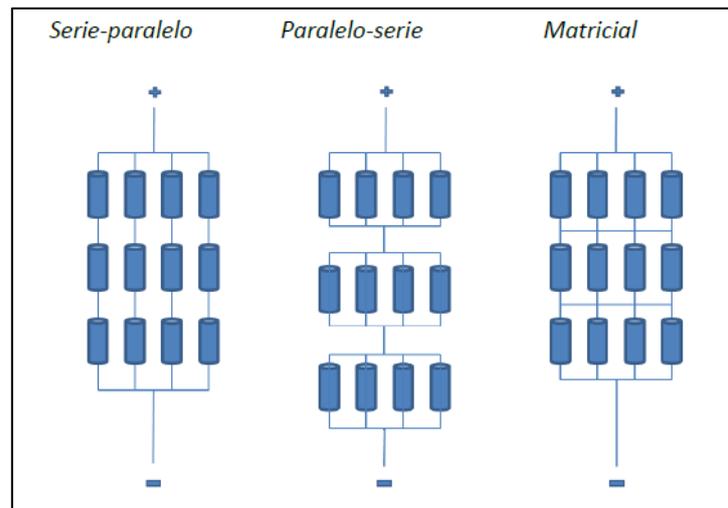


Figura 3.1: Posibles configuraciones en la conexión de las celdas de una batería.

Fuente: [1]

Una **celda electroquímica** funciona en base a un proceso de reacciones químicas de oxidación y reducción; la oxidación es un proceso de liberación de electrones, mientras que la reducción es un proceso de captación de electrones. La celda es la unidad básica de una batería y está compuesta por un ánodo y un cátodo recubiertos por una rejilla conductora y sumergida en un electrolito, estando ambos separados por un aislante eléctrico o separador. Las principales reacciones químicas se producen en las conexiones ánodo-electrolito o cátodo-electrolito, según se desarrollen los procesos de carga y descarga.

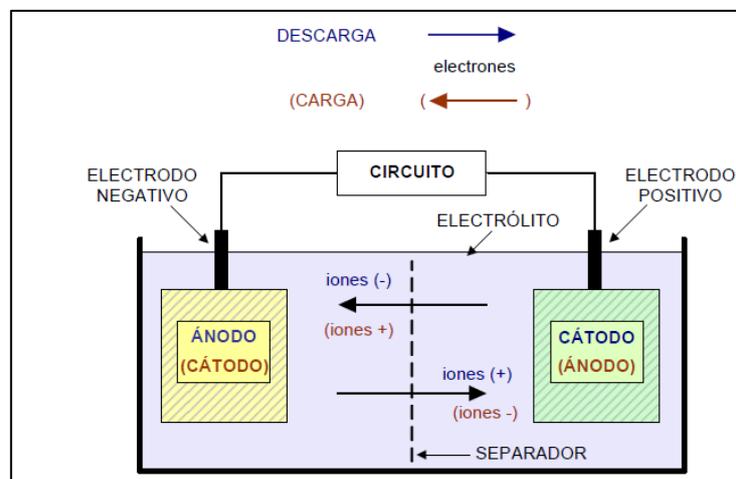


Figura 3.2: Componentes básicos de una celda recargable.

Fuente: [2]

Las principales características de cada uno de los componentes de una celda electroquímica son:

- **Cátodo o electrodo positivo:** Es el elemento que se reduce durante la descarga de la celda, aceptando electrones del circuito exterior aportados por el ánodo. Algunos ejemplos de electrodos positivos son el dióxido de plomo en baterías de plomo-ácido y una aleación de hidruro metálico en las baterías de níquel-metal hidruro.
- **Ánodo o electrodo negativo:** Es el elemento que se oxida durante la descarga de la celda, aportando electrones al circuito para que sean aceptados por el cátodo. Algunos ejemplos de electrodos negativos son el plomo en baterías de plomo-ácido y el hidróxido de níquel en las baterías de níquel-metal hidruro.

Durante la descarga, el ánodo aporta electrones debido a la oxidación y también genera iones positivos. De la misma forma, el cátodo produce iones negativos durante el proceso de aceptación de electrones.

Durante la carga, ocurren los mismos procesos electroquímicos debido a la reversibilidad de las reacciones de oxidación-reducción. Debido a la aportación de electricidad, el electrodo negativo se comportara como cátodo y el electrodo positivo actuara de ánodo.

Por lo general, el electrodo negativo está formado por un metal base y el electrodo positivo por un óxido metálico.

- **Rejilla:** Constituye la estructura mecánica del material activo y es el conductor eléctrico de la corriente generada por el sistema. Las características ideales que deben tener estos elementos son una elevada conductividad eléctrica, elevada resistencia mecánica y a la corrosión, buena adherencia de la superficie que se encuentre en contacto con el material activo y elevada sobretensión de desprendimiento de gases.
- **Material activo:** Elemento en el que se desarrollan las reacciones electroquímicas de oxidación/reducción. Es fundamental una fijación óptima de este con la rejilla para que su funcionamiento sea correcto. Las características buscadas en este elemento son una elevada tensión, lo que permite reducir el número de celdas a conectar en serie para alcanzar la tensión deseada; elevada eficiencia de las reacciones químicas que tienen lugar, que permite una eficiencia energética elevada en el proceso de conversión de la energía química en eléctrica y viceversa; bajo peso, para conseguir baterías mucho más ligeras; y que tenga una porosidad adecuada y buena cohesión, con lo que se consigue una celda con alta resistencia a esfuerzos mecánicos mejorando a su vez la estabilidad y fiabilidad durante los procesos de trabajo.
- **Electrolito:** Se trata de una solución acuosa ácida, de una base o de sales, cuya finalidad es funcionar como conductor iónico permitiendo la transferencia de electrones en el interior de la celda entre el ánodo y el cátodo. Las principales

características a tener en cuenta cuando se selecciona un electrolito son la alta conductividad iónica, buena estabilidad térmica, bajo efecto corrosivo sobre los electrodos, bajo nivel de impurezas y bajo coste.

- **Separador:** Es un elemento de gran importancia en la celda, ya que proporciona el aislamiento eléctrico necesario entre el ánodo y el cátodo, evitando así cortocircuitos entre electrodos de diferente polaridad mientras permite una libre circulación de iones a través del electrolito. Para que el funcionamiento de la celda sea óptimo, el separador debe poseer un elevado aislante eléctrico, adecuada porosidad y permeabilidad, alta resistencia a la oxidación y bajo grado de impurezas y contaminantes.
- **Contenedor o caja:** Recipiente que contiene a todos los elementos de la celda mencionados anteriormente. El contenedor proporciona el soporte y la rigidez necesaria a la batería, por lo que sus principales características son una elevada resistencia dieléctrica y a los impactos, y sobretodo buena resistencia a la corrosión por la acción de los agentes químicos que contiene.

En el interior del contenedor puede haber varias celdas interconectadas, proporcionando al conjunto una determinada tensión y capacidad. A este conjunto se le denomina “batería o monobloque”. Algunas cajas están equipadas con una válvula de seguridad, encargada de expulsar los gases generados en el interior. [1][2]

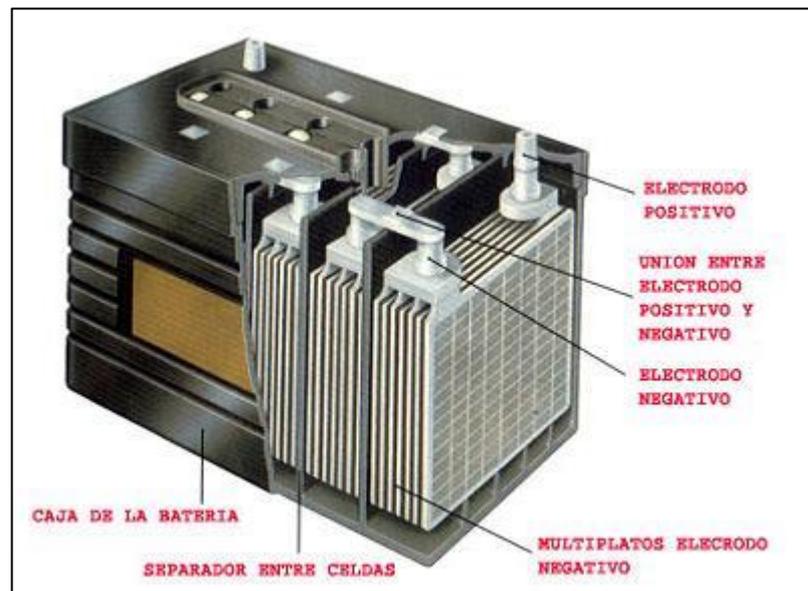


Figura 3.3: Estructura de una batería.
Fuente: Índice de figuras.

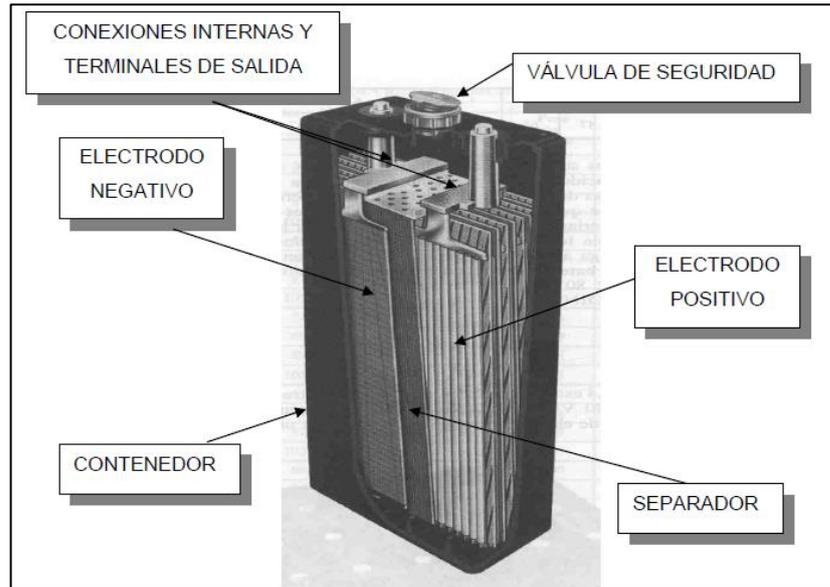


Figura 3.4: Estructura de una batería.

Fuente: [2]

3.1.4. Parámetros funcionales de las baterías:

Las características y prestaciones de las baterías estarán definidas por una serie de parámetros, los cuales regirán el funcionamiento de estas. Los parámetros electroquímicos utilizados para caracterizar una celda o batería son:

- **Tensión, voltaje o fuerza electromotriz:** Es un parámetro fundamental a la hora de elegir el tipo de batería. En función de las celdas de cada batería, y según estén conectadas en serie o paralelo, se obtendrá el potencial deseado en cada caso. Se distingue entre:
 - **Tensión en vacío (E_0):** Es la tensión que tiene una batería entre sus terminales cuando no se cierra el circuito entre ellos. El valor de este parámetro dependerá de la naturaleza de los electrodos y del electrolito, así como de la temperatura de funcionamiento. Esta tensión irá disminuyendo durante la descarga de la batería, debido a las transformaciones químicas que tienen lugar en el electrolito y al aporte de energía que realiza.
 - **Tensión en circuito cerrado (E):** Es la tensión que hay entre los terminales de una batería cuando el circuito se encuentra cerrado al estar conectada una carga. Es importante disponer de celdas con alto voltaje, ya que de esta forma se reduce el número de elementos a conectar en serie para obtener un alto voltaje nominal de la batería. A medida que la batería suministra energía a la carga la tensión disminuye. [4]

- **Capacidad (C):** La capacidad de una batería es la cantidad de carga eléctrica total, medida en amperios-hora (Ah) que puede suministrar o almacenar una batería. Se definen diferentes medidas de capacidad en función de las condiciones en las que se realiza la medida: [5]
 - **Capacidad nominal:** Capacidad que puede entregar una batería desde que está cargada completamente hasta alcanzar una tensión en descarga determinada, fijando unas condiciones de temperatura y patrón de descarga determinados. Dependerá fundamentalmente del régimen o velocidad de descarga, temperatura y tensión final a obtener. Estas condiciones estarán normalizadas por distintos organismos nacionales e internacionales.
 - **Capacidad real:** Capacidad que es capaz de entregar una batería desde su estado de plena carga hasta alcanzar la tensión de descarga en unas condiciones de funcionamiento diferentes a las fijadas para evaluar la tensión nominal. La capacidad real por lo general será menor que la capacidad nominal. Dependerá de la razón de descarga seguida y la temperatura ambiente en el momento de funcionamiento.
 - **Capacidad retenida:** Es la capacidad que conserva la batería después de un periodo de tiempo en reposo o sin actividad.



Figura 3.5: Organización de las celdas de una batería de vehículo eléctrico Nissan Leaf.

Fuente: Índice de figuras.

- **Potencia específica:** Potencia por unidad de peso que puede suministrar la batería durante la descarga. Su unidad de medida es el W/kg.
- **Energía:** Es función del voltaje y la cantidad de carga eléctrica que pueda almacenar. Su unidad es el Vatio-hora (Wh).

$$\text{Energía} = P \cdot t = V \cdot I \cdot t$$

- **Energía específica:** Es la energía que almacena la batería por unidad de masa, por tanto su unidad de medida es Wh/kg. [3]

ENERGÍA ESPECÍFICA DE ALGUNAS FUENTES DE ENERGÍA	
Fuente de energía	Energía específica (Wh/kg)
Hidrógeno	33.300
Gasolina	12.500
Gas natural	9.350
Carbón	8.200
Metanol	6.050
Batería de Li-Po	200
Batería de Ion-Li	120
Batería de ni-MH	50
Batería de Plomo-ácido	30
Condensadores de ultracapacidad	3,3

Tabla 3.1: Energía específica de varias fuentes de energía.
Fuente: Elaboración propia.

- **Densidad de energía:** También denominada “energía específica volumétrica”, indica la cantidad de energía eléctrica que se puede almacenar por unidad de volumen de batería. Se mide en Wh/l.
- **Sobrecarga:** Suceso que tiene lugar cuando se continúa cargando una batería una vez se ha perdido la eficiencia de las reacciones químicas durante la carga.
- **Autodescarga:** Pérdida de capacidad de una batería, debido a no estar conectada a una carga, es decir, por encontrarse en circuito abierto.
- **Estado de carga (SOC):** Porcentaje que indica el estado de la carga de la batería respecto al cien por cien de la capacidad cuando esta se encuentra completamente cargada. Es un aspecto fundamental, ya que nos permite conocer el tiempo de autonomía y el estado de cada celda, permitiendo comprobar si las celdas se cargan de manera uniforme y verificar que no realicen esfuerzos excesivos.
- **Profundidad de descarga (Depth Of Discharge-DOD):** Relación entre la capacidad en amperios-hora (Ah) entregada por una batería durante su descarga y la capacidad nominal de la misma.
- **Rendimiento:** Es la relación porcentual entre la energía eléctrica recibida en el proceso de carga y la que el acumulador entrega durante la descarga.

- **Tiempo de recarga normal:** Tiempo en horas (h) necesario para recargar completamente la batería. Suelen ser periodos de tiempos largos.
- **Tiempo de recarga rápida:** Es el tiempo necesario para restablecer la capacidad que ha sido descargada mediante una instalación de alta potencia, permitiendo la aceleración del proceso de carga. Los tiempos de forma habitual son inferiores a 3 horas.
- **Vida útil:** Tiempo que la batería puede seguir ofreciendo el servicio para el que ha sido diseñado al no haberse degradado sus características funcionales por debajo de unos límites predeterminados. También se define como el número de ciclos de carga/descarga que puede alcanzar la batería. Este tiempo está relacionado con el número de meses o años de funcionamiento de las baterías. [1][5]

3.1.5. Tipos de baterías:

Actualmente, la tecnología más empleada es la batería de Plomo-ácido por ser las primeras que se desarrollaron, mientras que las baterías basadas en la tecnología Níquel-metal hidruro están triunfando claramente en el sector de los vehículos híbridos, donde la equipan el 90% de la flota de vehículos. Aunque la situación de estas dos tecnologías se encuentra en declive en los últimos años gracias a irrupción en el mercado de las baterías denominadas Ion-litio, las cuales son equipadas en la mayoría de vehículos eléctricos, teléfonos móviles y ordenadores portátiles.

El objetivo perseguido por los investigadores y fabricantes es alcanzar unos determinados índices de funcionamiento, los cuales definen las prestaciones que los dispositivos electroquímicos pueden ofrecer. En la última década se ha mejorado en gran medida la tecnología relativa a las baterías, reduciendo su coste a la vez que se aumenta la capacidad de almacenamiento por unidad de peso y volumen, y eliminando en la medida de lo posible el efecto memoria, con el objetivo de permitir más ciclos de carga y mayor vida útil.

Todas las baterías que van a ser explicadas en este proyecto son de media y alta capacidad para trabajar bajo regímenes cíclicos de carga-descarga, diseñadas para ofrecer una elevada autonomía y las cuales se encuentran equipadas en todo tipo de vehículos híbridos o eléctricos: motocicletas, turismos, buses...

A continuación se explican los tipos de baterías más empleados en la actualidad, incidiendo en sus parámetros fundamentales.

3.1.5.1. Batería de Plomo-Ácido (Lead Acid/Pb-ácido):

Se trata de las baterías más antiguas (inventadas en 1859), por lo que su desarrollo ya está muy madurado. Esto hace que la mayoría de vehículos las lleven instaladas, gracias a su alta disponibilidad y bajo costo. Aproximadamente el 50% del mercado total de baterías tanto primarias como secundarias son de este tipo. [2]

La mayoría de vehículos de combustión interna las emplean como baterías de arranque o alimentación de sistemas, por lo que su tensión en estos casos es pequeña, de 6 o 12 V, con celdas de 2 V conectadas en serie, que proporcionan al circuito eléctrico corriente continua (CC). Están formadas por un depósito de ácido sulfúrico en el que se encuentran una serie de placas de plomo dispuestas alternadamente según sea su polaridad positiva o negativa. [4]

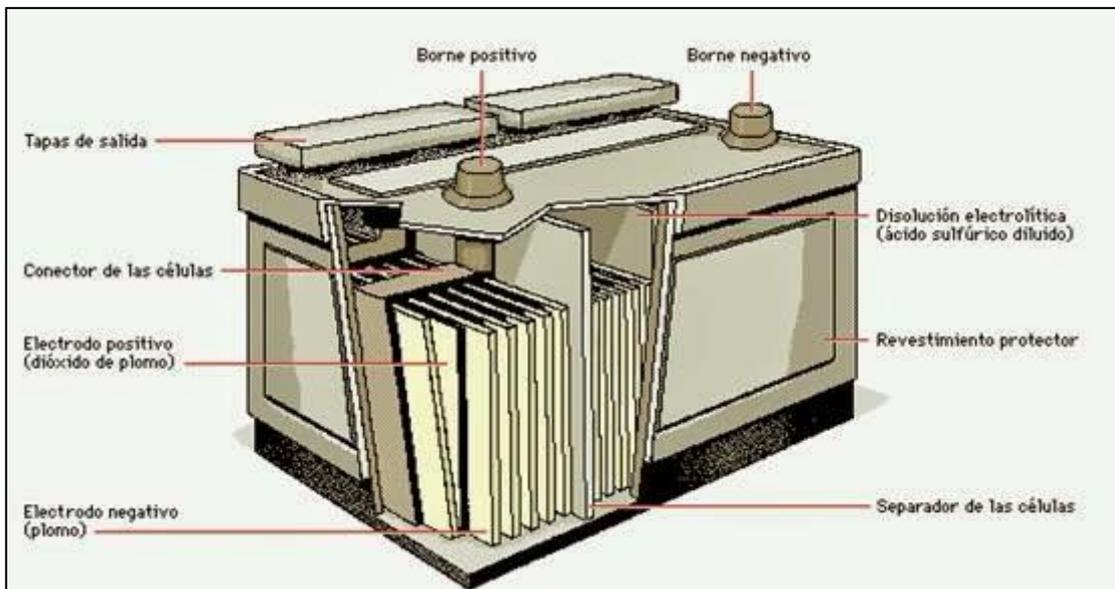
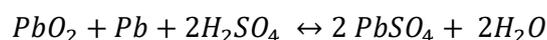


Figura 3.6: Partes de una batería Pb-ácido.

Fuente: Índice de figuras.

Durante la descarga, la corriente generada produce una reacción entre el electrodo positivo de dióxido de plomo (PbO_2) con el electrodo negativo de plomo puro (Pb) y el electrolito de ácido sulfúrico (H_2SO_4), formando sulfato de plomo ($PbSO_4$) y agua (H_2O). De esta forma, a medida que se descarga, baja la concentración de ácido sulfúrico. Aunque el proceso es reversible, nunca se alcanza una eficiencia de conversión del 100%, ya que los electrodos pierden material con cada descarga y además hay pérdidas de energía durante el ciclo carga-descarga.

Las reacciones que tienen lugar se muestran a continuación, indicándose de izquierda a derecha el proceso de descarga, y de derecha a izquierda la carga. [4][5]



(placa+) (placa-) electrolito

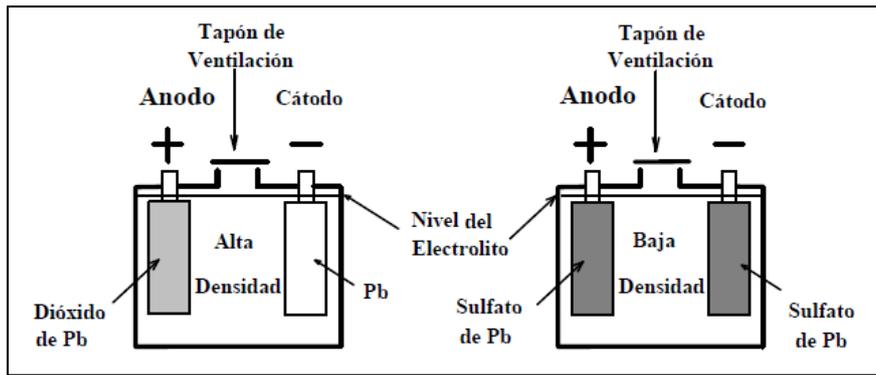


Figura 3.7: Batería Pb-ácido. Cargada (izquierda) y descargada (derecha).
Fuente: [22]

Las principales características de estas baterías vienen recogidas en la siguiente tabla:

Ánodo	Plomo puro esponjoso (Pb)
Cátodo	Dióxido de plomo (PbO ₂)
Electrolito	Disolución de ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)
Energía específica	30 – 50 Wh/kg
Potencia específica	180 W/kg
Densidad energética	60 – 110 Wh/l
Eficiencia de carga/descarga	Alta eficiencia 50 – 95%
Velocidad de autodescarga	Inferior al 5%/mes
Durabilidad	500 – 800 ciclos

Tabla 3.2: Características de las baterías Pb-ácido.
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a sus principales ventajas, destaca su facilidad de reciclado, bajo coste, buen comportamiento, buena capacidad para suministrar picos de corriente altos durante la descarga y su fiabilidad durante el funcionamiento. Por el contrario, sus principales desventajas son el bajo rango de energía específica y densidad energética, elevado peso debido a la alta densidad del plomo, elevados tiempos de recarga (entre 8 y 10 h), corta vida útil y poco aporte de autonomía, y sobre todo la presencia de compuestos tóxicos como el plomo y el riesgo de explosión.

Como conclusión, estas baterías no son adecuadas para aplicaciones donde se requieran un elevado número de ciclos carga/descarga, por lo que su desarrollo futuro está dirigido a aumentar su vida útil con un menor mantenimiento y una reducción del tiempo de recarga.

3.1.5.2. Batería de Níquel-Cadmio (NiCd):

Las baterías de níquel-cadmio constituyen una de las tecnologías de baterías más desarrolladas en la actualidad, aunque se encuentran en desuso debido a que incorporan materiales especialmente tóxicos, como es el cadmio, por lo que han sido prohibidas en

Europa. Debido a estas características se utilizan cada vez menos para el sector de la automoción, aunque se siguen empleando en electrodomésticos. [1]

Desde el punto de vista funcional, estas baterías tienen prestaciones superiores a las de Plomo-ácido, pero debido a lo expuesto anteriormente están siendo sustituidas por las de Níquel-metal hidruro (NiMH), ya que suponen un acumulador de energía menos tóxico.

Son un tipo de baterías recargables que emplean un cátodo de hidróxido de Níquel y un ánodo de Cadmio que se encuentran separados entre sí por una membrana semipermeable, y como electrolito utilizan una solución acuosa de una base, formada por hidróxido de Potasio.

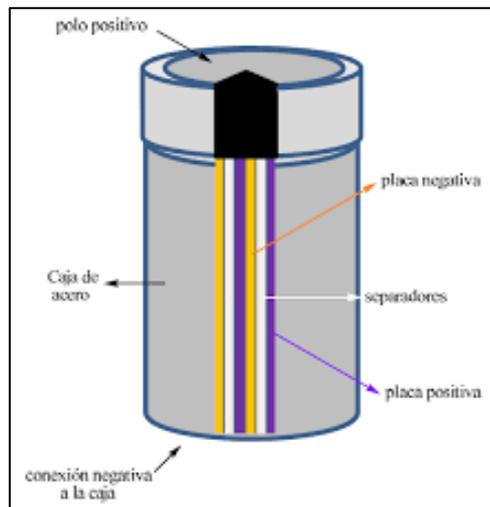
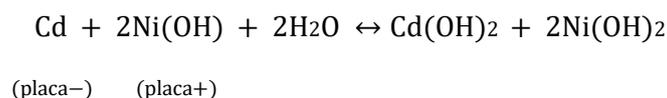


Figura 3.8: Esquema de una batería Ni-Cd.
Fuente: [11]

La reacción química que tiene lugar en la batería de Níquel-Cadmio es la siguiente:



El electrolito en este tipo de batería no forma parte de las reacciones electroquímicas que se producen, por lo que su concentración no varía prácticamente durante la carga-descarga de la batería. Esto hace que el punto de congelación del electrolito se mantenga invariable durante el ciclo de carga. [2]

En la proximidad del estado de plena carga, se produce un aumento súbito de la tensión de la batería lo que se traduce en un incremento de la resistencia interna. Este efecto de sobrecarga se denomina "Delta de Peak" y es empleado para determinar el fin del proceso de carga.

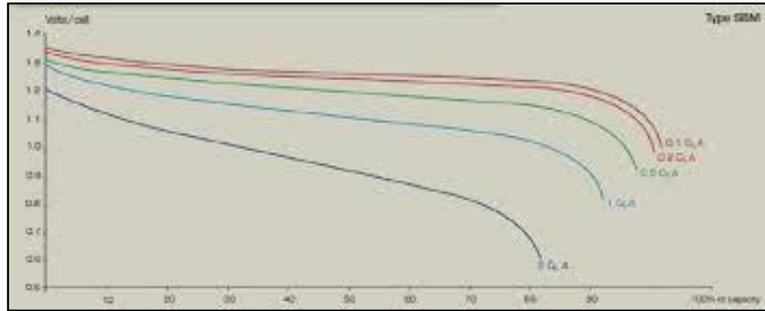


Figura 3.9: Curvas de descarga de batería Ni-Cd.
Fuente: [11]

Su comportamiento frente a regímenes de carga lenta es bueno, reduciendo las necesidades de mantenimiento ya que se evita la pérdida del agua del electrolito.

Entre sus características fundamentales destacan:

Ánodo	Cadmio
Cátodo	Hidróxido de Níquel
Electrolito	Hidróxido de Potasio
Energía específica	40 – 80 Wh/kg
Potencia específica	150 W/kg
Densidad energética	50 – 150 Wh/l
Eficiencia de carga/descarga	70 – 90%
Velocidad de autodescarga	Inferior al 10%/mes
Durabilidad	Más de 1.500 ciclos

Tabla 3.3: Características de las baterías Ni-Cd.
Fuente: Elaboración propia.

Entre sus ventajas se puede destacar su gran robustez, lo que las hace menos propensas a perder el electrolito. Tienen una fiabilidad de funcionamiento superior a las baterías de Plomo-ácido y su resistencia interna es muy inferior. Se comportan bien en un rango de temperaturas comprendidas entre los -40°C y los 60°C y se pueden seguir cargando cuando ya no admiten más carga, lo que es poco recomendable ya que se genera calor en este proceso deteriorando la batería.

A pesar de las ventajas que tienen, existen inconvenientes que han frenado su uso. El principal problema que presentan es el bajo valor de la tensión de la celda, de 1,29 V/celda, por lo que se requiere una conexión en serie de un número muy elevado de celdas para alcanzar una tensión determinada. El coste de estas baterías también es elevado, además si se tiene en cuenta que el Cadmio es altamente contaminante, dificultando las tareas de reciclado una vez se quedan fuera de servicio, aunque ya existen técnicas para el reciclado total. [10]. Por último, el efecto memoria es alto al cargarlas parcialmente o cuando se encuentran parcialmente cargadas, aunque este efecto no impide la carga rápida tomando las debidas precauciones indicadas por el fabricante.

3.1.5.3. Batería de Níquel-Metal Hidruro (NiMH):

El Níquel-Metal hidruro comenzó a introducirse en baterías comerciales a finales del siglo XX. Esta tecnología va teniendo cada vez un papel más importante en el mercado de baterías recargables que funcionen bajo regímenes cíclicos de carga-descarga, aunque tiene importantes competidores como son las baterías de Ion-Litio, de las que hablaremos más adelante.

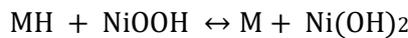
Tiene un rendimiento similar al de la batería de Níquel-cadmio, siendo la principal diferencia la composición de sus electrodos. Como cátodo se emplea Oxihidróxido de níquel (NiOOH) y como ánodo una aleación de hidruro metálico que mejora el comportamiento de la batería, aumentando la capacidad de carga por unidad de volumen. La sustitución del cadmio por una aleación metálica elimina el principal inconveniente de las baterías anteriores reduciendo el impacto ambiental y la dificultad de reciclar estas baterías. Generalmente se emplean dos tipos de aleaciones metálicas: Una conocida como aleación AB5 que se compone de Lantano-Níquel, y la otra denominada como AB2 con Titanio y Circonio. En cuanto al electrolito, al igual que en el tipo anterior, está compuesto fundamentalmente por hidróxido de Potasio.



Figura 3.10: Batería de NiMH.

Fuente: [1]

La reacción química que sucede en su interior es la siguiente:



(placa-) (placa+)

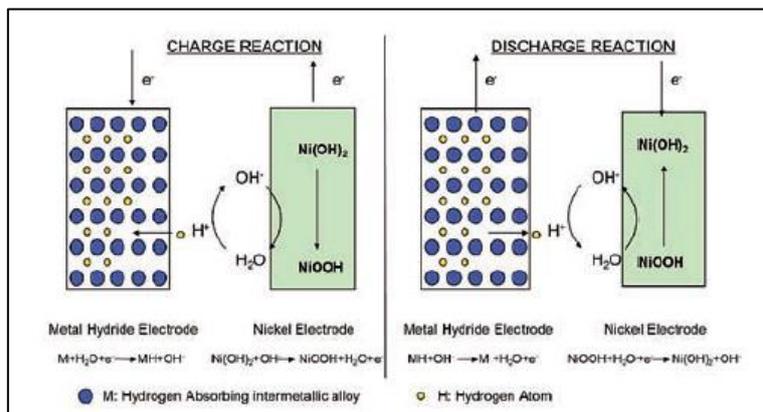


Figura 3.11: Reacción de los electrodos en una batería de NiMH.

Fuente: [6]

Cuando una batería de Níquel-Metal Hidruro se encuentra cargada, la aleación metálica permite almacenar hidrógeno que se ha generado durante la carga y liberarlo durante la descarga. Este electrodo negativo es el responsable de que se consiga una mayor capacidad por unidad de volumen que en las baterías Níquel-Cadmio.

La densidad de energía producida por las baterías NiMH es el doble que las de NiCd a voltajes similares, el peso es mejor y también se ha conseguido reducir el efecto memoria, se mantiene el empleo del efecto "Delta de Peak" para determinar el fin del proceso de carga.

Prácticamente la totalidad de las baterías de Níquel-Hidruro Metálico que se comercializan actualmente son selladas. Esto se debe a la presencia del hidrogeno como parte del material activo y la necesidad de querer conservar este compuesto, ya que la perdida de este material afectaría seriamente a la reversibilidad del sistema. Precisamente el principio de funcionamiento de esta tecnología se basa en las reacciones de absorción y desabsorción del hidrogeno en el electrodo negativo.

Sus características son las siguientes:

Ánodo	Aleación de hidruro metálico
Cátodo	Oxihidróxido de Níquel (NiOOH)
Electrolito	Hidróxido de Potasio
Energía específica	60 – 120 Wh/kg
Potencia específica	250 – 1000 W/kg
Densidad energética	140 – 300 Wh/l
Eficiencia de carga/descarga	50 – 70%
Velocidad de autodescarga	15 – 25%/mes
Durabilidad	1.000 ciclos

Tabla 3.4: Características de las baterías NiMH.

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla superior, las características son notablemente mejores a los dos tipos de baterías anteriores, lo que la convierte en una tecnología idónea para el sector de la automoción. A pesar de que la tensión de la celda es muy similar a las de NiCd, son más ligeras y tanto su densidad energética como la energía específica son superiores.

En cuanto a sus principales inconvenientes destaca su alto nivel de autodescarga, su pobre funcionamiento a temperaturas extremas debido a la degradación de la aleación metálica, y su elevado coste de fabricación. Además, durante los procesos de carga, la batería se calienta en exceso, por lo que deben llevar incorporadas un sistema de refrigeración.

Hasta ahora, estas baterías han sido muy utilizadas en vehículos híbridos, entre los que destacan fabricantes como Toyota y Honda. Su uso se va reduciendo, siendo la batería de Ion-Litio su principal sustituta.

3.1.5.4. Batería de Ion-Litio:

Las baterías de Litio-ion están formadas por celdas que utilizan compuestos de intercalación de Litio como materiales positivos y negativos. En el ciclo de una batería, los iones de Litio (Li^+) se alternan entre los electrodos positivos y negativos. El material activo del electrodo positivo o cátodo suele ser un óxido de metal, como por ejemplo el óxido de Litio-Cobalto (LiCoO_2) o el óxido de Litio-Manganeso (LiMn_2O_4). El ánodo suele ser un material de carbono, grafito o silicio. De esta forma, durante el ciclo de carga-descarga los iones de litio se inserta no se extraen del espacio intersticial de las capas atómicas que forman los materiales activos. [11]

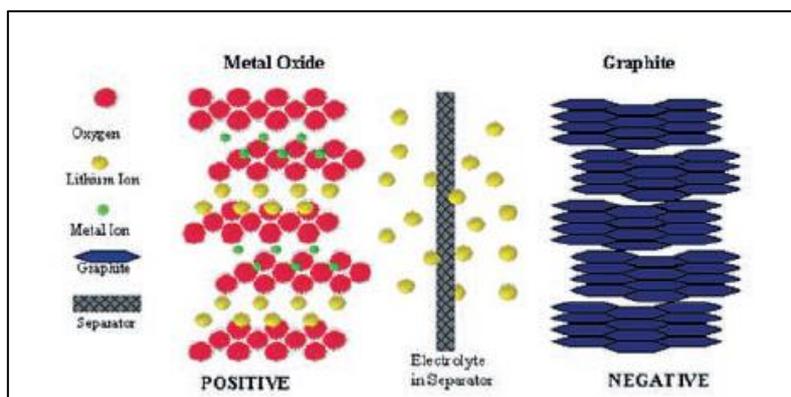


Figura 3.12: Intersección de iones en una batería Ion-Litio.
Fuente: [6]

En función del material empleado para los electrodos, las especificaciones eléctricas de la celda varían notablemente. En la tabla siguiente se muestran los valores de tensión y capacidad específica de una celda en función del material empleado:

Material del cátodo	Tensión media de la celda	Capacidad específica
LiCoO_2	3,7 V	0,140 Ah/g
LiMn_2O_4	4,0 V	0,100 Ah/g
LiFePO_4	3,3 V	0,150 Ah/g

Tabla 3.5: Parámetros eléctricos de una celda Ion-Litio. Fuente: [11]

Durante el proceso de carga, los átomos de litio existentes en el cátodo se transforman en iones de Litio que fluyen desde el electrodo positivo al electrodo negativo de Carbono a través del electrolito. Los electrones también van desde el electrodo positivo hacia el negativo, pero toman el camino más largo a través del circuito exterior. Una vez llegan al ánodo, los iones de Litio y los electrones se combinan, depositándose en el interior de las capas de Carbono como átomos de Litio.

Durante la descarga, los iones fluyen de vuelta a través del electrolito desde el electrodo negativo al electrodo positivo, a través del circuito externo. De nuevo, cuando los iones y los electrones se combinan en el electrodo positivo, se depositan en este como átomos de Litio.

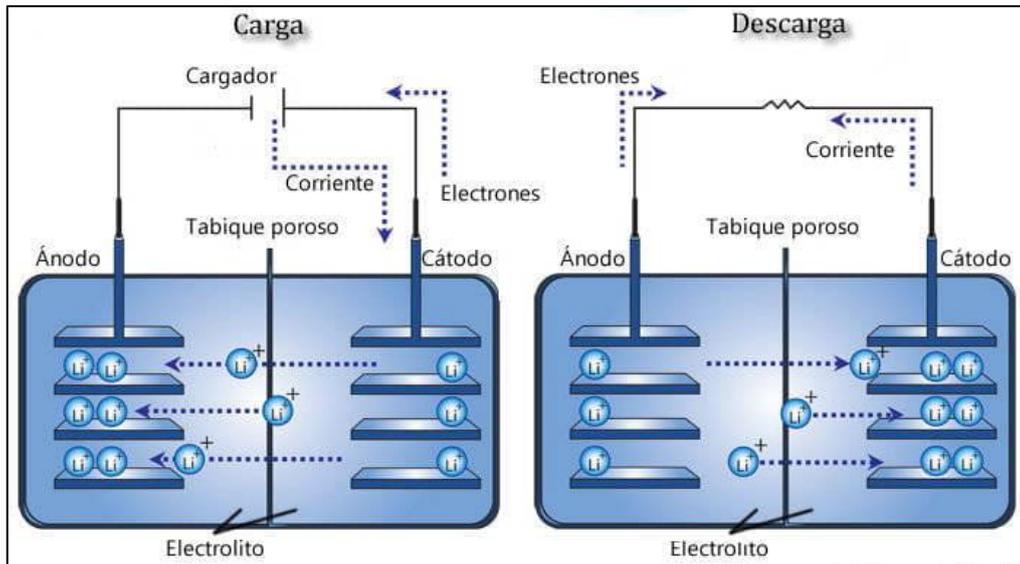


Figura 3.13: Esquema de funcionamiento de una batería Ion-Litio.

Fuente: Índice de figuras.

Debido a que el Litio es el metal más ligero que existe, ya que su peso atómico es muy bajo, tiene un gran potencial químico para crear baterías de gran capacidad y un peso reducido. Actualmente la mayoría de las baterías de litio emplean como cátodo el óxido de litio-cobalto (LiCoO_2), ya que presenta un buen rendimiento eléctrico, tiene buenas propiedades de seguridad y es relativamente insensible a las variaciones de procesos.

Pero el alto voltaje que soportan conduce a otro límite, llamado *vida de calendario*. Este efecto poco conocido, trata de la degradación de las baterías debido a la formación de capas en el electrolito debido a la deposición de los átomos de litio. Las capas se forman de manera progresiva en largos periodos de tiempo. El problema es que esto hace que aumente la resistencia interna de la batería, y cuando la capa es suficientemente grande acaba impidiendo el paso de los iones y por tanto terminando con la vida útil de la batería de forma temprana. La temperatura alta y la carga y descarga repetidas hacen que este factor se acentúe más rápido de lo habitual.

Otro aspecto importante en esta tecnología es que no sufren el efecto memoria. Aun así hay que tomar ciertas precauciones para evitar la prematura degradación de las baterías, como por ejemplo no cargarlas cuando tienen más del 50% de la capacidad y evitar que se descarguen por completo.

Estas baterías tienen un rango óptimo de funcionamiento que varía enormemente con la temperatura, teniendo su mejor eficiencia en ambientes suaves (de 15 a 25°C), aunque pueden funcionar entre los -20 y los 60°C. A temperaturas muy bajas o excesivamente altas, la autonomía se reduce drásticamente.

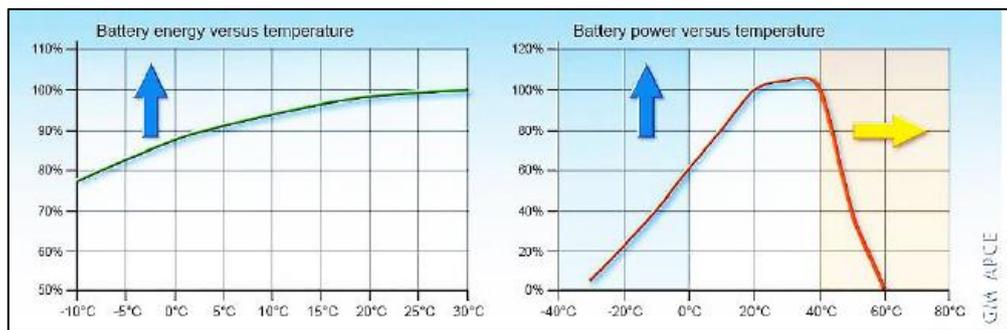


Figura 3.14: Curvas de potencia y energía vs temperatura de las baterías Ion-Litio.
Fuente: [1]

Sus parámetros más destacados son:

Ánodo	Grafito
Cátodo	Óxido de litio-metal
Electrolito	Disolución de una sal de Litio
Energía específica	75 – 250 Wh/kg
Potencia específica	420 W/kg
Densidad energética	300 – 400 Wh/l
Eficiencia de carga/descarga	80 - 95%
Velocidad de autodescarga	Inferior al 8%/mes
Durabilidad	3.500 ciclos

Tabla 3.6: Características de las baterías Ion-Litio.
Fuente: Elaboración propia.

Entre sus ventajas hay que hacer referencia a su gran capacidad específica por el bajo peso que tiene el litio; al escaso mantenimiento que requiere; reducido ratio de descarga y elevado número de ciclos carga-descarga que soporta. También pueden generar voltajes mucho mayores que las de NiMH, entre 3,3 y 4 V por celda.

En contra, hay que tener en cuenta la degradación que sufren se usen o no; la elevada influencia de la temperatura en su funcionamiento que hace que requiera de un circuito de protección y gestión de carga; el elevado costo de esta tecnología y el riesgo de ignición que existe ante posibles sobrecargas.

Hoy en día son uno de los tipos de baterías más empleados en el mercado, tanto en smartphones, ordenadores o tablets como en los más modernos vehículos eléctricos. Son integradas tanto en vehículos industriales como en el bus híbrido Volvo 7900, como en fabricantes de turismos: Tesla, Renault, Toyota, Lexus, Volkswagen entre otros.

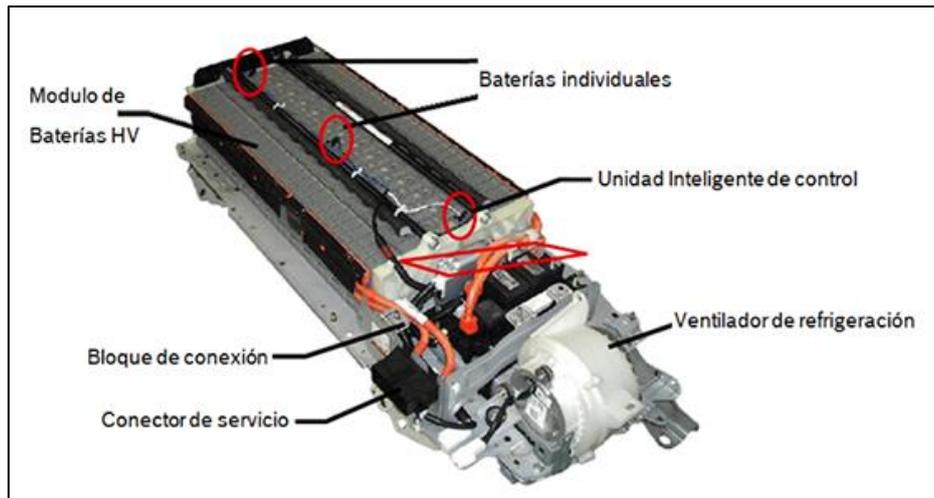


Figura 3.15: Batería Ion-Litio.
Fuente: Índice de figuras.

3.1.5.5. Batería de Polímero de Litio (LiPo):

La batería de polímero de Litio (LiPo) data de los años 70, y se diferencia del resto de baterías por el electrolito utilizado. Este compuesto es un polímero sólido de textura grumosa, en lugar del electrolito líquido de las baterías Ion-Litio. El material puede estar constituido por diferentes compuestos, pero la tendencia actual es que sea construida mediante una matriz polimérica con sales de Litio rellenando los intersticios de la estructura atómica, por lo que puede considerarse una batería de estado sólido.

El funcionamiento de este acumulador se basa en la reacción del metal de Litio ionizado, el cual se encuentra separado en dos cámaras por medio de un tabique poroso, con un gel de densidad y composición variable. De esta forma se mantiene una diferencia de potencia gracias a la energía de ionización que se ha aplicado durante el proceso de carga.

Cada celda está compuesta de por un ánodo de Litio metálico con forma de lámina ultradelgada, que funcionará como emisor y colector de iones de Litio (según sea el proceso de descarga y de carga respectivamente); un cátodo formado por capas intercaladas de óxido de Vanadio, sal de Litio y polímero conductor, todo ello laminado sobre una hoja de aluminio; el electrolito es un sólido de textura gomosa al que se añade un gel para mejorar las propiedades térmicas, y en él se encuentra una membrana que sirve de separador entre las láminas del ánodo y el cátodo. [4]

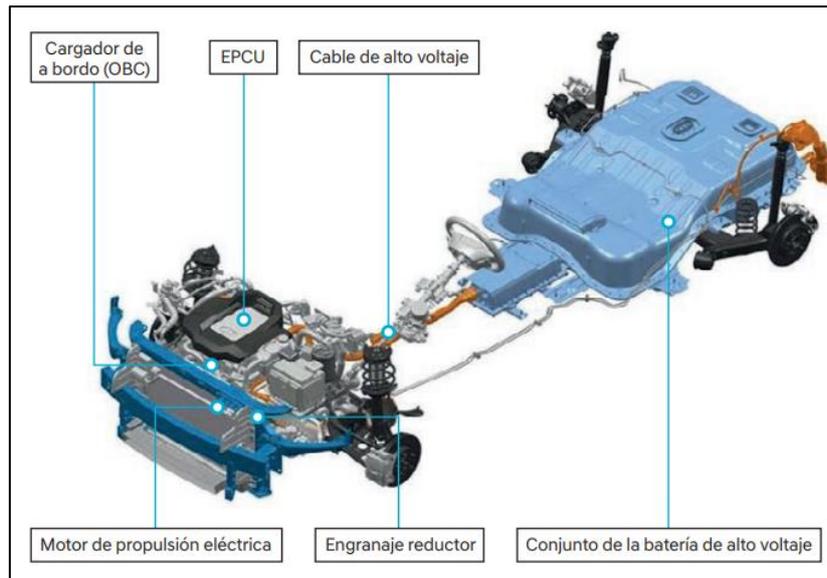


Figura 3.16: Ubicación batería LiPo en el vehículo Hyundai Ioniq.
Fuente: Hyundai Motor.

Sus parámetros eléctricos más característicos se encuentran recogidos en la siguiente tabla:

Ánodo	Litio metálico
Cátodo	óxido de vanadio, sal de litio y polímero
Electrolito	Polímero solido con gel
Energía específica	130 – 200 Wh/kg
Potencia específica	420 W/kg
Densidad energética	300
Eficiencia de carga/descarga	99%
Velocidad de autodescarga	5%/mes
Durabilidad	Más de 1.000ciclos

Tabla 3.7: Características de las baterías LiPo.
Fuente: Elaboración propia.

Además hay que destacar que al igual que la batería Ion-Litio, no sufren el efecto memoria, y que el material del electrolito dota a la batería de una alta densidad de energía. Su mantenimiento es reducido y el porcentaje de autodescarga como se aprecia en la Tabla 3.7 es muy pequeño. Además están preparadas para tener general voltajes muy elevados, dado que la tensión de cada celda puede llegar a los 3,6 V. Otra ventaja, es que el empaquetado de la batería puede tener múltiples formas, lo que proporciona una buena versatilidad y facilidad de acoplamiento.

Entre sus desventajas está la temperatura de funcionamiento, que va de los 60 a los 120°C debido a la baja conductividad iónica de los polímeros a temperatura ambiente. Por lo tanto la temperatura es un factor que influye mucho en su funcionamiento óptimo, como se puede ver en la siguiente grafica de curvas de descarga. De la misma forma que en la tecnología anterior, la temperatura es un parámetro a tener muy controlado, ya que si se produce una sobrecarga excesiva puede existir riesgo de que la batería se incendie.

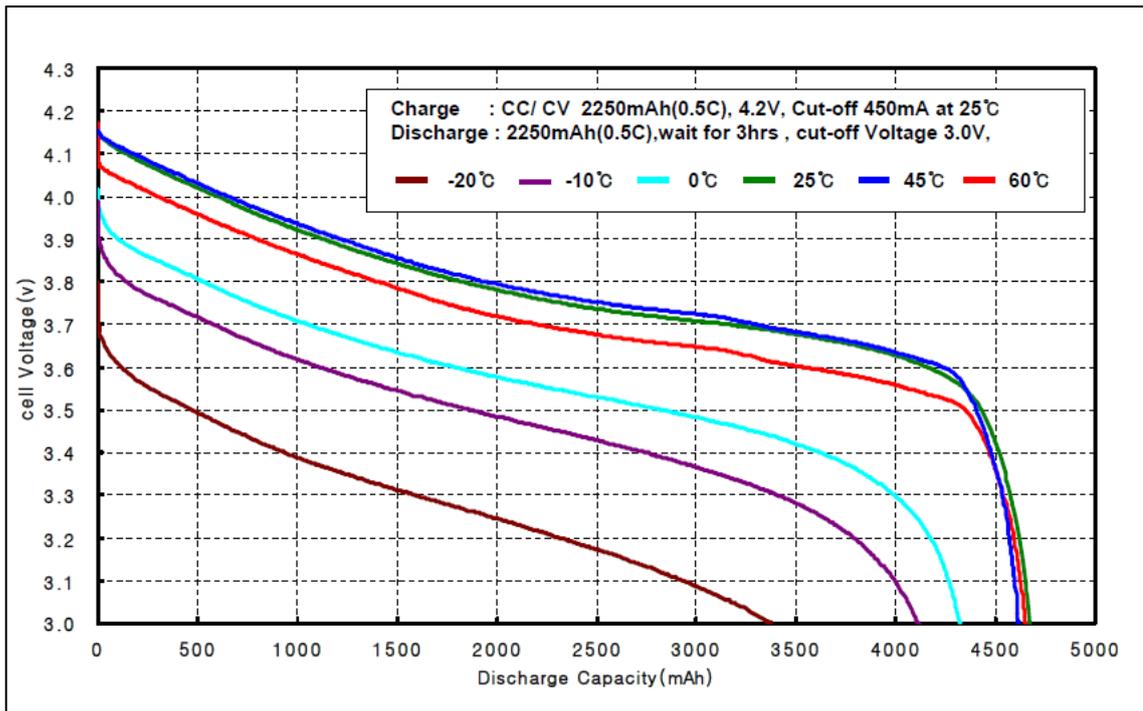


Figura 3.17: Curvas de descarga de baterías LiPo a distintas temperaturas.
Fuente: Índice de figuras.

El primer fabricante que ha comenzado a montar en sus automóviles esta tecnología ha sido Hyundai en su modelo Ioniq completamente eléctrico, y a este le han seguido otras marcas como Kia.

3.1.5.6. Baterías Zebra o de sal fundida:

Las baterías Zebra (Zeolite Battery Research África Project) son baterías cuyo funcionamiento se produce a una elevada temperatura (aproximadamente los 300°C) por lo que la temperatura exterior no tiene demasiada influencia en las prestaciones de la batería. Para poder mantener esta temperatura, es necesario que la batería venga montada sobre una caja que sirva de aislante con la temperatura exterior.

Para utilizar la batería es necesario que sea calentada, empleando para ello la energía eléctrica, lo que supone un consumo de energía extra. En ella, el cátodo está formado por Níquel (Ni), el ánodo por Sodio (Na) y el electrolito por Cloroaluminato de sodio. [13][16]

Estas baterías han sido empleadas en algunos modelos de automóviles, autobuses, camiones e incluso trenes, obteniendo buenos resultados gracias a la posibilidad de trabajar con voltajes muy elevados (próximos a los 600 Voltios).

Su principal ventaja es su bajo precio, siendo muy inferior al de las baterías Ion-litio. Posee una energía específica de 125 Wh/kg y una vida útil de 2.000 ciclos de carga-descarga. Sin embargo, en cuanto a los inconvenientes, el hecho de que funcione a temperaturas elevadas supone un problema.

3.1.5.7. Baterías en investigación:

- **Baterías de estado sólido:**

Aunque están en desarrollo, se prevé que comenzaran a integrarse primero en dispositivos electrónicos y después en vehículos eléctricos. En ellas, la novedad está en incluir un electrolito cristalizado de sodio metal en lugar de un electrolito líquido. Esto hace que sea una batería más barata y de elevada capacidad, pudiendo eliminar la corrosión de algunos componentes de la batería.

Entre las ventajas que tienen este tipo de baterías esta la elevada densidad energética que tiene (aproximadamente 1.200 Wh/l), el doble que las baterías de Ion-Litio, y una energía específica de 650 Wh/kg. Además se prevé que los tiempos de carga se reducirían considerablemente, tendría elevado número de ciclos de carga y el calentamiento durante su uso será menor que en otras tecnologías.

Otro punto fuerte de este tipo, es que apenas sufren pérdidas de carga a temperaturas ambientales bajas, teniendo un buen comportamiento a -20°C , lo que las hace idóneas para entornos con temperaturas frías. [1]

Las importantes ventajas que tienen hacen que muchos fabricantes estén trabajando en el desarrollo de esta tecnología, como por ejemplo Kia-Hyundai o Toyota, que ha anunciado el lanzamiento de un vehículo eléctrico que incorpore esta tecnología en el año 2022. Esta tecnología es vista como el principal relevo a las baterías de ion-Litio.

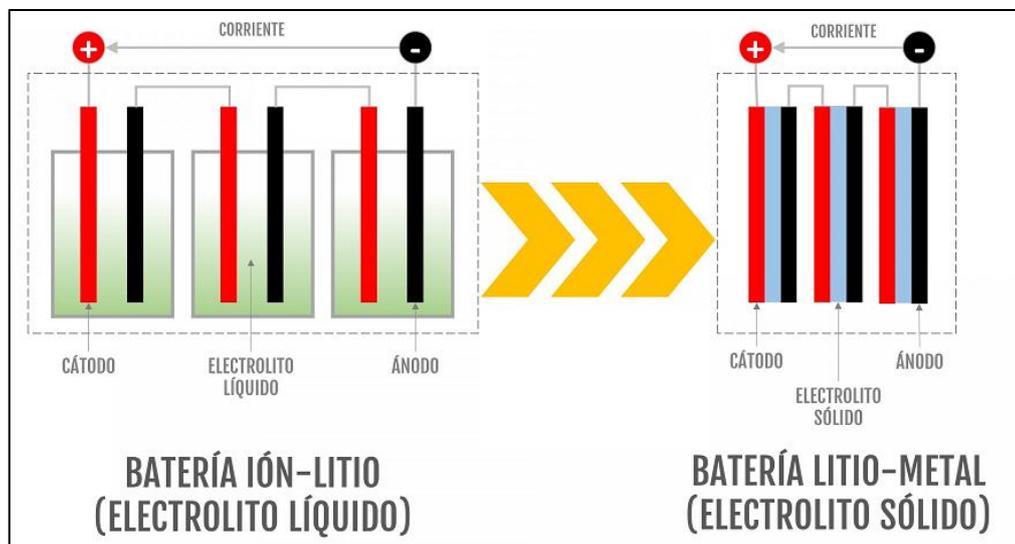


Figura 3.18: Evolución de la batería Ion-Litio a Estado Sólido.

Fuente: Índice de figuras.

- **Baterías de grafeno:**

Este tipo de baterías están elaboradas con un polímero de grafeno, lo que permitiría a los vehículos eléctricos que las equipen aumentar su autonomía un 45% respecto a los modelos de Ion-Litio. A medio plazo se seguirán empleando baterías de Ion-Litio, pero a largo plazo el grafeno promete ser la principal opción de equipamiento junto con las de estado sólido.

El grafeno es un nanomaterial formado por carbono puro, con átomos dispuestos de forma regular hexagonal, similar al grafito, y caracterizado por una elevada dureza y flexibilidad. Posee una excelente conductividad térmica y eléctrica y es muy ligero.

Otra ventaja que tendrían estas baterías respecto a las de ion-Litio es su menor peso, el cual puede reducirse hasta un 75%, ocupando menos espacio, proporcionando mayor autonomía y una recarga mucho más rápida, que se alcanzaría en pocos minutos.

En concreto, estas baterías prometen un aumento de capacidad del 45%, una recarga 5 veces más rápida, pero manteniendo el tamaño y peso de las actuales de ion-Litio. La densidad energética tendrá un valor aproximado de 1.000 Wh/kg y un voltaje por celda de 2,3 V. Además prescindirán del efecto memoria.

Sin duda la principal desventaja del grafeno es la forma de obtenerlo, ya que los métodos que proporcionan una alta calidad no permiten una elevada producción a un precio razonable.

De momento, el sector de la automoción seguirá esperando la llegada de estas baterías y las propiedades que prometen, lo que permitiría a los vehículos eléctricos alcanzar autonomías similares a los de combustión.

- **Baterías Metal-Aire:**

El funcionamiento de estas baterías es similar al de las baterías normales. Están constituidas por un ánodo metálico, (los más empleados son **aluminio, zinc, litio, sodio, vanadio, hierro**), fácilmente oxidable, pero con la diferencia de que el cátodo es oxígeno procedente del aire que rodea la batería. Esto hace que el peso y tamaño de la batería se reduzcan considerablemente. El electrolito está formado por una solución acuosa de hidróxido de potasio por lo general.

Estas baterías se caracterizan por una excelente densidad energética, con un valor de hasta 2.500 Wh/kg en función del ánodo empleado. Con el inconveniente de que al descargarse la batería no puede ser recargada de manera convencional, ya que el ánodo al estar oxidado queda inservible, teniendo que sustituirlo por uno nuevo. Esto provoca que el número de ciclos de carga sea más reducido.

Por esta razón, la idea de funcionamiento de esta batería es la de recargar a la batería tradicional de ion-Litio, combinando ambas. Así se conseguiría una reducción del peso y tamaño de la batería de ion-Litio.

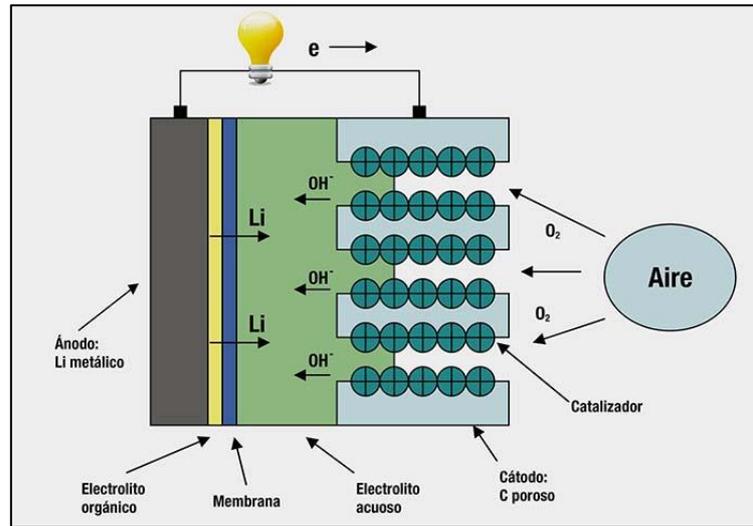


Figura 3.19: Batería Metal-Aire.

Fuente: Índice de figuras.

- **Baterías de Silicio-aire:**

Las baterías de silicio-aire son consideradas una alternativa prometedora a las actuales tecnologías de almacenamiento de energía. Pero su desarrollo tiene poco recorrido, por lo que los avances conseguidos hasta el momento son escasos, consiguiendo un tiempo de funcionamiento relativamente corto.

En teoría, se espera conseguir una batería cuya densidad de energía sea mucho mayor y en un tamaño y peso inferiores a las actuales de Ion-Litio. La capacidad se vería incrementada enormemente.

Además, el silicio es el segundo elemento más abundante de la corteza terrestre tras el oxígeno, por lo que es barato de conseguir, al igual que el oxígeno. Esto supone una ventaja importante ya que su costo de fabricación podría ser bajo.

Ya hay bastantes empresas dedicadas al desarrollo de este producto, como Amprius, cuyos resultados experimentales otorgan a este tipo de baterías una capacidad por unidad de volumen de entre 800 y 1.000 Wh/L, y una energía específica de 400 Wh/kg.

Por supuesto, hay mucho margen de mejora en esta tecnología, pero si se llegaran a obtener unos buenos resultados podría cambiar el mundo de las baterías gracias a la utilización de los elementos más abundantes de medio ambiente.

- **Supercondensadores:**

Un supercondensador es un dispositivo electrónico que almacena carga entre dos superficies conductoras o electrodos de carbono con una superficie equivalente muy elevada, las cuales se encuentran separadas por un aislante.

Su principal virtud es que son capaces de obtener grandes cantidades de energía en poco tiempo, permitiendo una carga y descarga del mismo en tan solo segundos, y su vida útil es muy larga. Sin embargo, el principal inconveniente es que su capacidad y energía específica es bastante baja en comparación con otro tipo de baterías, como por ejemplo las de ion-litio que son las más implantadas actualmente.

Pero también tiene otras características muy buenas, como su elevado rendimiento que llega hasta el 99%, la elevada potencia específica y con una tasa de autodescarga del 1% mensual. Estas características quedan reflejadas en la siguiente tabla, donde se comparan con las de la batería Ion-Litio:

Propiedad	Batería Ion-Litio	Supercondensador
Energía específica (Wh/kg)	75 – 250	4 - 10
Densidad energética (Wh/L)	300 – 400	4 – 14
Potencia específica (W/kg)	450	3.000 – 40.000
Voltaje de celda (V)	3.3 – 4.5	2,7 - 3
Eficiencia (%)	80 – 95	98 - 99
Durabilidad (ciclos)	500 – 3.500	500.000-10.000.000
Nivel de autodescarga (%/mes)	Inferior al 8	1
Tª de carga	0 a 45	-40 a 65
Tª de descarga	-20 a 60	-40 a 65

Tabla 3.8: Comparativa batería Ion-Litio vs Supersensador.
Fuente: Elaboración propia.

Debido a las prestaciones que puede ofrecer, la principal idea que se tiene respecto a los supercondensadores es que funcionen junto a otra fuente de almacenamiento, de tal forma que se complementen las mejores características de cada uno durante el funcionamiento del vehículo, es decir, la potencia de actuación del supercondensador con la buena capacidad de almacenamiento de la batería. Este sistema ya está siendo aplicado en vehículos de uso colectivo, como los autobuses, y es denominado “condensador híbrido” combinando una batería de Ion-Litio y un supercondensador que recoja la energía rápidamente durante la frenada regenerativa y la recarga en cada parada. Otra ventaja de esta tecnología es que puede suministrar los picos de potencia de forma rápida cuando sea requerido durante la conducción, como por ejemplo en subidas de pendiente.

Los supercondensadores están siendo empleados en marcas como Man, con su Man Lion's City Hybrid y por Iveco con la nueva Daily electric.



Figura 3.20: Supercondensadores empleados en el bus MAN Lion'S City Hybrid.
Fuente: MAN Truck. & Bus Company

3.1.5.8. Tabla resumen de propiedades:

Parámetro	Pb-Ácido	Ni-Cd	NiMH	Li-Ion	LiPo	Supercondensador
Energía específica (Wh/kg)	30 – 50	40 – 80	60 – 120	75 – 250	130 – 200	4 - 10
Densidad energética (Wh/L)	60 – 110	50 – 150	140 – 300	300 – 400	300	4 - 14
Potencia específica (W/kg)	180	150	250 – 1000	450	420	3.000 – 40.000
Tensión celda (V)	2	1,29	1,2	3,3 – 4,5	3,7	2,7 - 3
Eficiencia (%)	50 – 95%	70 – 90	50 – 70	80 - 95	99	98 - 99
Autodescarga (%/mes)	< 5	< 10	15 – 25	< 8	< 5	1
Durabilidad (ciclos)	500 – 800	> 1.500	1.000	3.500	>1.000	10.000.000
Coste (€/kWh)	120-150	250-350	300-450	530	-	-
Mantenimiento	Bueno	malo	medio	bueno	bueno	bueno
Influencia de la Tª	Media	no	media	mucha	mucha	no

Tabla 3.9: Resumen de las características de los principales acumuladores.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.6. Sistema de gestión de baterías (BMS):

El gran desarrollo producido en los dispositivos electrónicos en los últimos años ha generado la necesidad de sistemas de almacenamiento de energía con mayores prestaciones. Por eso, prácticamente todas las baterías que hay en dispositivos electrónicos están acompañados de un Sistema de Gestión de Batería (BMS).

El BMS (de las siglas en inglés *Battery Management System*) es un dispositivo electrónico que gestiona una batería o celda recargable. Este elemento es especialmente importante en las baterías formadas por un elevado número de celdas, y sobre todo en las baterías de Litio ya que presentan el inconveniente de que tienen facilidad para salirse de la zona de funcionamiento seguro (*Safe Operating Area, SOA*), lo que reduce significativamente su vida útil.

Este dispositivo se encarga de monitorizar una serie de parámetros de la batería y gracias a un algoritmo que los relaciona realiza las funciones necesarias para que el uso de la batería se encuentre dentro de unos estándares que se consideran adecuados y seguros, a la vez que nos permite conocer el estado de la batería.

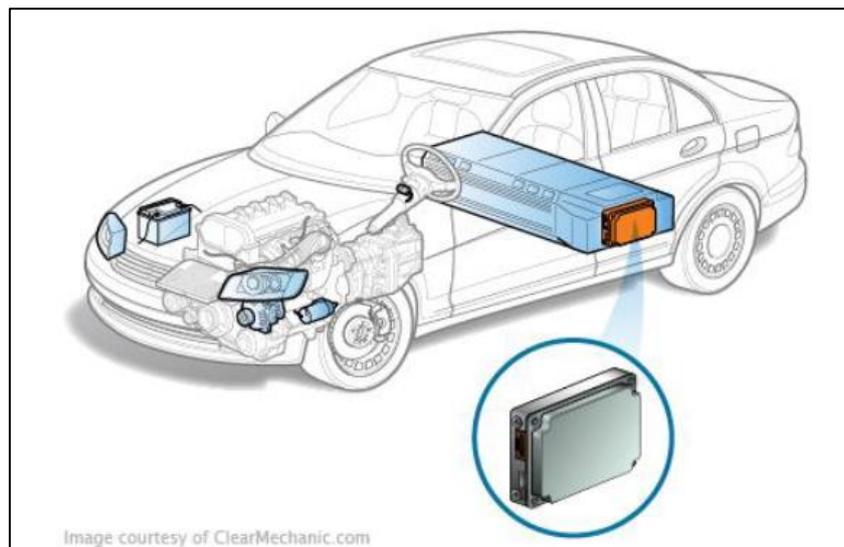


Figura 3.21: Disposición del BMS.

Fuente: [1]

Las funciones que realiza el BMS están enfocadas a asegurar el correcto funcionamiento de la batería, y para ello se encarga de: [18]

- Determinación del estado de la batería.
- Control de la carga y descarga de la batería.
- Establecer un equilibrio de tensión en todas las celdas.
- Gestión térmica.
- Gestión de seguridad.
- Comunicación con la interfaz de usuario.

Y los objetivos principales que persigue con estas funciones son:

- Proteger las celdas y módulos de posibles daños eléctricos.
- Situar el estado de la batería en el de óptimo funcionamiento, cumpliendo los requisitos para la que se ha diseñado.
- Prolongar la vida útil de la batería.
- Cargar y descargar las celdas de manera uniforme.

Las baterías actuales de los vehículos híbridos y eléctricos tienen una tensión nominal de 200 a 800 V y hasta 1000 A, lo que supone un grave peligro si se produce un defecto de aislamiento. Para evitar fugas en el chasis del vehículo, los BMS implementados para este tipo de aplicaciones incorporan un bloque de actuación el cual en caso de detectar un defecto eléctrico activa los protocolos de seguridad correspondientes.

El funcionamiento de una batería de alto voltaje y alta potencia en automóviles, fuera de sus límites de diseño especificados, conducirá a la producción de daños irreversibles en la batería, pudiendo llegar a tener que reemplazar la misma. Por eso, el BMS se encarga de generar una respuesta adecuada ante posibles parámetros dañinos, como por ejemplo: temperatura del ambiente elevada o baja, protección frente a cortocircuitos, tensión superior a la recomendable durante la recarga, tensión inferior a la recomendable durante la descarga o sobrecalentamiento de la batería.

Otra de las funciones principales del BMS es la determinación del *Estado de Carga (State of charge, SOC)*. Este es uno de los parámetros más importantes de cualquier batería. Se define como estado de carga de la batería respecto de su capacidad nominal. Esto nos permite conocer el final de la carga y descarga de la batería, y con ello la autonomía disponible en cada momento, y el estado individual de cada celda, comprobando si se cargan y descargan de manera uniforme. Por ejemplo, si el SOC de una batería es alto el BMS tiene que evitar que se produzca la transformación de energía cinética a eléctrica mediante frenado regenerativo, con el fin de evitar una sobrecarga que dañaría la batería.

Otra medida importante es el *Estado de Salud (State of health, SOH)*, que refleja las condiciones físicas de la batería, ya sean condiciones internas como la pérdida de carga o comportamientos externos más graves. En un vehículo eléctrico, el SOH indica la capacidad máxima de la batería en relación con la capacidad nominal de diseño de la batería. Es decir, es un reflejo de la vida actual de la batería en relación a una batería nueva. Para medir esta condición se tienen en cuenta parámetros como la resistencia interna, voltaje y la autodescarga. Sin embargo no es una medida exacta, sino más bien una estimación del ciclo de vida que tiene en cada momento la batería.

El desarrollo de un BMS que cumpla con las máximas exigencias posibles es muy importante para los fabricantes, ya que de esta manera se puede lograr un importante aumento de la vida útil de la batería y una mejor actuación sobre todos los factores que influyen negativamente en la batería.

3.1.7. Conclusiones y problemas que presentan las baterías:

Actualmente el precio de las baterías sigue disminuyendo, debido a que su evolución no cesa y se fabrican un mayor número de unidades, todo esto favorecido gracias a la entrada de los vehículos híbridos y eléctricos en el mercado. La mayoría de fabricantes de automóviles tienen la mirada puesta en la mejora de estos vehículos, en especial de los eléctricos, ya que sin duda es un mercado emergente y en el que se están buscando soluciones a los principales problemas que tienen: autonomía, vida útil de la batería y elevado precio de estas.

La elección de la batería es una parte esencial en el dimensionado de las características de un vehículo. Su correcta elección permitirá aprovechar al máximo las cualidades del vehículo, así como cumplir con las necesidades demandadas en cada situación y garantizar una larga vida útil de las mismas.

La energía específica (kWh/kg), la potencia específica (kW/kg), la densidad energética (kWh/l) y la densidad de potencia (kW/H) son parámetros fundamentales a la hora de elegir una batería; de ellos dependerán los valores de autonomía y peso. Además de los citados anteriormente, se busca que las baterías tengan reducido tiempo de carga, elevada fiabilidad y un alto grado de reciclabilidad con el objetivo de evitar el agotamiento de materiales que las componen, como por ejemplo el Litio, y de reducir la contaminación ambiental. [1]

Debido al elevado peso que tienen las baterías, la mayoría de fabricantes optan por colocarlas lo más bajas posible, ya que su ubicación afecta tanto a la habitabilidad del vehículo como a su comportamiento en carretera. Por ello, en la mayoría de casos se colocan bajo el piso del vehículo. En cambio, algunos buses híbridos y eléctricos las llevan colocadas en el techo protegidas por un carenado.

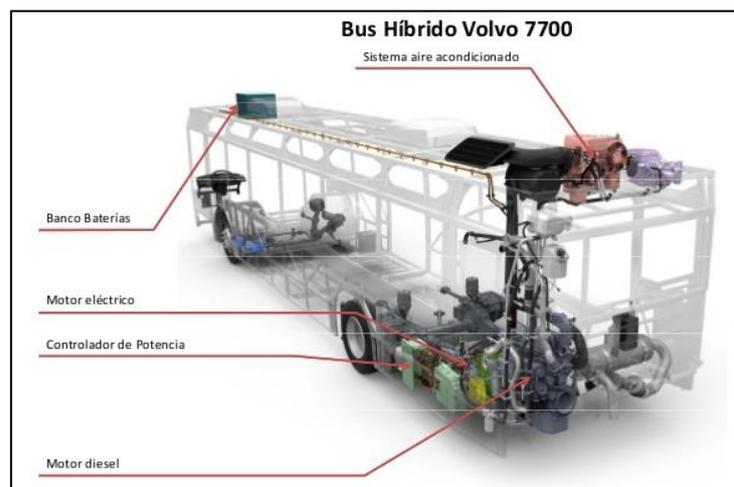


Figura 3.22: Ubicación de las baterías de alta tensión en el techo del bus.
Fuente: Índice de figuras.

En cuanto al coste de esta tecnología, algunos tipos de baterías están en fase inicial por lo que integrarlas al proceso productivo supone un elevado coste. Y es que este elemento es el que dispara el precio de un vehículo de este tipo, de ahí que el usuario tenga especial cuidado a la hora de elegir la tecnología que va a comprar. En la siguiente imagen se puede apreciar como cada vez que se dobla la producción de baterías su precio desciende casi un 20%, convirtiéndose cada vez más en una tecnología más asequible.

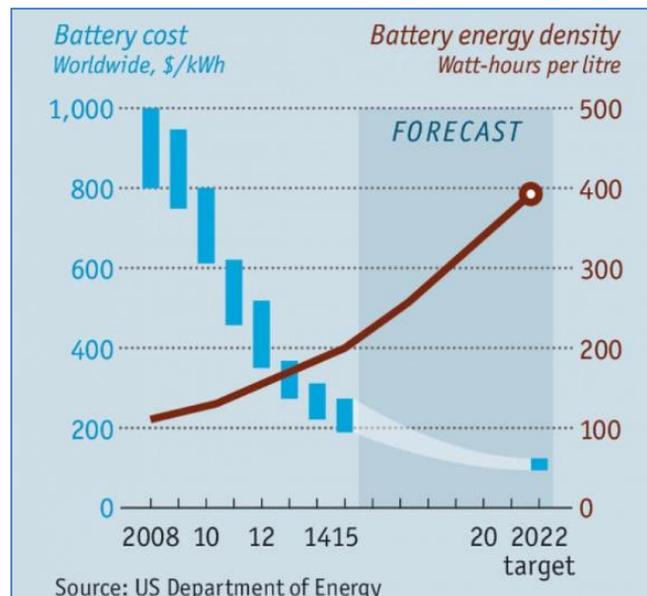


Figura 3.23: Precio (\$/kWh) y densidad de energía (Wh/l).
Fuente: Índice de figuras.

En cuanto a los problemas y averías de estos componentes, se pueden producir por innumerables variables tales como la suciedad, temperatura ambiente inadecuada, forma de conducción del usuario o modo de carga. Estos factores, entre otros, reducen la vida útil de las baterías de tracción en este tipo de vehículos.

Actualmente hay fabricantes que garantizan hasta ocho años de un nivel atractivo de autonomía, estimándose la vida útil media de las baterías entre los 10 y los 15 años. Para conseguir una vida aceptable de tus baterías el usuario debe tener en cuenta lo siguiente:

- Ciclos de carga: Deben ser lo menos numerosos y frecuentes posible, y realizarla cuando el nivel de carga sea bajo, pero evitando la descarga profunda de la misma. A su vez, mantener el estado de carga al 100% durante un tiempo prolongado supondrá un efecto negativo, y lo ideal para uso diario es recargar hasta el 80%.
- Sistema de carga: Las cargas rápidas a elevada potencia no son aconsejables realizarlas de manera frecuente, debido a la degradación que sufren las baterías. Esto se debe a que cuanto más se caliente la batería, más rápida será la reacción química, produciéndose una pérdida de vida.

- Modo de conducción: Debe ser aquel que sea más eficiente y favorezca la carga mediante frenado regenerativo.
- Temperatura: Las baterías funcionan mejor a temperatura ambiente. Cualquier desviación hacia unos extremos de temperaturas frías o calientes provocaran una variación del rendimiento de la batería. Es comprobado que este factor puede reducir la autonomía de las baterías has en un 50%.

A pesar de los avances considerables en los últimos años, **el mayor problema de las baterías es la seguridad**: las baterías de iones de Litio se incendian si están sobrecargadas o si una avería interna provoca un cortocircuito; en ambos casos, las baterías se calientan. Esto es lo que se llama “desbordamiento térmico”. Con el tiempo, si se produce este efecto, las baterías pueden llegar a incendiarse o explotar.

3.1.8. Cuidado y mantenimiento de las baterías:

En cuanto al cuidado de las baterías lo aconsejable es que se realicen recargas normales y lentas sin sobrepasar el estado de carga del 80% durante la recarga. Se sobrepasará este nivel de recarga cuando se realicen desplazamientos largos y viajes, o cuando el vehículo se vaya a quedar estacionado demasiado tiempo, debido a la autodescarga. [7]

Recargar la batería al 100% es igual de dañino que permitir una descarga profunda de la misma. Por esto mismo se debe procurar que el nivel de carga de este componente no baje del 20%, y que bajo ningún concepto baje del 15% de la capacidad, ya que esto produciría unos daños irreversibles.

La carga rápida solo se aconseja para situaciones de emergencia o carga durante un trayecto largo. En el resto de situaciones o para uso diario, queda totalmente desaconsejado ya que esta función provoca una degradación prematura de los componentes que forman la batería, pudiendo reducir drásticamente la vida útil.

Si se va a estacionar el vehículo durante un tiempo prolongado, lo más conveniente es mantener el nivel de carga en un punto óptimo, realizando recargas lentas periódicamente con el fin de evitar la autodescarga y el riesgo de descarga profunda, que produciría daños a la batería. Por tanto es conveniente seguir las siguientes instrucciones:

- Aparcar en lugares frescos, en los que ya una temperatura más o menos estable, evitando climas extremos.
- Emplear la recarga lenta para mantener el estado de carga en un punto óptimo, el cual puede aproximarse al 60%.
- Antes de volver a arrancar el vehículo, comprobar las pérdidas de nivel por la autodescarga. Si el vehículo ha estado parado más de tres meses y el nivel ha

descendido mucho, resulta aconsejable recargar el vehículo 2 o 3 veces al 80%, para conseguir equilibrar las cargas.

3.1.9. Precio de las baterías:

El componente de mayor importancia en un vehículo eléctrico es la batería, la cual determinará las principales prestaciones que pueda ofrecer el vehículo: autonomía, tiempo de carga, peso y precio. Es el componente más costoso, y es que desde la presentación de los primeros vehículos eléctricos, el precio de las baterías ha disminuido drásticamente; pero tendrá que seguir esta senda para poder competir con los precios de los vehículos convencionales.

La reducción de precio se debe principalmente a que inicialmente estos vehículos apenas se vendían, por lo que el costo de fabricación en serie era muy elevado, y como la tecnología estaba comenzando a desarrollarse era muy difícil su producción, por lo que no era un buen negocio para los fabricantes. A esto había que añadir que la infraestructura de recarga de entonces era muy escasa. A medida que la población fue tomando conciencia de los beneficios del empleo de esta tecnología, se produjo un aumento del interés hacia los vehículos eléctricos e híbridos, por lo que se crearon más puntos de recarga y los métodos de producción se hicieron menos costosos. Esta concienciación hizo que se impulsase el desarrollo de vehículos de transporte colectivo híbridos, o vehículos industriales de carga para transporte urbano inicialmente. Sin embargo, para trayectos largos la tecnología eléctrica se sigue quedando corta, ya que la autonomía que puede ofrecer es relativamente escasa en comparación con la que aporta la gasolina o el diésel.

En este momento la producción de baterías está dominada por los fabricantes asiáticos, en especial los japoneses y coreanos. Las compañías asiáticas que más despuntan son Samsung SDI, BYD, Panasonic, LG Chem, CATL y SK Innovation entre otras. Y es que la experiencia que tienen los fabricantes asiáticos en el campo de la tecnología electroquímica es mucho más avanzada que en la industria europea. [20] En Europa, en cambio hay escasos puntos donde se fabriquen baterías, y su producción es mucho menor. Destacan empresas como AESC o LiTec Battery, la cual pertenece a Daimler. Y en Estados Unidos destaca sin lugar a dudas Tesla. La firma estadounidense fabrica sus propias baterías para incorporarlas a sus vehículos. Este es uno de los pocos que maneja todo el proceso desde la producción al transporte, siendo la fabricación de baterías uno de los puntos fuertes para mantener su negocio.

Para que Europa pueda hacer frente al comercio asiático es necesaria la creación de alianzas cooperativas entre los principales fabricantes europeos y americanos. El principal fin que persiguen todas ellas es desarrollar la tecnología que permita obtener una ventaja competitiva que les permita diferenciarse de sus rivales directos. [20] También se imponen restricciones a la importación a la UE, lo que da ventajas a los fabricantes próximos a los puntos de ensamblado con la reducción de los costes de transporte.

En la figura siguiente se muestra la evolución del precio de las baterías de ion-Litio desde 2011, cuando comenzó a impulsarse la tecnología híbrida y eléctrica, hasta una previsión en el año 2030. Todos los datos recogidos en la realización de este estudio han sido desarrollados por expertos, haciendo un análisis de los precios pasados y actuales según los modelos de mercado. Además, se estima el precio de manera optimista o pesimista (curva inferior y superior respectivamente), por lo que el precio de las baterías en el futuro se encontrará entre los rangos establecidos en la gráfica, siendo la curva central la evolución más ajustada.

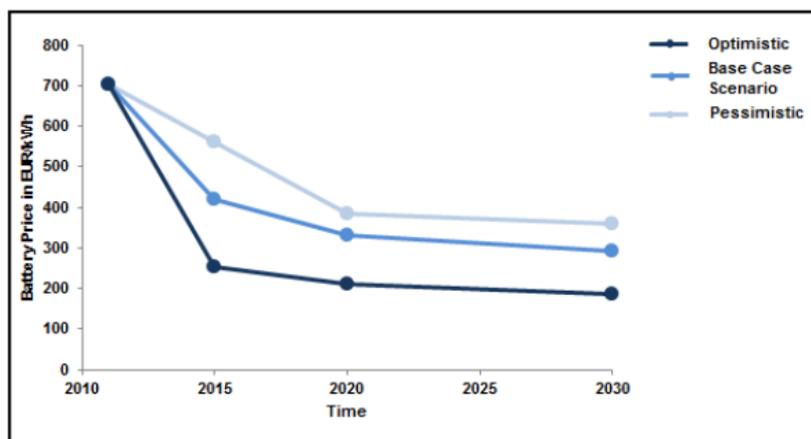


Figura 3.24: Evolución del precio de las baterías en €/kWh.
Fuente: [21]

	2011 (EUR/kWh)	2015 (EUR/kWh)	2020 (EUR/kWh)	2030 (EUR/kWh)
Optimistic	712	253	212	187
Base Case Scenario	712	419	331	294
Pessimistic	712	560	384	360

Tabla 3.10: Estimación de la evolución de los precios de baterías. Fuente: [21]

Por lo tanto de la gráfica se deduce que en el precio de las baterías está sufriendo un gran desplome, lo que hará que el precio total del vehículo eléctrico se reduzca y de esta forma puedan tener una mayor aceptación en la sociedad. Si nos fijamos en la curva central, en el año 2030 el precio de la batería se habrá reducido un 59% respecto del precio de 2011, por lo que se convertirá en un mercado mucho más asequible. De hecho el poco éxito que han tenido los vehículos eléctricos se debe en gran medida al sobrecoste que tiene esta tecnología en comparación a los vehículos de combustión interna.

En los vehículos industriales eléctricos e híbridos las baterías sufren un mayor desgaste debido al uso que tienen, ya que sufren un elevado número de ciclos de carga-descarga, en periodos de tiempo breve. Por tanto son elementos muy sensibles en los que hay que seguir un determinado protocolo de uso para intentar prolongar la vida útil que tienen.

3.2. MOTOR ELÉCTRICO

Los motores eléctricos son dispositivos electromecánicos rotativos, que mediante un campo magnético, convierten la energía eléctrica en energía mecánica de rotación. Estos elementos generan la potencia de propulsión necesaria para impulsar el vehículo, a la vez que es capaz de recuperar energía y entregarla a la batería de alto voltaje para su recarga. La principal clasificación para los motores se hace en función del tipo de corriente de alimentación, y esta puede ser corriente continua (CC) o corriente alterna (CA).

Tradicionalmente, debido a la madurez de su tecnología los motores eléctricos utilizados como propulsión de los vehículos híbridos y eléctricos han sido los motores de corriente continua. Estos motores tienen la ventaja de tener una enorme flexibilidad en el control de las prestaciones que proporciona en cada momento, pero sin embargo requieren un mantenimiento frecuente.

En estos últimos años, debido a la evolución de la electrónica de potencia, se han logrado implementar complejas estrategias de control sobre los motores de inducción, por lo que en la actualidad lo más común es que los vehículos híbridos y eléctricos incorporen este tipo de motores para su propulsión. Estos motores tienen mayor potencia que los de corriente continua, pero el control sobre la velocidad es mucho más complejo.

La investigación sobre la tecnología de motores eléctricos no se ha frenado, lo que conlleva al desarrollo de nuevos tipos de motores eléctricos como por ejemplo los de reluctancia variable o sincrónicos.

En la siguiente tabla se recogen las principales ventajas e inconvenientes del uso de motores eléctricos:

Ventajas del motor eléctrico
No quema combustible durante su uso
No emite gases contaminantes a la atmosfera
Es más compacto, más barato y más simple que un motor de combustión interna
Reducido mantenimiento
Funcionamiento más silencioso y con menos vibraciones
Larga vida útil
No necesita cambio de marchas
Desarrolla el par máximo desde bajas revoluciones
Elevada eficiencia del motor, situada alrededor del 90%
Recuperación de energía durante las frenadas para recargar la batería
Posibilidad de generar energía eléctrica a partir de energía mecánica
Desventajas del motor eléctrico
Vehículos eléctricos con menor autonomía
Tiempo de carga de la batería
Reducción progresiva de la vida útil de la batería con los ciclos de carga-descarga
Necesidad de ampliar la infraestructura eléctrica

Tabla 3.11: Ventajas y desventajas del motor eléctrico.
Fuente: Elaboración propia)

Además, los motores eléctricos presentan curvas características que se aproximan a la curva ideal requerida para un motor de tracción, es decir, proporciona potencia constante en todo rango de velocidades y pares elevados desde velocidades bajas, como se puede apreciar en la siguiente imagen: [15]

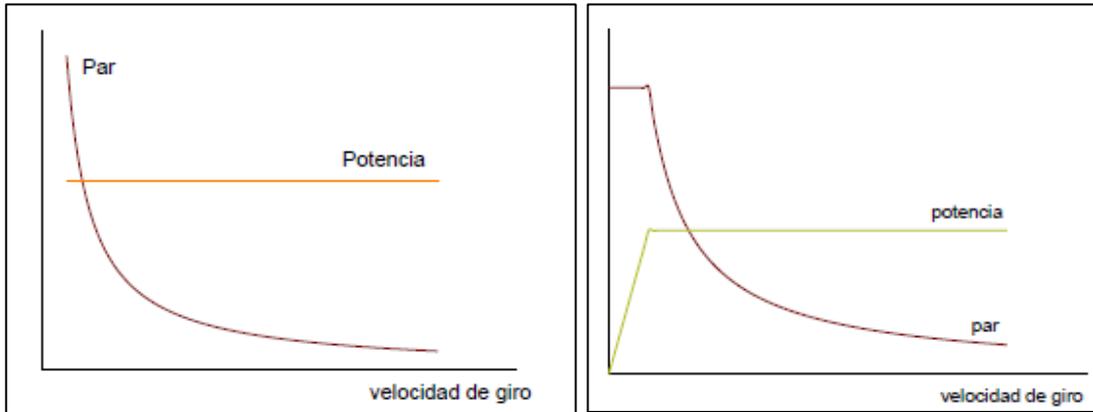


Figura 3.25: Curvas Par-Potencia Ideal VS motor eléctrico.
Fuente: [14]

En este apartado se van a definir las principales particularidades de cada tipo de motor en aplicaciones de tracción.

3.2.1. Tipos de motores eléctricos:

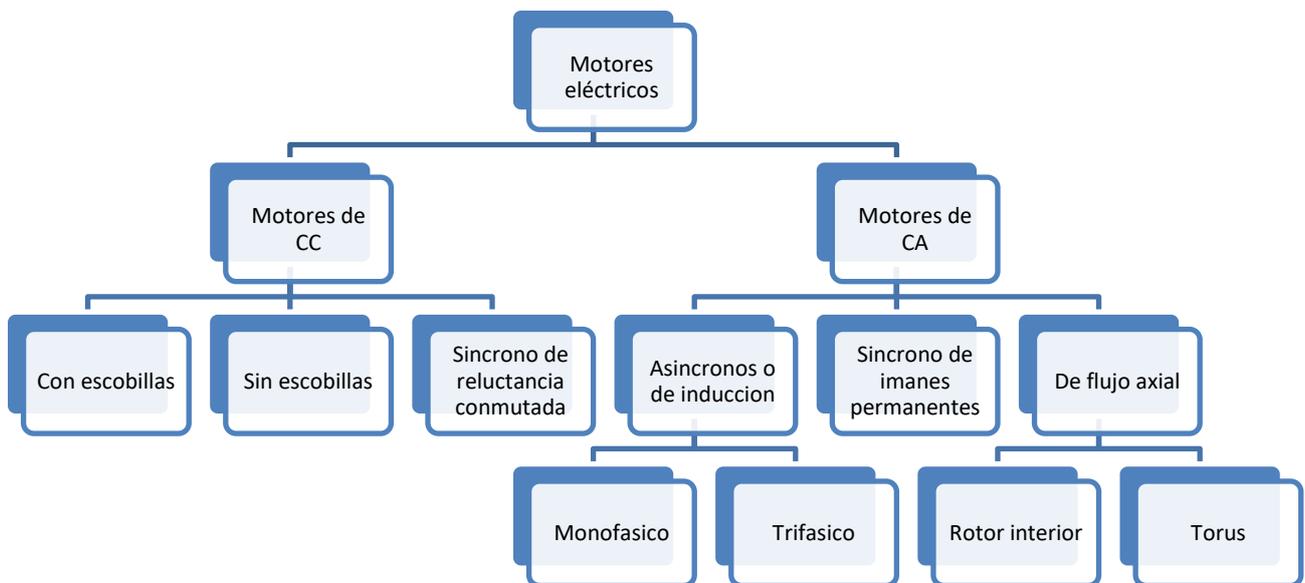


Figura 3.26: Clasificación de los motores eléctricos.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.1. Motor de corriente continua sin escobillas (Brushless):

Este tipo de motor, es la evolución mejorada del motor de corriente continua con escobillas, donde precisamente estas escobillas sufrían un gran desgaste debido a encontrarse en la parte móvil del motor.

La innovación en los motores sin escobillas esta incluir en el rotor dos o más **imanes permanentes** (en el motor con escobillas los imanes estaban en el estator) y los bobinados de hilo conductor en el estator. La corriente eléctrica pasa directamente por los bobinados del estator, generando un campo magnético de corriente continua. Este campo magnético interacciona con el campo magnético creado por los imanes permanentes del rotor, produciendo un par de giro en el rotor y por lo tanto en el eje del motor. A medida que el rotor gira, es necesario que la polaridad de las corrientes del estator varíen continuamente de tal forma que el par de torsión permanezca constante y la conversión de energía mecánica a energía eléctrica sea lo más eficiente posible. Este control sobre la corriente la realiza el inversor.

En los motores Brushless, cuando se solicita un par máximo, especialmente a bajas velocidades, la fuerza del campo magnético debe ser máxima, para conseguir que las corrientes del inversor y del motor tengan unos valores lo más bajos posible. De la misma forma, cuando el par requerido tenga un valor bajo, el campo magnético debe de ser reducido de tal manera que las pérdidas en la corriente debido a la histéresis también se reduzcan.

Su funcionamiento es muy parecido al del motor síncrono de imanes permanentes, pero con la diferencia de que el sistema electrónico es considerado parte del motor.

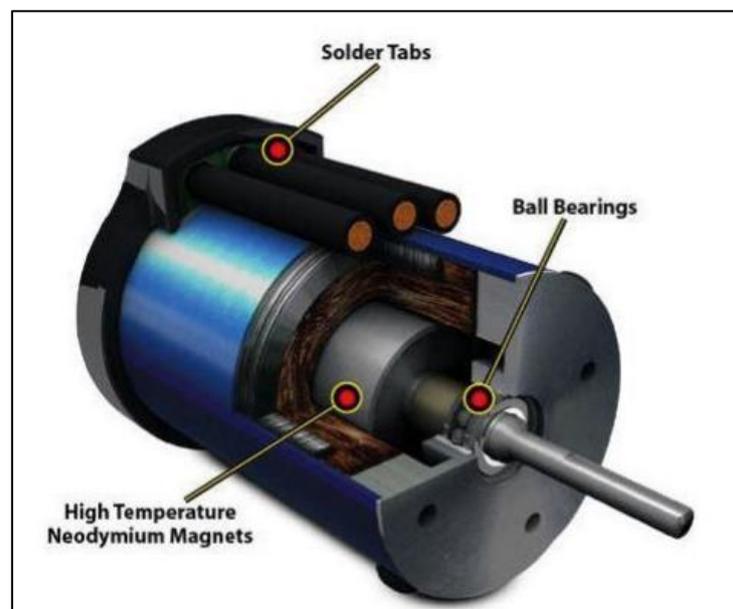


Figura 3.27: Motor de corriente continua sin escobillas (Brushless).
Fuente: Índice de figuras.

Entre las principales ventajas de estos motores destacan la sencillez del control de la velocidad y buenas características potencia/par. Por el contrario, su eficiencia no es demasiado alta y su coste de fabricación es elevado.

En contraste, los motores de inducción no tienen imanes permanentes y los campos magnéticos son ajustables, ya que la fuerza del campo magnético es proporcional a la relación Tensión/Frecuencia. De esta forma podemos conseguir una eficiencia superior. Este es el motivo por el que los motores Brushless están siendo sustituidos en la mayoría de fabricantes por los motores de corriente alterna.

3.2.1.2. Motores asíncronos o de inducción:

Los motores de inducción son ampliamente usados en todo tipo de máquinas industriales, y aproximadamente el 80% de los motores de la industria son de este tipo. Debido a ser una tecnología ampliamente desarrollada, son una buena elección para su uso en aplicaciones de tracción.

Estos motores están formados por el estator y el rotor. El estator del motor de inducción de tres fases y el del motor de corriente continua sin escobillas son prácticamente idénticos. Se trata de un anillo cilindro con chapas magnéticas donde se encuentran tres conjuntos de bobinas o devanados desfasados 120° . El rotor, a diferencia del motor de CC, no tiene imanes. En su lugar tiene un conjunto de láminas de metal apiladas formando un cilindro con ranuras, en las cuales se coloca el devanado. Hay dos tipos de rotores, en función de la disposición que tengan los conductores:

- Rotor de jaula de ardilla: Formado por dos anillos laterales unidos por una serie de conductores de aluminio o cobre.

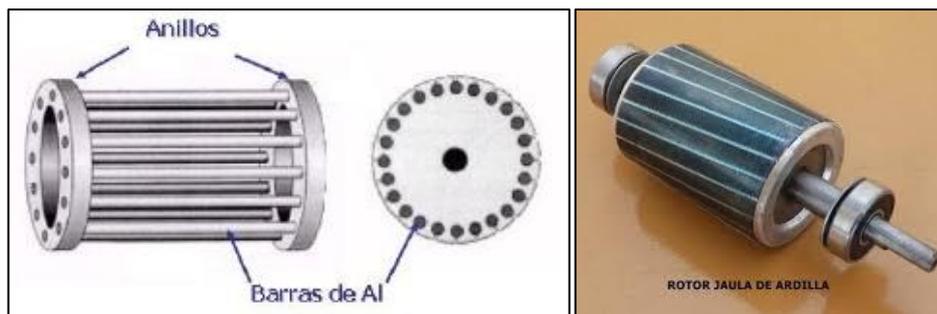


Figura 3.28: Rotor de jaula de ardilla.
Fuente: Índice de figuras.

- Rotor bobinado o con anillos: Dispone de un arrollamiento similar al del estator, en el que las tres fases se conectan por un lado en estrella y por el otro a unos anillos que se encuentran aislados entre sí. Esta disposición permite introducir resistencias en los anillos para limitar las corrientes y controlar el par y la velocidad.

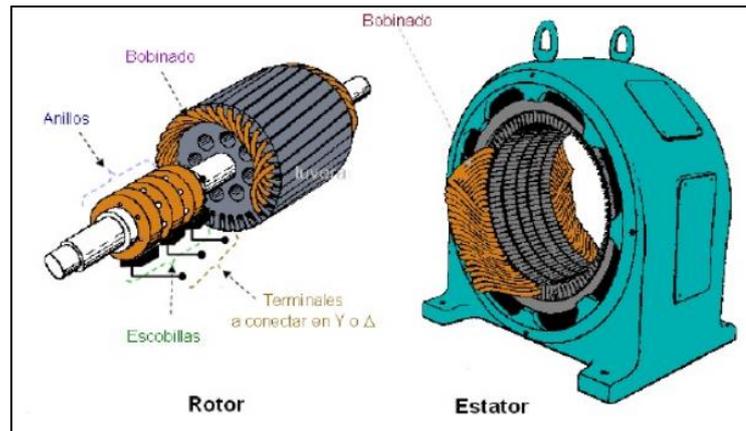


Figura 3.29: Rotor de bobinado.
Fuente: Índice de figuras.

Las corrientes que fluyen en los devanados del estator producen un campo magnético giratorio que entra en el rotor. La tensión eléctrica inducida en el rotor junto con el campo magnético generado por las bobinas del estator produce el movimiento del rotor. Pero el rotor nunca conseguirá alinearse completamente con el campo magnético creado por las bobinas, quedando siempre desfasado respecto a estas, de ahí que se le llame motor asíncrono.

El uso de estos motores en la industria es tan amplio debido a que un motor de inducción de tres fases conectado a la red eléctrica convencional (CA) produce par desde el principio, sin necesidad de convertir la corriente mediante un inversor. Pero en cuanto a los vehículos eléctricos, la energía eléctrica almacenada en las baterías se encuentra en forma de corriente continua (CC), siendo necesario el uso de un inversor para obtener corriente alterna (CA) como alimentación del motor.

A parte de la limitación que supone el empleo de la corriente alterna como alimentación, estos motores tienen grandes ventajas respecto a los motores de corriente continua. Entre ellas destacan: buena robustez mecánica y térmica, requieren poco mantenimiento, buen control sobre la velocidad y par, son más económicos y fiables y tienen una alta eficiencia a potencias elevadas. [13]

En cuanto a sus desventajas, poseen una baja densidad de potencia y el rendimiento del par de arranque es bajo en comparación con los motores de corriente continua.

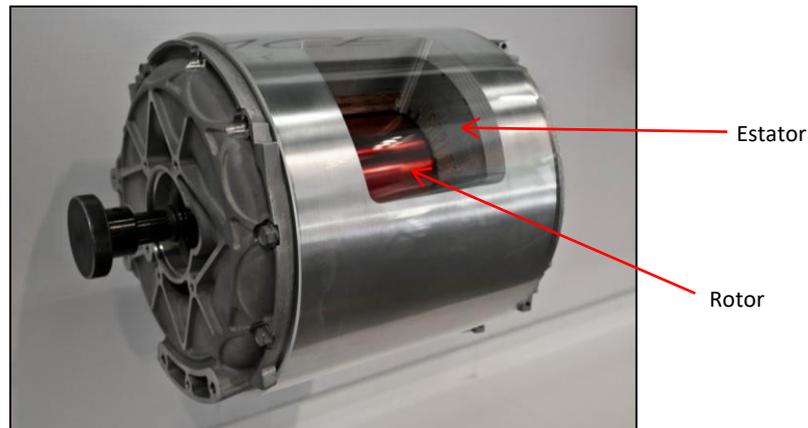


Figura 3.30: Motor de inducción Tesla Model S.
Fuente: Índice de figuras.

3.2.1.3. Motor síncrono de imanes permanentes (CA):

Los motores síncronos son máquinas cuyo estator se encuentra alimentado por corriente alterna, mientras que el rotor tiene alimentación continua, ya sea a través de un bobinado de campo o mediante imanes permanentes. Se denominan síncronos porque el rotor gira a la misma velocidad que el campo magnético rotativo, según la *velocidad de sincronismo* (n): [1]

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (r/min)$$

Donde f es la frecuencia de la corriente alterna de alimentación en Hercios (Hz), y p es el número de pares de polos del motor.

En este tipo de motor el estator está formado por tres bobinas desfasadas 120° y el rotor está compuesto por electroimanes o imanes permanentes que son los encargados de generar un flujo constante en el entrehierro, lo que permite suprimir las escobillas de otros modelos. Por los devanados del estator deben alimentarse con tensiones trifásicas simétricas, de manera que circulen por las bobinas intensidades simétricas y equilibradas.

En las máquinas de corriente alterna (CA) se utiliza alimentación trifásica para aprovechar los desfases de las ondas y así crear campos magnéticos giratorios. En este tipo resulta fundamental la colocación estratégica de los bobinados del estator y de los electroimanes del rotor. Su funcionamiento consiste en que el campo magnético generado por los imanes permanentes entra en el núcleo del estator e interactúa con las corrientes que circulan por el interior de las bobinas, produciendo un par de torsión entre el rotor y el estator. Mientras el rotor gira, es necesario que la polaridad del estator varíe continuamente, de esta forma el par de torsión se mantendrá constante. En el caso de funcionar como motor, el imán del rotor seguirá al del estator, y cuando funcione como generador, el imán del estator persigue al del rotor.

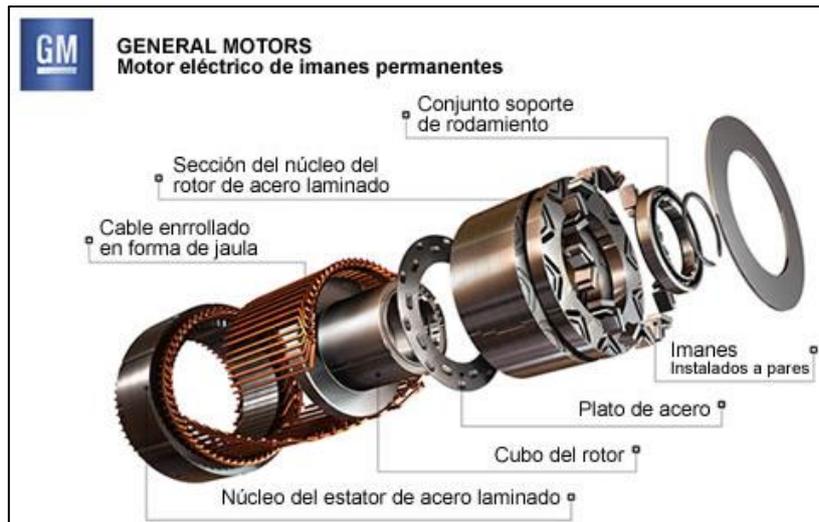


Figura 3.31: Motor síncrono de imanes permanentes.
Fuente: Índice de figuras.

El rotor de una máquina síncrona puede estar conformado por:

- Rotor cilíndrico o liso.
- Rotor de polos salientes.
- Imán permanente.

Dependiendo de la velocidad de giro, la potencia nominal y la construcción del motor serán de un tipo u otro.

En cuanto a la configuración, de estos tres tipos el más simple es el de imanes permanentes, ya que evitan el uso de anillos rozantes para alimentar el rotor. Además pueden funcionar a altas potencias gracias a los imanes de alta densidad energética.

Actualmente para la fabricación de los imanes permanentes se emplean aleaciones de tierras raras, como neodimio-hierro-boro (NdFeB) o samario-cobalto, ya que son capaces de crear un campo magnético mayor. [15]

Hasta el momento, **este tipo de motores ha sido el más utilizado para impulsar vehículos**. Gracias a su simplicidad de funcionamiento y su buena respuesta hacen que estos motores sean ideales para la propulsión de vehículos. Entre sus ventajas destacan la alta densidad de energía, elevado par de arranque, bajo coste de mantenimiento, buen control de la velocidad y potencia constante en un amplio rango.

Sin embargo, son unos motores cuya fabricación es costosa y a elevadas velocidades la eficiencia puede disminuir debido al riesgo de desmagnetización.

Tanto los motores de inducción como los de imanes permanentes van a continuar aumentando su presencia en vehículos híbridos y eléctricos debido a sus buenas características. Sin embargo los motores de corriente continua con escobillas actualmente va a ser muy difícil que entren a formar parte de los últimos modelos de vehículos.

3.2.1.4. Motores síncronos de reluctancia conmutada o variable:

El avance producido en la electrónica de potencia está permitiendo que el motor de reluctancia variable sea una alternativa interesante a los motores de corriente alterna explicados anteriormente, gracias a su sencillo funcionamiento, bajo coste y elevada eficiencia.

En ellos, tanto el estator como el rotor poseen una configuración de polos salientes, careciendo de devanados o imanes permanentes en el rotor. Esto hace que exista cierta dificultad en su análisis y control. En los polos del estator se colocan las bobinas que, conectadas en los pares diametralmente opuestos, forman las fases del motor. [15]

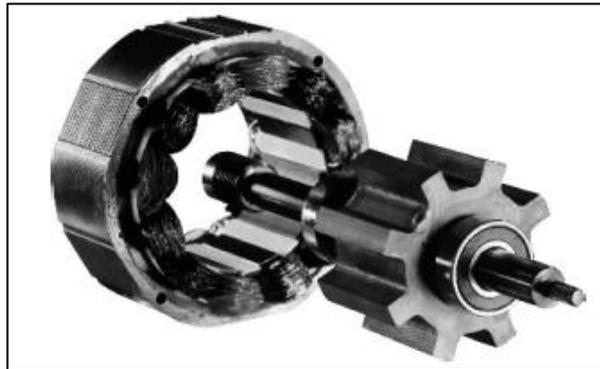


Figura 3.32: Motor de reluctancia variable.
Fuente: [14]

Su funcionamiento, mediante la alimentación de corriente continua, se basa en el movimiento del rotor, el cual será regido por el campo magnético generado en el estator, que tenderá a alinear el rotor con el estator para reducir al mínimo el espacio de entrehierro entre estos (momento de reluctancia mínima). Mediante una determinada conmutación del campo magnético, se conseguirá un movimiento rotatorio del núcleo ferromagnético. Por tanto, con el empleo de un dispositivo electrónico de potencia que se encargue de la conmutación de los bobinados podemos conseguir el par y la velocidad de giro deseada. [14] Con este elemento de electrónica de potencia nos referimos al convertidor de corriente y al convertidor de frecuencia.

La principal dificultad de estos motores es controlar la corriente. Pero a excepción de esto, el rotor es mucho más simple, barato y resistente que los motores de inducción.

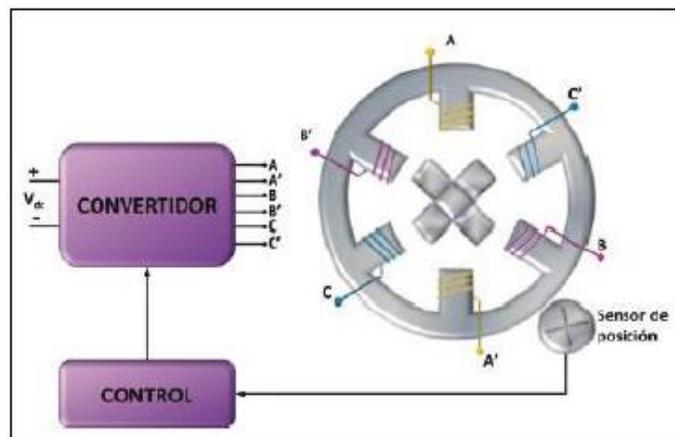


Figura 3.33: Esquema de un motor de reluctancia variable.
Fuente: [1]

3.2.1.5. Motores de flujo axial:

En los motores de flujo axial, al variar la disposición de los devanados e imanes del rotor y del estator, se crea un flujo de campo magnético paralelo al eje del motor. La arquitectura de estos motores permite separar el estator en dos discos magnéticamente activos que van a ser los que induzcan la fuerza del campo magnético al rotor, el cual se encuentra situado entre los dos discos que forman el estator. De esta forma, las fuerzas axiales se contrarrestan y el momento de inercia se reduce.

Existen dos configuraciones en función de la disposición del rotor y el estator:

- El rotor de imanes permanentes situado entre los dos discos que forman el estator. Es la opción más usada.
- Torus: dos rotores se sitúan alrededor de un estator fijo.



Figura 3.34: Configuraciones de motores de flujo axial.
Fuente: [15]

Esta configuración optimiza el número de componentes que forman el motor, por lo tanto la principal ventaja de esta tecnología es su reducido tamaño, lo que permite la implantación de estos pequeños motores en cada una de las ruedas del vehículo. Además poseen una elevada densidad de potencia y un par elevado a bajas velocidades.



Figura 3.35: Motor de flujo axial integrado en la rueda del vehículo.
Fuente: Índice de figuras.

3.2.1.6. Tabla resumen de propiedades de los motores:

TIPO DE MOTOR	DESCRIPCION	VENTAJAS	INCONVENIENTES	EJEMPLOS
Motor CC Brushles	La corriente eléctrica pasa directamente por los bobinados del estator, generando un campo magnético que provoca el giro del rotor. Es necesario un inversor para tener control sobre la corriente.	<ul style="list-style-type: none"> - Sin escobillas - Volumen reducido - Buen control de la velocidad - Buen par de arranque 	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia no demasiado alta - Coste de fabricación elevado - Necesitan de un inversor para cambiar la polaridad del imán permanente 	
Motor asíncrono o de inducción (CA)	Motores más usados en la industria (80%). Velocidad del rotor y del estator diferente. Las corrientes del estator producen un campo magnético que entra al rotor.	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo coste de fabricación - Buena fiabilidad - Bajo mantenimiento - Alta eficiencia a potencias elevadas - Buen control sobre la velocidad y par - Robustez mecánica 	<ul style="list-style-type: none"> - Rendimiento inferior en el arranque - Baja densidad de potencia 	<ul style="list-style-type: none"> - Mercedes EQC - Audi e-Tron - Tesla Model X - Solaris Urbino 12e
Motor síncrono de imanes permanentes (CA)	El campo magnético generado en los imanes permanentes entra en las bobinas del estator, interactuando con la corriente que circula por estas, produciendo un par de torsión entre ambos Estator: formado por 3 bobinas desfasadas 120° Rotor: imán permanente	<ul style="list-style-type: none"> - Funcionamiento sencillo - Alta densidad de potencia - Elevado par de arranque - Bajo mantenimiento - Alto rendimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado costes (tierras raras) - Fabricación compleja - Dificultad para alcanzar velocidades elevadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Nissan eNV200 - Renault Kangoo Z.E. - Toyota Prius - Irizar i2e - BYD k7 e - MAN Lion's City e
Motor síncrono de reluctancia conmutada (CC)	Construcción tanto del estator como del rotor de polos salientes. Movimiento del rotor inducido por el campo magnético del estator, que tenderá a alinear ambos. Estator: bobinas opuestas Rotor: lamina de acero con núcleo ferromagnético	<ul style="list-style-type: none"> - Fabricación simple - Rotor sin devanado - Muy buen control sobre el par 	<ul style="list-style-type: none"> - Ruido - Difícil análisis y control de la posición - Bajo factor de potencia 	<ul style="list-style-type: none"> - Renault Zoe
Motor de flujo axial (CA)	Se varía la disposición de los devanados e imanes del rotor y del estator, produciendo un campo magnético paralelo al eje.	<ul style="list-style-type: none"> - Menor volumen - Aplicación como "motor rueda" debido a su reducido tamaño - Elevado par a bajas velocidades 	<ul style="list-style-type: none"> - Perdidas por fricción - Esfuerzos radiales 	

Tabla 3.12: Resumen tipos de motores.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. INVERSOR o REGULADOR ELÉCTRICO

Normalmente cuando se habla de vehículos eléctricos se nombran con frecuencia los componentes fundamentales del mismo, entre los que siempre se destaca el motor eléctrico y sus características (rendimiento o entrega de par constante) y las baterías de alta tensión y sus limitaciones (peso, capacidad de almacenaje o elevado coste económico). Pero aparte de estos dos hay un tercer elemento apenas reconocido y que tiene un papel vital para el funcionamiento de los vehículos electrificados. Este elemento es el inversor o regulador eléctrico.

El inversor y el transformador, que normalmente vienen situados en la misma caja integrada, son los componentes encargados de realizar las conversiones necesarias, adaptando la tensión almacenada en la batería y frecuencia de onda a los niveles adecuados, para suministrarlas al motor y así poder alcanzar el par y la velocidad deseados.

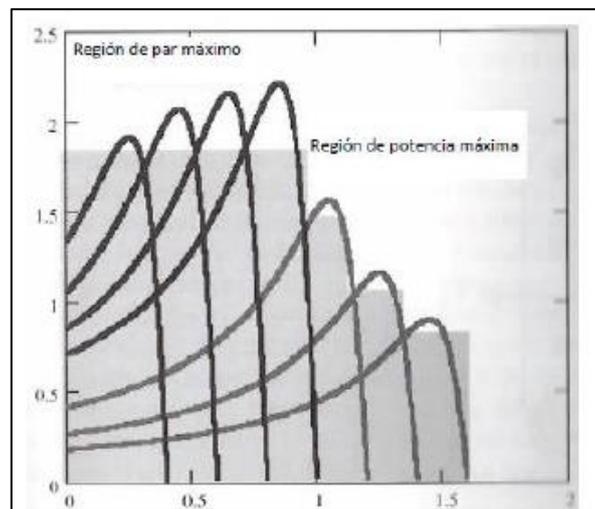


Figura 3.36: Variación de la curva característica del Par, al variar la tensión y frecuencia.
Fuente: [7]

El par es proporcional a la relación que hay entre la tensión y la frecuencia, de tal forma que a bajas velocidades (zona izquierda de la gráfica) el inversor mantiene constante la relación tensión/frecuencia. Esto sucede en los arranques del motor.

Los inversores (también llamados onduladores) son convertidores estáticos de energía encargados de transformar la corriente continua de alta tensión almacenada en la batería (HV) en corriente alterna trifásica que servirá para impulsar el motor eléctrico. Las baterías entregan una determinada tensión constante, pero para conseguir que el motor funcione al régimen de revoluciones deseado, esta corriente debe de ser adaptada por el inversor. Además poseen un convertidor integrado, que envía parte de la electricidad del sistema a la batería auxiliar de 12 V. El transformador se encarga de armonizar los voltajes de la batería y el motor de tracción, ya que por lo general el motor trabaja a una tensión superior de lo que lo hace la batería, por tanto se hace necesario rectificar ambas frecuencias de corriente y tensión. [7]

La caja del inversor contiene a los siguientes elementos en el mismo bloque:

- Transformador para la elevación de la tensión.
- Inversor para la circulación.
- Conversor de CC/CC.



Figura3.37: Inversor Nissan Leaf
Fuente: Índice de figuras.

Convertidor o transformador de elevación de la tensión: Cuando los motores eléctricos actúan como generadores recuperando la energía producida durante la frenada, el inversor se encarga de convertir la corriente alterna (CA) que se produce en corriente continua (CC), y para que pueda ser almacenada en las baterías de alta tensión es necesario que el convertidor de elevación aumente esta tensión. Por lo tanto, este convertidor eleva la tensión nominal de CC a la tensión máxima de CC de trabajo.

Inversor para la circulación / Conversor CC/CA: Cuando queremos impulsar al motor, la alta tensión de corriente continua generada en el convertidor de elevación es transformada en tensión de corriente alterna en el inversor, y esta es la que alimenta al motor. También realiza una función rectificadora, es decir, durante las frenadas regenerativas se realiza el proceso inverso, transformando la corriente alterna generada en el motor eléctrico en corriente continua para llevar a las baterías. El funcionamiento del inversor está basado en el uso de transistores bipolares. Estos suelen ser tipo MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) o IGBT (insulated Gate Bipolar transistor), aunque las prestaciones que ofrecen los segundos son mayores al poder trabajar con tensiones y corrientes mucho más elevadas. [7]

Conversor de CC/CC: Encargado de transformar la tensión de corriente continua almacenada en la batería de alta tensión a baja tensión para alimentar y recargar la batería auxiliar de 12 V. Esta batería se encarga de proporcionar carga eléctrica a los sistemas eléctricos auxiliares del vehículo, como pueden ser las luces, elevalunas eléctrico etc.

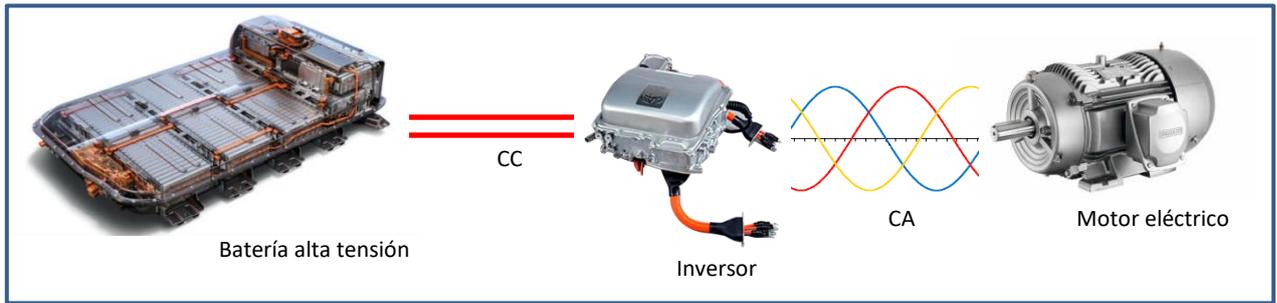


Figura 3.38: Esquema del paso de CC de la batería por el inversor y entrada al motor como CA.
Fuente: Elaboración propia.

Al igual que sucede con las baterías y los motores, resulta esencial que el inversor tenga un elevado rendimiento, para conseguir las máximas prestaciones sin generar pérdidas de energía en cada transformación. La materialización de esta pérdida de energía se manifiesta en una generación de calor por lo que es necesario un buen sistema de ventilación y refrigeración para mantener una temperatura aceptable y evitar de esta forma sobrecalentamientos y daños en el sistema. Por lo general, el rendimiento de estos elementos es superior al 95%.

3.4. CONVERTIDOR Y CARGADOR INTEGRADO

Para llevar a cabo la carga de la batería del vehículo, se necesitan ciertos componentes, tanto equipados en el propio vehículo como externos a él. El vehículo debe de estar provisto de una conexión de carga y un sistema electrónico de potencia que se encargue de realizar la transformación de la tensión. Y los elementos exteriores, serán la propia red eléctrica y un cable de carga con la conexión adecuada. Además como se trabaja con tensiones elevadas, se necesita de ciertos dispositivos destinados al control y protección de los componentes implicados.

El **cargador integrado** es el elemento que se encarga de tomar la corriente alterna directamente de la red eléctrica y la convierte en corriente continua, para recargar la batería de alta tensión.

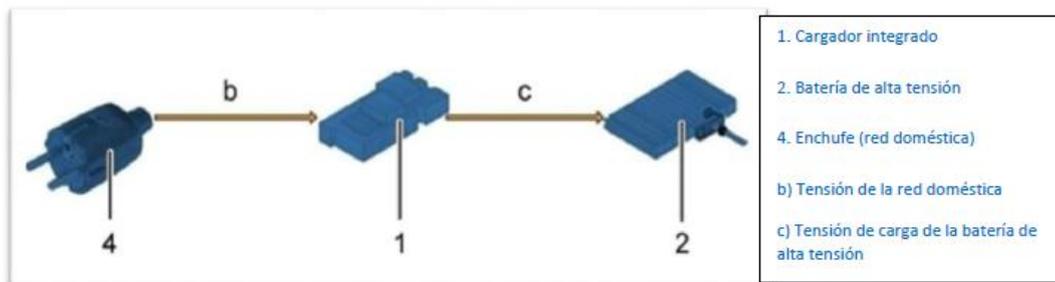


Figura 3.39: Esquema de carga de baterías con cargador integrado.
Fuente: [1]

El **convertidor** aumenta o reduce la tensión continua transformada por el cargador para que pueda ser almacenada en las condiciones adecuadas en la batería de alta tensión. Funciona de la misma forma que el conversor CC/CC explicado anteriormente.

Se distinguen principalmente dos tipos de carga: la recarga convencional y la carga rápida, las cuales serán explicadas más adelante. Por el momento solo comentar que la principal diferencia de ellas se encuentra en el proceso de toma de electricidad. En el caso de los cargadores rápidos, la conexión se hace directamente a la batería y se toma energía en corriente continua, y no al cargador integrado del vehículo, como se aprecia en la siguiente imagen. Este último modo de carga es el que se encuentra habitualmente en los puntos de repostaje y además permite una recarga a alta tensión en menos tiempo.

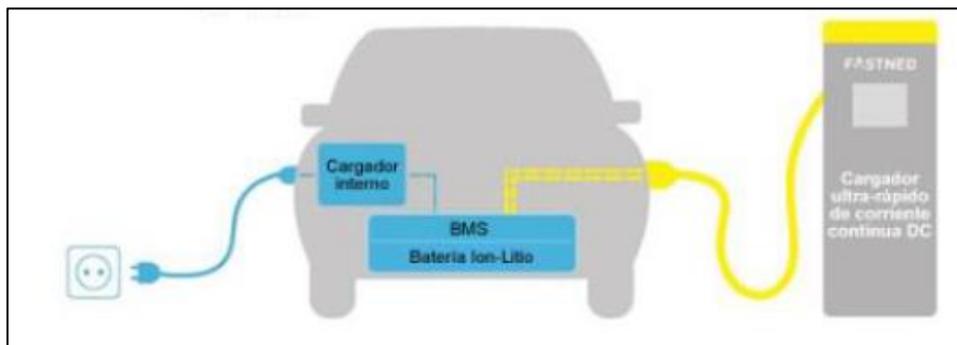


Figura 3.40: Recarga vehículo eléctrico.
Fuente: [7]

En función de la forma de energía en la entrada y salida de un convertidor, se pueden clasificar como:

- **Rectificador no controlado:** Transforma la corriente alterna de tensión constante en corriente continua de tensión constante.
- **Rectificador controlado:** Transforma la corriente alterna de tensión constante en corriente continua de tensión variable mediante la utilización de tiristores, elementos que invierten el sentido de la corriente.
- **Reguladores de C.A.:** Transforman la corriente alterna de tensión constante en corriente alterna de tensión variable y de la misma frecuencia.
- **Cicloconvertidores:** Convertidores directos alterna/alterna, que permiten variar la frecuencia, siendo siempre la frecuencia de salida inferior a la frecuencia de entrada.
- **Ondulador o inversor:** transforman una corriente continua en corriente alterna de tensión y frecuencia fija o variable.
- **Convertidor CC/CC o troceador:** Transforma la corriente continua de tensión constante en corriente continua de tensión fija o variable.

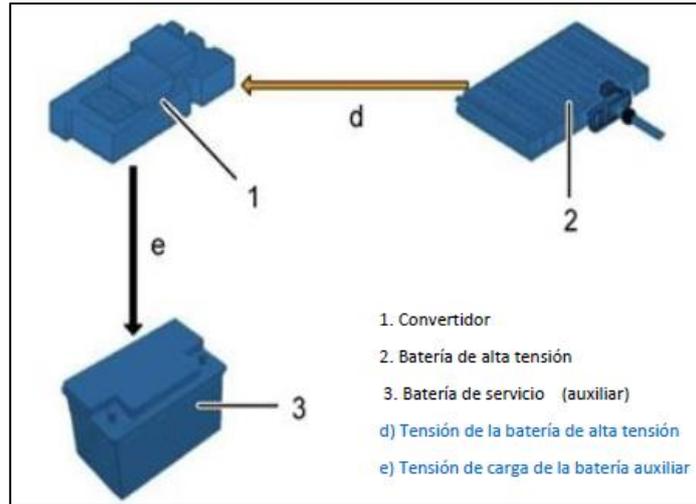


Figura 3.41: Esquema de carga de dos baterías y un convertidor en el vehículo.

Fuente: [1]

Todas estas transformaciones de corriente que son realizadas por los convertidores se basan en el mismo funcionamiento: semiconductores de potencia que funcionan como interruptores.

3.5. REDUCTOR

La transmisión es la conexión que hay entre el motor y las ruedas de tracción. En el caso de los vehículos eléctricos, esta se simplifica de manera considerable. Esto es debido al alto par que ofrecen los motores eléctricos desde muy bajas revoluciones, lo que hace que la caja de transmisión convencional con más de una velocidad no sea necesaria. Por eso la mayoría de los fabricantes de vehículos eléctricos utilizan una única relación de velocidades (*fixed-speed o single-speed*), debido al amplio rango de revoluciones que es capaz de adquirir el motor eléctrico.

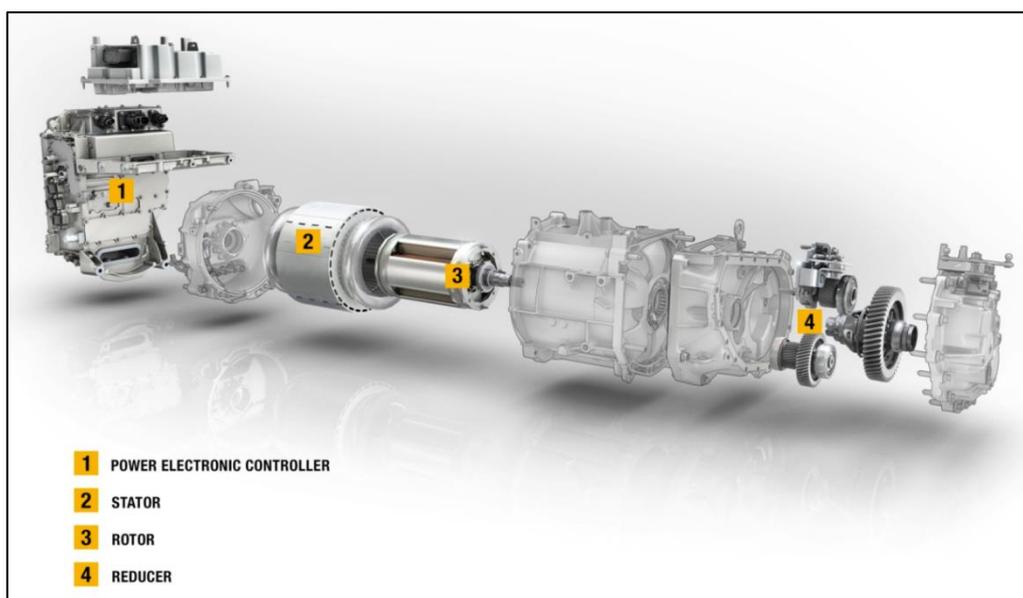


Figura 3.42: Esquema de la transmisión eléctrica de un vehículo.

Fuente: [1]

A pesar de la elevada eficiencia que tiene la transmisión de una única velocidad, se están desarrollando cajas de transmisión automáticas de 2 y 3 velocidades con el fin de conseguir unas eficiencias superiores.

El reductor permite transmitir la energía mecánica del motor a las ruedas, aumentando el par y reduciendo la velocidad de rotación respecto del motor eléctrico. Estos están formados por sistemas de engranajes, cuya función es conseguir un equilibrio perfecto entre la velocidad y la potencia transmitida en cada momento.

Con este sistema, se reducen las pérdidas de energía al no haber tantos elementos mecánicos implicados, y su instalación requiere de un espacio menor.

El reductor equivale a una caja de cambios de una sola velocidad. En el engrana el eje del motor eléctrico, reduciendo su velocidad de giro y repartiendo la potencia a los ejes de salida, que son los dos palieres que transmiten la fuerza de giro directamente a las ruedas. La marcha atrás se obtiene mediante la inversión del sentido de rotación del motor eléctrico.

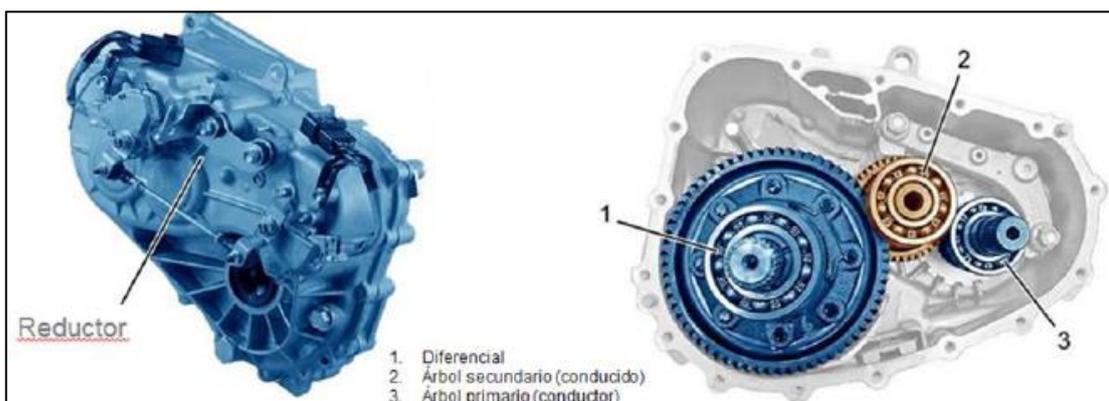
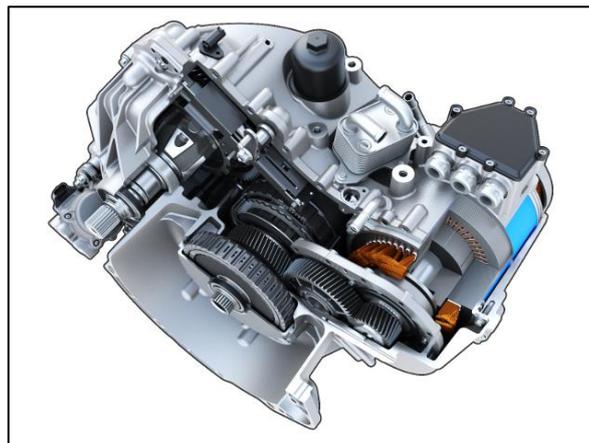


Figura 3.43: Reductor.
Fuente: [1]

3.6. CABLERÍA DE ALIMENTACIÓN

En los vehículos híbridos y eléctricos conviven dos circuitos eléctricos principales: uno trabaja con una tensión nominal de 12 o 24 V, destinado a la alimentación de los sistemas eléctricos auxiliares del vehículo como son los elevalunas, faros, sistema de audio etc, y otro destinado al sistema de alta tensión para impulsar al motor eléctrico, llegando hasta los 800 V en algunos casos.

Se entiende por cable de alta tensión aquel cuya tensión de funcionamiento es superior a los 60 V e inferior o igual a 1.500 V en corriente continua o superior a 30 V e inferior o igual a 1.000 en corriente alterna. Los cables de alta tensión deberán estar identificados mediante una cubierta exterior de color naranja. Así viene recogido en el Reglamento nº 100 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas.

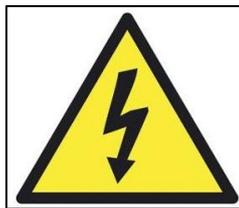


Figura 3.44: Señal de advertencia por riesgo eléctrico.
Fuente: Índice de figuras.

El cableado de alta tensión y alto amperaje, conecta la batería de alta tensión (HV) con el inversor, el inversor con el motor eléctrico y el inversor con el compresor de aire acondicionado (A/A). [1]

Como se indicó al inicio de este apartado, el cableado de alto voltaje ira por el interior de un tubo exterior de color naranja con revestimiento ignífugo y este deberá estar sujeto a la carrocería, de esta forma se avisa de la presencia de voltajes elevados.

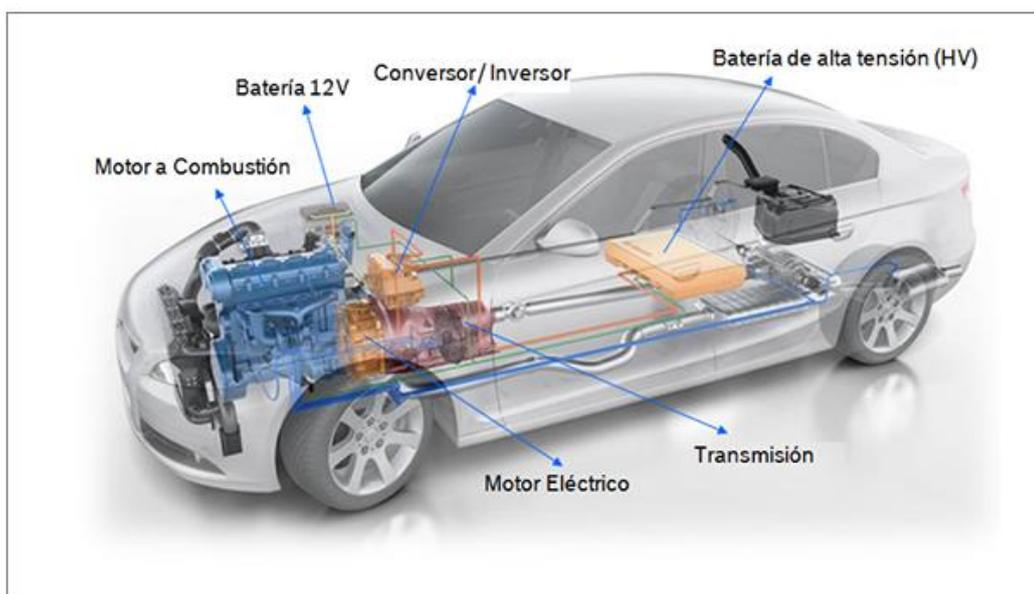


Figura 3.45: Distribución de la cablería de alta tensión en un vehículo híbrido.
Fuente: Índice de figuras.



CAPÍTULO 4

VEHÍCULOS HÍBRIDOS.



4. VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Las emisiones de CO₂ fruto del empleo de combustibles fósiles para la propulsión de vehículos que circulan por medio terrestre son una de las causas más evidentes y difíciles de controlar del cambio climático. A esto se añade el espectacular aumento del parque automovilístico en todo el mundo, lo que conlleva un mayor gasto de reservas de combustibles fósiles y otras fuentes de energía. Todo esto supone unas graves consecuencias medioambientales que obligan a plantear una serie de objetivos y limitaciones para conseguir cierto grado de bienestar económico y humano. Estas medidas se centran en la reducción de emisiones contaminantes y ruido, menor consumo de combustibles no renovables y un aumento de seguridad en el tráfico. Para ello, se pone de manifiesto desarrollar nuevas formas de transporte como son los vehículos eléctricos híbridos (HEV), híbridos enchufables (PHEV) y vehículos eléctricos puros (EV). Sin embargo, hasta que se consiga desarrollar un sistema eléctrico para vehículos idóneo, en el que se mejoran sus principales inconvenientes como son la autonomía o el tiempo de carga, una de las principales ideas de la investigación es acondicionar los motores térmicos para que cumplan con las exigencias sociales de la actualidad; por eso una solución a corto plazo son los vehículos híbridos e híbridos enchufables.

Según la SAE (Society of Automotive Engineers), la definición de vehículo híbrido es la siguiente: *“Híbrido es todo aquel vehículo que se pueda impulsar con dos o más fuentes diferentes de energía, ya sea de forma conjunta o independiente.”* Como dice la definición anterior, el funcionamiento de un vehículo híbrido se basa en la combinación de dos tipos de motores, uno eléctrico y otro convencional o de combustión interna, incorporando lo mejor de las mecánicas de combustión y de las eléctricas. En ellos, según los requerimientos de cada momento, se permite mover al vehículo con el motor térmico, consiguiendo una autonomía superior a la de los vehículos eléctricos (lo cual es su principal problema), a la vez que se reducen los niveles de consumo y emisiones gracias al apoyo que proporciona el motor eléctrico en las situaciones donde el motor térmico es más ineficiente.

Estos vehículos están concebidos como la transición de los vehículos convencionales a los vehículos eléctricos, ya que en ellos se logra una mayor eficiencia que en los térmicos pero no son tan limpios como los eléctricos. Por lo tanto se corrigen las principales limitaciones y problemas de cada tipo de vehículo. Pero no son ideales, ya que la tendencia es la electrificación total de la flota automovilística, y con ellos tan solo se puede ir educando a la sociedad para que vea con buenos ojos esta electrificación.

Un componente fundamental de estos tipos de vehículos son los acumuladores de energía, gracias a los cuales se puede almacenar energía eléctrica para alimentar al motor eléctrico. Estos acumuladores es posible recargarlos mediante la red eléctrica convencional en algunos casos, y mediante frenada regenerativa, gracias a la cual se produce una conversión de energía cinética producida durante las frenadas del vehículo a energía eléctrica que se almacenará en las baterías.

En la siguiente imagen se muestra el funcionamiento según las necesidades de los vehículos eléctricos híbridos:

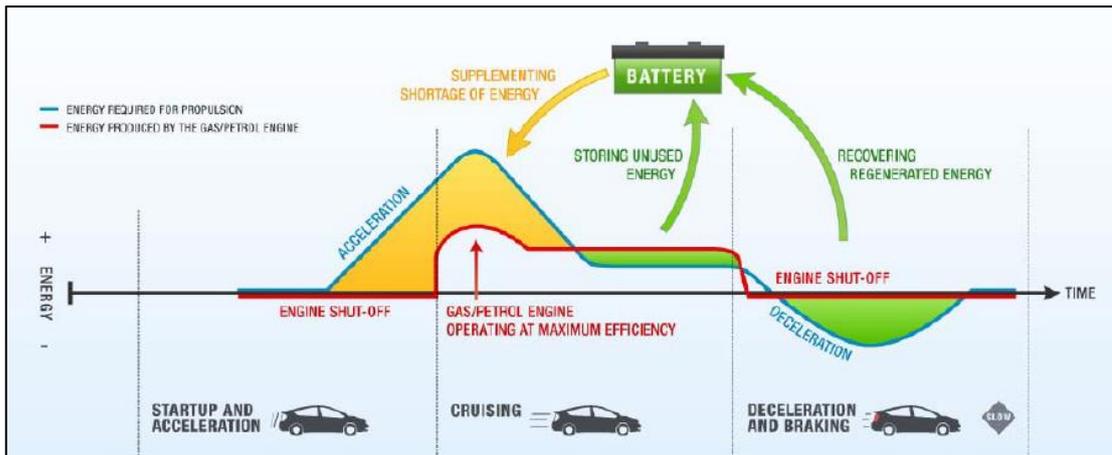


Figura 4.1: Funcionamiento básico del vehículo híbrido.

Fuente: Toyota Motor Company.

Sin embargo, también se presentan contras al uso de esta tecnología, como son los elevados costes de adquisición y la duda de obtener un beneficio real por parte del consumidor, ya que amortizar un vehículo híbrido es muy complicado, excepto para alguien que se mueva mayoritariamente por ciudad y adapte su estilo de conducción a obtener la máxima eficiencia posible de esta tecnología. Este es el motivo de que un gran número de ciudades adquieran buses híbridos como transporte colectivo urbano, ya que en estos casos sí se amortiza la gran inversión que supone la hibridación de la flota de buses.

La tecnología híbrida se sigue desarrollando para mejorar sus prestaciones, y un resultado de ello son los híbridos enchufables. Estos se pueden conectar a la red eléctrica para recargar sus baterías y por lo general aportan una autonomía en modo eléctrico superior. Pero la infraestructura actual carece de instalaciones suficientes para motivar al usuario a adquirir este tipo de vehículos.

4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Los vehículos híbridos se pueden clasificar en función de la configuración que presenten sus componentes mecánicos, o atendiendo al tipo de energía alternativa empleada o grado de hibridación eléctrica.

4.1.1. En función del tipo de configuración híbrida:

- **Híbrido en serie:** Configuración en la que el motor térmico no tiene conexión mecánica con las ruedas, si no que va acoplado a un generador, de tal forma que se usa para generar electricidad y cargar el paquete de baterías, así se alimentará el motor eléctrico que propulsará las ruedas. Su funcionamiento es muy similar al de un

vehículo eléctrico con la diferencia de que en este caso se puede generar energía durante la circulación para cargar las baterías y así lograr una mayor autonomía.

El sistema está formado por los siguientes componentes:

- Motor térmico: En este caso va acoplado a un generador y no al eje de transmisión. Funciona a un régimen óptimo, lo que reduce el consumo y emisiones, trabajando, por lo tanto de una manera más eficiente. En el momento en el que las baterías están completamente cargadas, el motor se desconecta temporalmente.
- Generador: Va acoplado al motor térmico y se encarga de generar la energía eléctrica que será enviada a las baterías acumuladoras.
- Motor eléctrico: Será el encargado de transmitir el movimiento al eje de transmisión para mover las ruedas y recibirá la energía eléctrica de las baterías. A su vez, puede funcionar como generador para recuperar la energía generada durante las deceleraciones, mediante freno regenerativo, y así recargar las baterías.

Esta configuración se caracteriza por ser únicamente el motor eléctrico el encargado de suministrar la potencia al eje de transmisión para impulsar el vehículo. El motor térmico no debe tener una alta potencia, ya que no va a necesitar responder a las exigencias del acelerador, tan solo generará la energía necesaria para ir cargando las baterías. Debido a esto tendrá unas dimensiones menores en comparación a las del motor de un vehículo térmico convencional. En consecuencia, no será necesaria la existencia de una caja de cambios para manejar el motor térmico, ya que este no estará conectado al tren de potencia, por lo que el rendimiento del motor será mayor al funcionar en regímenes óptimos. Debido a esta disociación entre las ruedas motrices y el motor, hay una mayor flexibilidad a la hora de situar cada elemento en la carrocería.

El motor eléctrico al tener un amplio rango de funcionamiento necesitará una transmisión reductora, para acoplar de manera adecuada el movimiento del motor al eje.

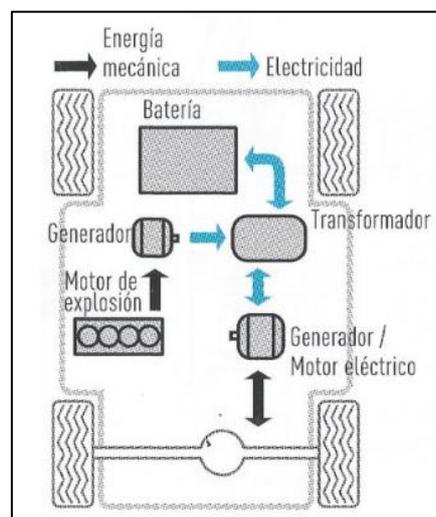


Figura 4.2: Sistema híbrido en serie.

Fuente: Índice de figuras.

Las ventajas de este sistema son:

- Los motores de combustión interna operarán siempre dentro de su región de máxima eficiencia, gracias que no tiene una conexión mecánica directa con la cadena cinemática.
- Flexibilidad a la hora de ubicar los componentes mecánicos y eléctricos.
- Simplicidad del funcionamiento y control de la transmisión.
- Más eficientes en viajes cortos, donde se reducen las emisiones considerablemente.

Sin embargo, tiene algunas desventajas como las que siguen:

- El generador y el motor eléctrico de elevada potencia generan un peso adicional al vehículo.
 - Debido a que el motor de eléctrico es la única fuente que impulsa al vehículo, debe dimensionarse para producir suficiente potencia para un desempeño óptimo en todas las situaciones de la conducción.
 - Las baterías deben tener grandes capacidades, ya que son las encargadas de proporcionar la energía eléctrica al motor para la circulación. [14]
- **Híbrido en paralelo:** El tren de potencia está formado tanto por un motor eléctrico como por un motor térmico, pudiendo funcionar cada uno de forma independiente o de manera conjunta. Ambos motores se encuentran acoplados al eje de accionamiento final de las ruedas.

Por el motivo anterior, en esta hibridación es necesario el empleo de un embrague que se encargue de seleccionar el movimiento del motor adecuado, o de ambos a la vez si la situación lo requiere.

Se trata de una configuración más compleja que la anterior, ya que hay que combinar las potencias suministradas por los motores térmico y eléctrico de la forma más óptima posible para conseguir vencer la potencia requerida por la tracción mecánica.

El motor eléctrico al no trabajar de forma constante, tendrá un volumen más pequeño que en los híbridos en serie. A su vez el motor de combustión aportará un trabajo mayor, por lo que será imposible que funcione siempre en puntos óptimos de rendimiento, por lo que el rendimiento total de la instalación será menor.

Cabe destacar que ahora no es posible recargar las baterías eléctricas mediante el motor térmico, pues no existe un generador dedicado para tal fin. Por eso, las baterías solo podrán ser cargadas mediante suministro eléctrico externo (híbrido enchufable) o mediante frenada regenerativa actuando el motor eléctrico como generador.

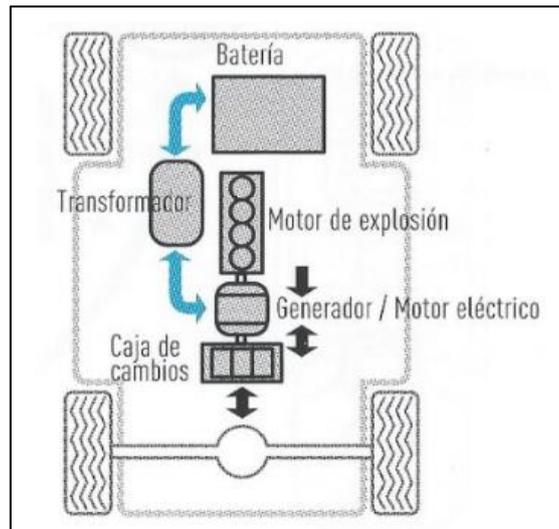


Figura 4.3: Sistema híbrido en paralelo.

Fuente: Índice de figuras.

Las ventajas de la configuración en paralelo sobre la de serie son las siguientes: [24]

- Tanto el motor eléctrico como el de combustión suministran potencia a las ruedas, y al no necesitar una conversión de energía previa, las pérdidas de energía son menores.
- Tanto el motor de combustión como el eléctrico tienen un tamaño más reducido, ya que durante la conducción se pueden complementar.
- La batería, como consecuencia a lo anterior, puede tener un menor tamaño.

En cuanto a las desventajas:

- El vehículo no puede obtener soporte del motor eléctrico cuando la carga de la batería es baja.
 - La complejidad del control mecánico aumenta significativamente.
 - El hecho de que el motor térmico esté acoplado al eje de transmisión, supone que no puede funcionar en una región acotada de eficiencia, teniendo que ajustarse a los distintos modos de conducción. Por tanto el rendimiento total será inferior. [14]
- **Híbrido combinado:** Se trata de una configuración que combina los dos sistemas anteriores, conectando el motor térmico, motor eléctrico y el generador mediante un engranaje planetario. La implantación de este engranaje supone un aumento de peso y de costes debido a su complejidad mecánica y electrónica.



Figura 4.4: Engranaje planetario Toyota Prius.
Fuente: Toyota Motor Corporation.

El sistema en condiciones normales funcionara como hibrido paralelo, combinando las potencias de los motores eléctrico y térmico, aunque en función de los requerimientos de la tracción también puede funcionar en serie, donde la energía del motor térmico se aprovecharía para mover el generador y producir energía eléctrica.

Por tanto, cualquier combinación de los motores sirve para impulsar el vehículo. Es la solución más eficiente de todas, pero también la más compleja.

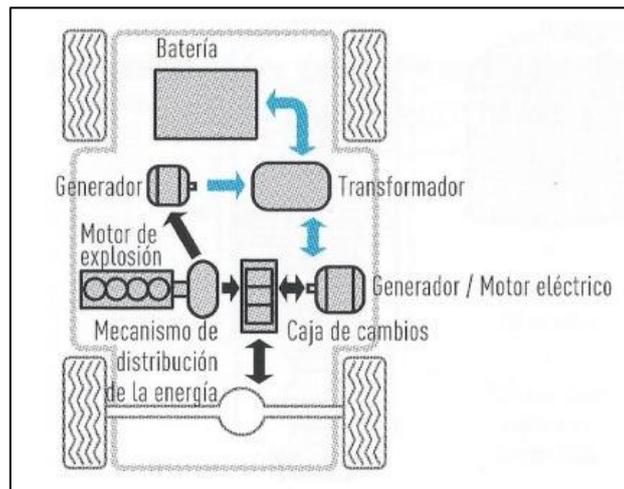


Figura 4.5: Sistema híbrido combinado.
Fuente: Índice de figuras.

Las ventajas de este sistema mixto respecto a los dos anteriores son las siguientes:

- El motor de combustión puede ser conectado al eje de transmisión en aquellos momentos en los que opere en el rango de máximo rendimiento y mínimo consumo.
- El sistema aunque es más complejo, su control es relativamente sencillo, consiguiendo que el funcionamiento del conjunto sea óptimo.

La principal desventaja que encontramos es la complejidad mecánica, lo que supone un incremento del precio de diseño y fabricación.

4.1.2. En función del grado de hibridación eléctrica (GHE) o tecnología alternativa empleada:

- **Vehículos con GHE bajo o micro-híbrido:** Estos vehículos disponen de un sistema denominado STAT/STOP. Este sistema apaga el motor térmico cuando el vehículo se detiene durante un tiempo prolongado en lugar de dejarlo en ralentí, dejando de consumir combustible.



Figura 4.6: Sistema Start/Stop.

Fuente: Índice de figuras.

Cuando se va a iniciar la marcha, al pisar el embrague y engranar la primera velocidad (si el vehículo no es automático) o el acelerador (en los automáticos), un motor eléctrico de arranque enciende el motor térmico utilizando la energía acumulada en la batería durante la detención. Por tanto, el ahorro de combustible que proporciona este sistema se encuentra ligado al ámbito urbano, donde las paradas y reanudación de la marcha son frecuentes.

Pero para que el sistema funcione correctamente es necesaria la instalación de una serie de elementos en el vehículo. Entre ellos se encuentra un motor de arranque y un alternador reversible, un software de regulación, el sensor de la batería (BMS), sensores en el cigüeñal y en los pedales del vehículo, y un sensor de vacío en el servofreno.

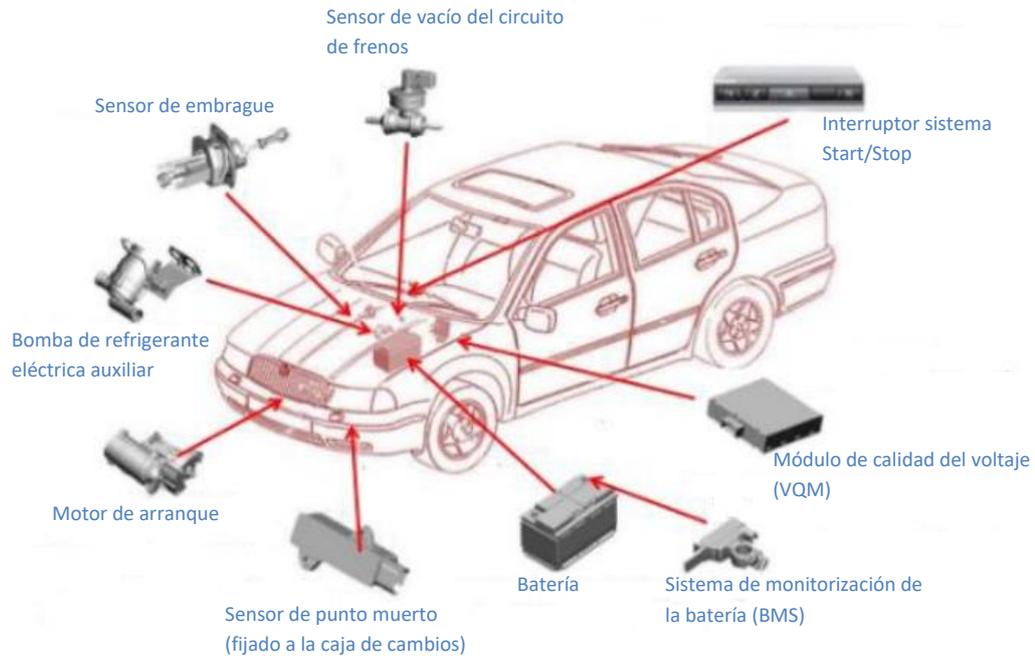


Figura 4.7: Elementos del sistema Start/Stop.

Fuente: [1]

El ahorro de combustible puede llegar al 8% en comparación con un vehículo térmico convencional. Sin embargo, este tipo de vehículos no es un híbrido como tal, ya que la potencia de impulso del coche es proporcionada por un motor térmico únicamente. Tan solo se denomina así a los vehículos que equipan este sistema de parada inteligente, pues supone un ahorro de combustible y de reducción de emisiones nocivas. Este sistema está siendo integrado tanto en buses de trayecto urbano como de largo recorrido y en todo tipo de turismos.

El sistema Start/Stop fue creado como resultado de la concienciación acerca del cambio climático y los gases de efecto invernadero, y su desarrollador fue Bosch. Gracias a él, se están pudiendo cumplir las exigencias legislativas impuestas en la UE en materia medioambiental a la vez que se reduce el consumo de combustible. Una de las medidas implantadas por la UE es el Ciclo de homologación de consumo y emisiones WLTP (*Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure*), el cual suprime al antiguo Ciclo NEDC. El Ciclo WLTP ofrece una mayor rigurosidad en la realización de las pruebas, exprimiendo al máximo cada vehículo y asegurando un comportamiento más real de los conductores ordinarios. En el caso de las pruebas realizadas a vehículos eléctricos, el resultado se arrojará en kilovatios-hora.

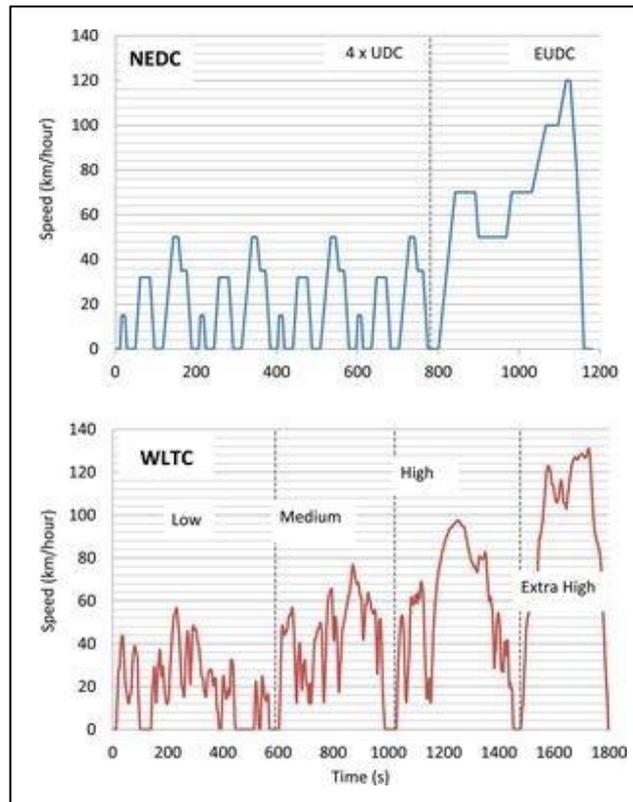


Figura 4.8: Ciclo de homologaciones NEDC y WLTP.

Fuente: Índice de figuras.

El avance de la tecnología y la necesidad de imponer este sistema para cumplir con las estrictas normas medioambientales ha llevado a que todos los fabricantes cuenten con vehículos de estas características en su gama. Aunque bien es cierto que debido a las altas exigencias para el cumplimiento de la normativa, es necesario el empleo de otras tecnologías que ayuden a reducir el consumo y las emisiones.

- **Vehículos con GHE media, *mild-hybrid* o híbrido de 48V (MHEV):** Estos vehículos surgen de la necesidad de los fabricantes de cumplir las recientes normativas anticontaminación, cada vez más drásticas, junto con el nuevo ciclo de homologación de consumo y emisiones WLTP. Para ello los fabricantes se centran en la electrificación total o parcial de sus flotas.

En este tipo de hibridación se incorpora un pequeño motor eléctrico que asiste al motor térmico en los momentos en que este es menos eficiente, como puede ser en las aceleraciones o cambios de marcha. Para ello se conecta la correa del motor eléctrico a la polea del cigüeñal, lo que permite dar ese plus de potencia y par al motor térmico. De esta forma se consigue optimizar el uso del **motor de combustión**, siendo este **el único que se encargue de impulsar al vehículo**. Además será necesario incluir una serie de baterías de pequeño tamaño (1-2 kWh y 48V) que permitan

almacenar la energía que será empleada para activar el motor y otros sistemas eléctricos auxiliares.

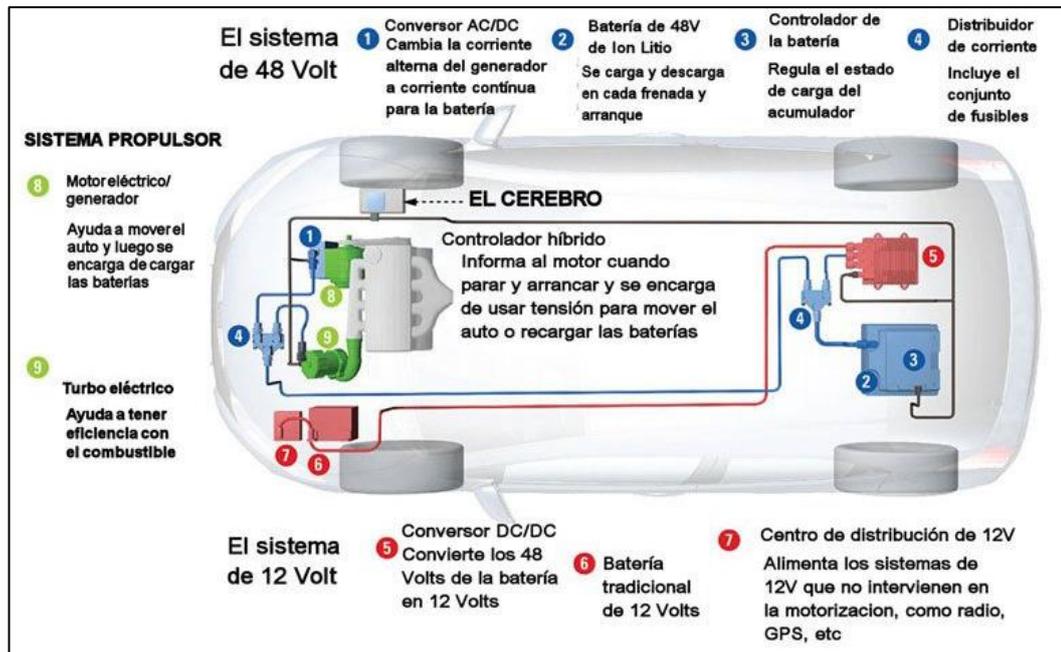


Figura 4.9: Esquema de funcionamiento de un híbrido de 48 V.

Fuente: Índice de figuras.

Como vemos, estos vehículos incluyen dos sistemas eléctricos independientes, uno de 48V y otro de 12V. Para conseguir transformar la corriente se emplea un convertidor DC/DC, tal y como se puede apreciar en la imagen superior. La idea de equipar un sistema de 48V es mantener el sistema eléctrico por debajo del umbral de alta tensión, considerado este en 60V, por lo que así se aumenta la seguridad ante el riesgo de fuga eléctrica.

El motor eléctrico a su vez funciona como generador de energía eléctrica, aprovechando la energía generada durante las frenadas, lo que se conoce como frenada regenerativa. Esta energía se almacena en baterías de 48 V y tras convertirla a corriente de 12V en el convertidor se emplea para alimentar los sistemas auxiliares (elevalunas, climatizador, ABS, dirección asistida etc). En los vehículos convencionales estos sistemas eran alimentados por la electricidad generada gracias al combustible, por tanto, con esta hibridación se reduce este consumo.

Para los fabricantes esta “hibridación leve” supone una forma inicial bastante económica y apropiada para reducir el consumo y las emisiones, aunque existen diferentes tipos difiriendo principalmente en la función del motor eléctrico, que puede funcionar como apoyo para el motor térmico o incluso proporcionar tracción a bajas velocidades, como en atascos o aparcamientos.

Actualmente los *mild hybrid* no son muy populares, debido principalmente a la falta de publicidad. Aun así, muchas marcas incorporan estos modelos en sus flotas,

entendiendo que se tratan de una solución temporal, un paso intermedio que permite la evolución de la tecnología eléctrica aplicada a la automoción hacia los híbridos enchufables y los vehículos eléctricos puros.

Como conclusión, destacar que pese a la integración de las dos motorizaciones diferentes, el vehículo no puede funcionar únicamente con tracción eléctrica, siendo esta la principal diferencia con un híbrido convencional. Este simplemente es un apoyo al motor de combustión para optimizar su funcionamiento, llegando a conseguir unos ahorros de combustible del 20%.

- **Vehículos con GHE alta, híbrido puro o *full hybrid*:** Están equipados con un motor eléctrico con potencia suficiente para poder impulsar el vehículo mientras el motor térmico está apagado. En este grupo se diferencian varios tipos:
 - **Híbridos puros (HEV):** En esta categoría se encuentran los vehículos híbridos en los que el motor eléctrico tiene suficiente potencia para mover el vehículo, llegando a velocidades superiores a los 50 km/h, pero su función principal es dar apoyo al motor de combustión, buscando la máxima eficiencia y sostenibilidad energética.

La electrónica de estos vehículos permite que el motor eléctrico actúe como motor y como generador, de tal forma que al reducir velocidad empleando el freno, el motor eléctrico actúa como generador recargando las baterías. El vehículo podrá circular en modo eléctrico hasta que las baterías se descarguen, momento en el que entrará en funcionamiento el motor de combustión. Debido a estas características, el modo puramente eléctrico resulta especialmente aconsejable en entornos urbanos, donde hay muchas frenadas y permiten tener siempre carga disponible, permitiendo un ahorro de combustible que puede llegar el 25% respecto a la versión convencional.

El motor térmico, puede tener distintas disposiciones y funciones, pudiendo dar lugar a un híbrido en serie, paralelo o combinado. Suelen tener menos potencia debido al apoyo que le da el motor eléctrico durante la conducción, y por lo general en los híbridos en serie están diseñados para funcionar en un régimen óptimo de consumo durante la producción de electricidad para cargar las baterías.

La capacidad de las baterías depende del tamaño y del espacio del que disponga la plataforma de montaje. Por lo general, van desde unos pocos kWh hasta los 10 kWh. En función de ellas se obtendrá el valor de la autonomía en modo eléctrico. Por lo general las baterías de los híbridos enchufables son de mayor tamaño que las del resto de híbridos.

En cuanto a la flota eléctrica, la realidad es que la movilidad eléctrica sigue ganando aceptación entre la población. Los vehículos híbridos se están

convirtiendo en un éxito comercial, teniendo en cuenta la escasa infraestructura de recarga existente y que son la transición lógica hacia la movilidad 100% eléctrica, que también sigue aumentando. A pesar de crecer por encima de la media del mercado, sus unidades siguen siendo muy inferiores respecto a los vehículos convencionales.

En 2018, las entregas de vehículos alternativos crecieron un 62% respecto a 2017, alcanzando las 115.147 unidades matriculadas. La tecnología alternativa que más matriculaciones ha registrado en el ejercicio 2018 ha sido híbrida. Los vehículos híbridos no enchufables alcanzaron las 76.118 matriculaciones y los híbridos enchufables crecieron un 70% en 2018 con 5.683 entregas. [26]

Matriculaciones de vehículos por tipo y fuente de energía						
	2014	2015	2016	2017	2018	Variación 17/18
Turismos y todoterreno	855.308	1.034.232	1.147.009	1.234.932	1.321.437	7,00%
Gasolina	275.045	360.967	459.171	570.008	739.531	29,74%
Diésel	565.477	650.093	651.617	597.006	473.477	-20,69%
Híbrido diésel	258	136	80	132	1.218	822,73%
Híbrido gasolina	11.825	18.270	30.817	55.420	74.555	34,53%
Eléctricos	974	1.342	2.005	3.920	5.982	52,60%
Eléctricos e-REV	102	119	138	186	148	-20,43%
Híbrido enchufable diésel (PHEV)	31	16	32	63	48	-23,81%
Híbrido enchufable gasolina (PHEV)	298	771	1.479	3.279	5.635	71,85%
Hidrógeno	0	0	0	0	1	--
GLP	1.130	2.256	1.321	3.588	17.088	363,34%
GNC	140	262	349	1.230	3.754	205,20%
GNL	28	0	0	0	0	--
Comerciales ligeros	113.782	154.765	172.106	198.821	214.208	7,74%
Derivados furgonetas y pick up	75.733	101.068	110.066	122.242	131.221	7,35%
Gasolina	954	4.217	6.921	10.709	15.620	45,86%
Diésel	74.143	95.855	102.026	109.515	110.459	0,86%
Eléctricos	433	615	826	977	1.822	86,49%
GLP	153	314	207	778	2.569	230,21%
GNC	50	67	86	263	750	185,17%
GNL	0	0	0	0	1	--
Comerciales <=3,5	38.049	53.697	62.040	76.579	82.987	8,37%
Gasolina	16	37	24	28	41	45,43%
Diésel	37.999	53.596	61.903	76.411	82.779	8,33%
Eléctricos	0	0	23	0	3	--
GLP	0	0	0	0	1	--
GNC	32	64	90	137	159	16,06%
GNL	2	0	0	3	4	33,33%
Vehículos industriales	18.190	25.209	28.220	28.482	27.842	-2,25%
Industriales >3,5	16.214	22.431	24.699	24.663	24.177	-1,97%
Gasolina	6	0	6	4	0	-100,00%
Diésel	16.169	22.373	24.354	24.154	23.457	-2,89%
Híbrido diésel	0	0	7	47	85	80,85%
Eléctricos	0	0	2	3	4	33,33%
GLP	0	1	0	0	5	--
GNC	33	53	288	426	333	-21,83%
GNL	6	4	42	29	293	910,34%
Microbuses y autobuses	1.976	2.778	3.521	3.819	3.665	-4,03%
Gasolina	4	2	1	0	0	--
Diésel	1.887	2.647	3.108	3.313	2.976	-10,17%
Híbrido diésel	31	62	142	172	260	51,16%
Eléctricos	3	1	10	18	22	22,22%
Eléctricos e-REV	5	1	0	0	0	--
GNC	42	65	260	316	407	28,80%
GNL	4	0	0	0	0	--
Total	987.280	1.214.206	1.347.335	1.462.235	1.563.487	6,92%

Tabla 4.1: Matriculaciones de vehículos por tipo y fuente de energía en 2018 en España.

Fuente: [26]

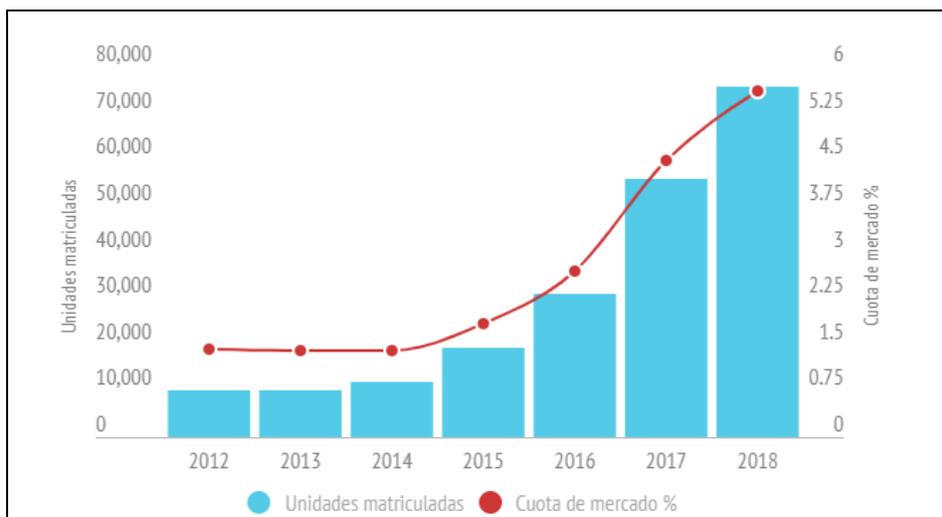


Figura 4.10: Matriculaciones de híbridos no enchufables en España.

Fuente: Índice de figuras.

Como se aprecia en la tabla, y en relación a este proyecto, los vehículos industriales híbridos aumentaron sus matriculaciones en un 80%, y en cuanto al parque de autobuses de esta tipología aumento en un 51,16%. Estos datos son un reflejo de la evolución de la sociedad hacia la electrificación del parque automovilístico, apostando por una tecnología mucho más limpia y ayudando a las mejoras en infraestructura en todo el mundo. Si nos centramos en el tipo vehículo híbrido no enchufable y las matriculaciones en 2018, los datos quedan recogidos en la siguiente imagen, donde se aprecia el parque nacional de híbridos no enchufables, siendo todos muy positivos habiéndose incrementado un 45% las cifras del año 2017.

// Parque nacional de vehículos híbridos no enchufables según tipo

	TURISMOS		COMERCIALES E INDUSTRIALES		AUTOBUSES Y AUTOCARES		TOTAL*	
	Nº vehículos	% S/Año ant.	Nº vehículos	% S/Año ant.	Nº vehículos	% S/Año ant.	Nº vehículos	% S/Año ant.
2014	55.608	16,3	173	4,2	4	--	55.827	16,3
2015	62.778	12,9	212	22,5	29	625,0	63.082	13,0
2016	110.088	75,4	396	86,8	145	400,0	110.757	75,6
2017	164.222	49,2	499	26,0	307	111,7	165.271	49,2
2018	238.329	45,1	800	60,3	488	59,0	240.008	45,2

Tabla 4.2: Parque nacional de vehículos híbridos no enchufables.

Fuente: [26]

- **Híbrido enchufable o Plug-In hybrid (PHEV):** Se trata de vehículos cuyo funcionamiento es igual al tipo anterior, con la salvedad de que las baterías además pueden ser recargadas al ser enchufadas a la red eléctrica. Para ello disponen de un puerto de carga en las que los vehículos más modernos

incluyen diferentes tomas, tanto de carga normal como de carga rápida. Estas tomas podrán ser conectadas en puntos específicos de carga en vía urbana o en el entorno doméstico.

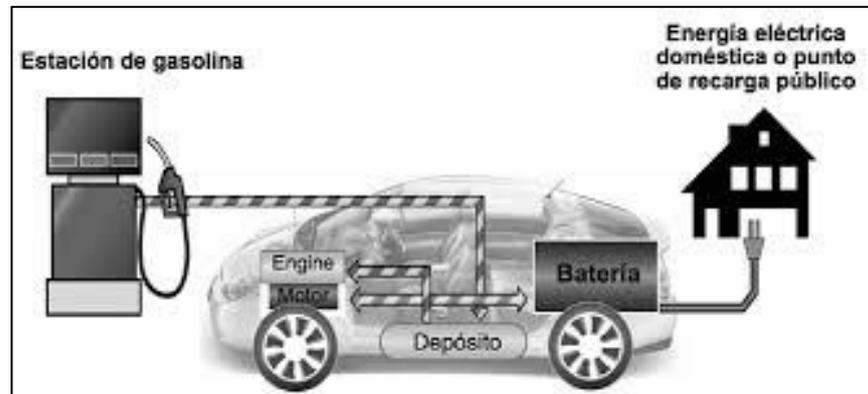


Figura 4.11: Puerto de carga de un PHEV.

Fuente: Índice de figuras.

Por lo general tienen una autonomía bastante superior en modo eléctrico, lo que conllevaría un mayor ahorro en combustible. Pero también tienen aspectos negativos, como por ejemplo el encarecimiento de los PHEV respecto de los híbridos convencionales y un aumento de peso como consecuencia de equipar baterías más grandes. Este tipo de vehículo, a diferencia del tipo anterior, ofrecen autonomías en modo eléctrico de unos 60 km, gracias a que la capacidad media de los híbridos enchufables se encuentra a partir de los 15 kWh.

Por otra parte, se espera que la mayoría de usuarios recargue sus vehículos durante la noche, con lo cual se aprovecharían las horas de baja demanda del sistema de generación eléctrica, cuya producción tiene un menor costo. [1]

Como se ha indicado anteriormente, estos vehículos son la transición natural hacia una movilidad 100% eléctrica, por lo que al disponer de un motor de combustión se consigue solucionar el principal problema de los vehículos eléctricos actualmente: la autonomía. Si las baterías se agotan durante la conducción en modo eléctrico, entraría en funcionamiento el motor de combustión dotando al vehículo de una elevada autonomía. Esto permitiría al usuario llegar al punto de carga más cercano y mientras tanto, las baterías irían almacenando carga mediante la frenada regenerativa.



Figura 4.12: Recarga en vía urbana de los PHEV.

Fuente: Índice de figuras.

Otra ventaja importante de esos vehículos, es que son más ecológicos que los híbridos convencionales, por lo que cuentan con la etiqueta ECO de la DGT. Esto hace que puedan aparcar de forma gratuita en las zonas de estacionamiento regulado y acceder a zonas restringidas de circulación cuando están activos los protocolos anticontaminación.

En cuanto a los inconvenientes de esta tecnología, al igual que los vehículos eléctricos, son la escasez de puntos de carga e infraestructura que actualmente hay en todo el territorio. Además, se debe añadir el aumento de precio respecto a las versiones híbridas, que va ligado al aumento de la capacidad de la batería.

Hoy por hoy es el tipo de vehículo con mejores prestaciones en cuanto a funcionamiento y a reducción de impacto ambiental sin tener problemas de autonomía.

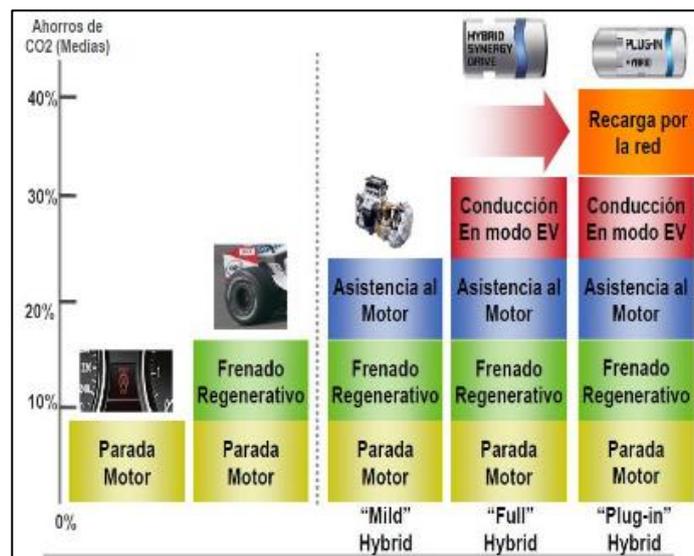


Figura 4.13: Niveles de hibridación.

Fuente: Toyota Motor Corporation.

- **Híbrido de rango extendido (EREV):** Este tipo de vehículos funciona según lo explicado en el apartado 4.1.1. clasificación de vehículos híbridos “*en función del tipo de configuración híbrida*”, donde se describía el funcionamiento de los híbridos en serie, en los que el motor de combustión no tiene conexión directa con la transmisión y es empleado únicamente para generar electricidad y recargar las baterías. Por eso, los motores térmicos que equipan este tipo de vehículos son de un tamaño reducido y funcionan a un régimen óptimo, con el máximo rendimiento posible, consiguiendo un consumo muy reducido. En el momento en el que la batería está completamente cargada, el motor térmico se desconecta, hasta que se vuelve a requerir su funcionamiento. En cuando a la capacidad de las baterías, en los turismos van desde los 16 kWh hasta los 32 kWh, estando cerca de la capacidad conseguida en los modelos eléctricos.

En España, el mercado de estos vehículos es muy reducido, debido principalmente a la escasez de modelos que ofrecer a los usuarios. Como se puede observar en la siguiente imagen, la tendencia que sigue el mercado es al equilibrio de los híbridos enchufables y los eléctricos puros, mientras que los eléctricos de autonomía extendida quedan en un puesto muy inferior a ambos.

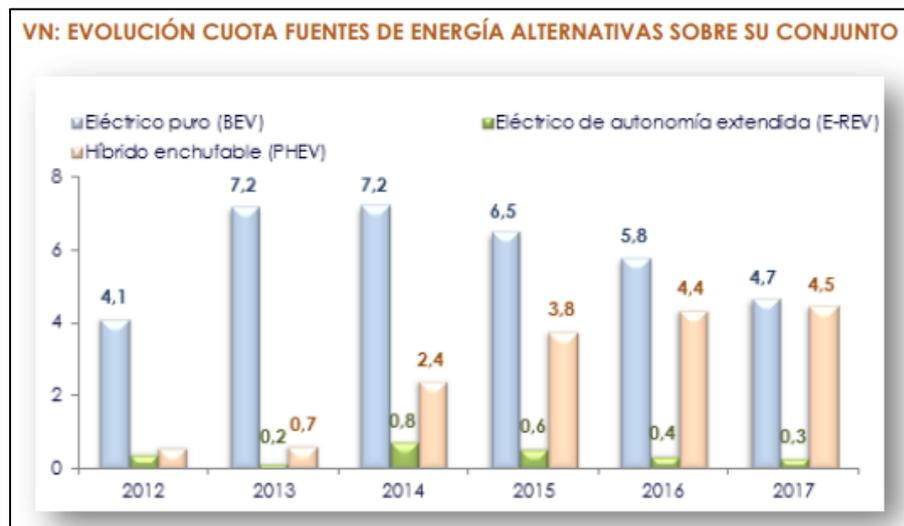


Figura 4.14: Evolución del mercado automovilístico de fuentes de energía alternativas.

Fuente: IDEAUTO [35].

La principal ventaja de este tipo de vehículos es el aumento de autonomía que se consigue, y la posibilidad de recargar las baterías durante la marcha empleando el frenado regenerativo. Además, los modelos incluyen puertos de cargas para conectarlos a la red eléctrica. En cuanto a sus inconvenientes encontramos el aumento de peso debido a la incorporación de los dos motores y la batería, y en especial el hándicap que supone no poder recargar la batería con el motor térmico durante la conducción.

La principal razón por la que los fabricantes no han lanzado estos vehículos al mercado es la complejidad del sistema y su elevado precio de venta, optando por los híbridos enchufables.

- Híbrido de pila de combustible (FCHV):** Los vehículos eléctricos de pila de hidrógeno (Fuel Cell Hybrid Vehicle) son vehículos alternativos cuyo funcionamiento se basa en la electricidad generada a partir de una reacción química de hidrógeno, con la gran ventaja de no generar gases nocivos durante su funcionamiento.

El hidrógeno, empleado como combustible, libera energía al reaccionar químicamente, con la peculiaridad de que es el único combustible que al combinarse con oxígeno genera agua como subproducto de su reacción, no emitiendo nada de CO₂, convirtiéndose en una fuente de energía completamente ecológica. [27]

Otro aspecto destacado del hidrógeno como combustible es que tiene, con diferencia, el mayor poder calorífico. De hecho, un kilogramo de hidrógeno es capaz de liberar casi el triple de energía que un kilogramo de gasolina o gas natural. El principal inconveniente del hidrógeno es su baja densidad (casi 14 veces menor que el aire), lo que complica su almacenamiento, en especial, en depósitos pequeños, ligeros y seguros como los de un vehículo. Debido a la baja densidad energética que ofrece, se comprime a una presión de hasta 700 bares y se enfría hasta conseguir licuarlo en el depósito, reduciendo su volumen. Los depósitos de los vehículos disponibles tienen una capacidad de unos 5 kg de hidrógeno, están fabricados de un polímero de alta resistencia, impermeable y reforzado con fibra de carbono, que se introducen dentro de un armazón de aluminio y permiten una autonomía de, aproximadamente, 500 km.

Fuel	LHV (MJ/kg)	HHV (MJ/kg)	Stoichiometric		Flame Temperature (°C)	Min. Ignition Energy (MJ)	AutoIgnition Temperature (°C)
			Air/Fuel Ratio (kg)	Combustible Range (%)			
Methane	50.0	55.5	17.2	5–15	1914	0.30	540–630
Propane	45.6	50.3	15.6	2.1–9.5	1925	0.30	450
Octane	47.9	15.1	0.31	0.95–6.0	1980	0.26	415
Methanol	18.0	22.7	6.5	6.7–36.0	1870	0.14	460
Hydrogen	119.9	141.6	34.3	4.0–75.0	2207	0.017	585
Gasoline	44.5	47.3	14.6	1.3–7.1	2307	0.29	260–460
Diesel	42.5	44.8	14.5	0.6–5.5	2327		180–320

Tabla 4.3: Comparativa del hidrógeno con otros combustibles.

Fuente: Índice de tablas.

El funcionamiento de estos vehículos está basado en un proceso electroquímico, resultante de mezclar oxígeno e hidrógeno, para producir la pila de combustible. Su configuración mecánica es similar a los híbridos de rango extendido (EREV), pero se sustituye el motor térmico por la pila de combustible. Esta pila de combustible

genera energía eléctrica, para recargar las baterías acumuladoras de energía, y agua (H_2O) que es expulsada por el tubo de escape en forma de vapor.

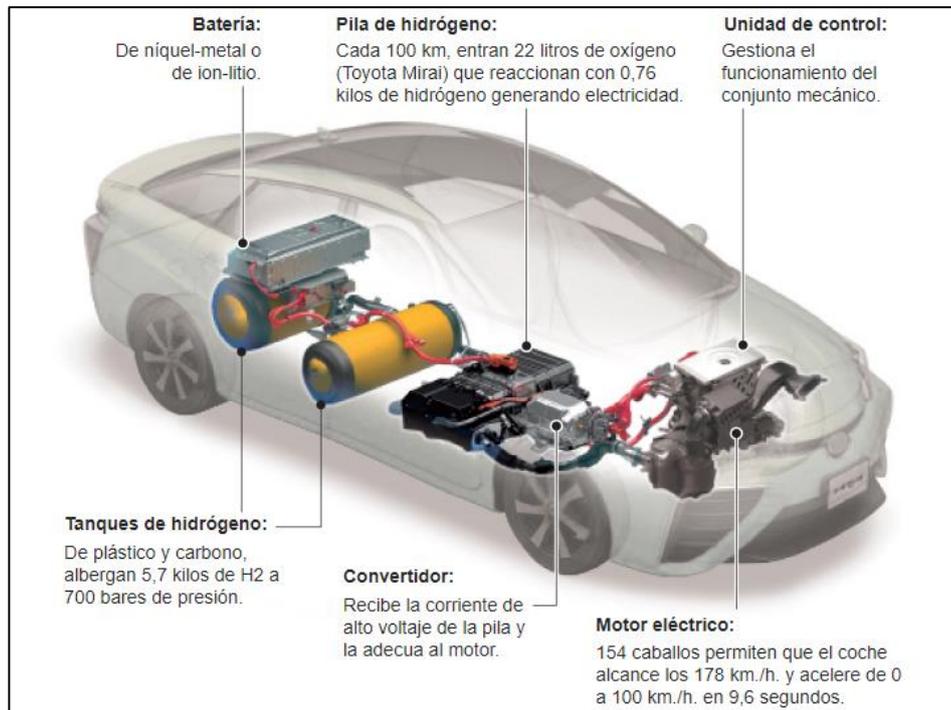


Figura 4.15: Funcionamiento de un vehículo FCHV. Vehículo Toyota Mirai.

Fuente: Índice de figuras.

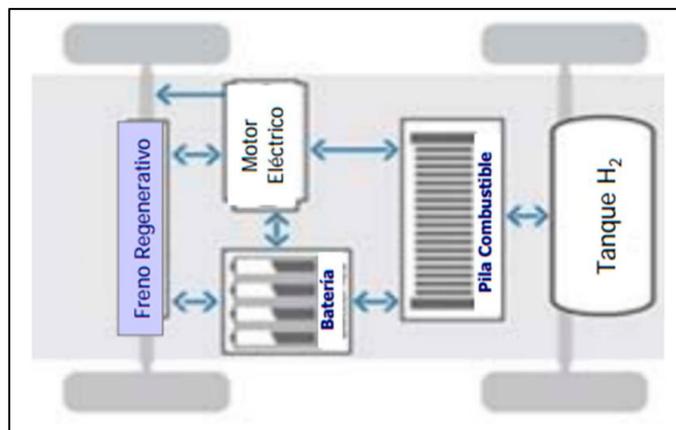


Figura 4.16: Híbrido de pila de combustible.

Fuente: Índice de figuras.

Las pilas de combustible son unos dispositivos electroquímicos que transforman directamente la energía química de un combustible en electricidad. Dentro de la pila, hay varias celdas electroquímicas en las que cada una consta de dos electrodos (en uno reacciona el hidrógeno y en el otro el oxígeno) separados por un electrolito por el cual circulan los iones que completan las reacciones. En cada celda el proceso es el siguiente:

El hidrógeno se suministra de manera continua al ánodo, donde se separa en protones y electrones. Los protones generados atraviesan la membrana semipermeable, pero los electrones no pueden cruzarla debido a que no es conductora electrónica, por lo que buscan salida a través de un circuito alternativo: el formado por las capas difusoras; creando una corriente eléctrica. Por la otra cara, el aire proveniente de la parrilla delantera entra a través de los canales del cátodo, atraviesa la capa difusora y el oxígeno se combina en la capa catalítica con los protones que pasan a través de la membrana y los electrones del circuito exterior, generando agua y calor (Ec. 2). Estos dos subproductos son evacuados de la pila. [28]. La corriente eléctrica atraviesa el transformador, que incrementa el voltaje de la electricidad producida en la pila de combustible para una óptima utilización en el vehículo.

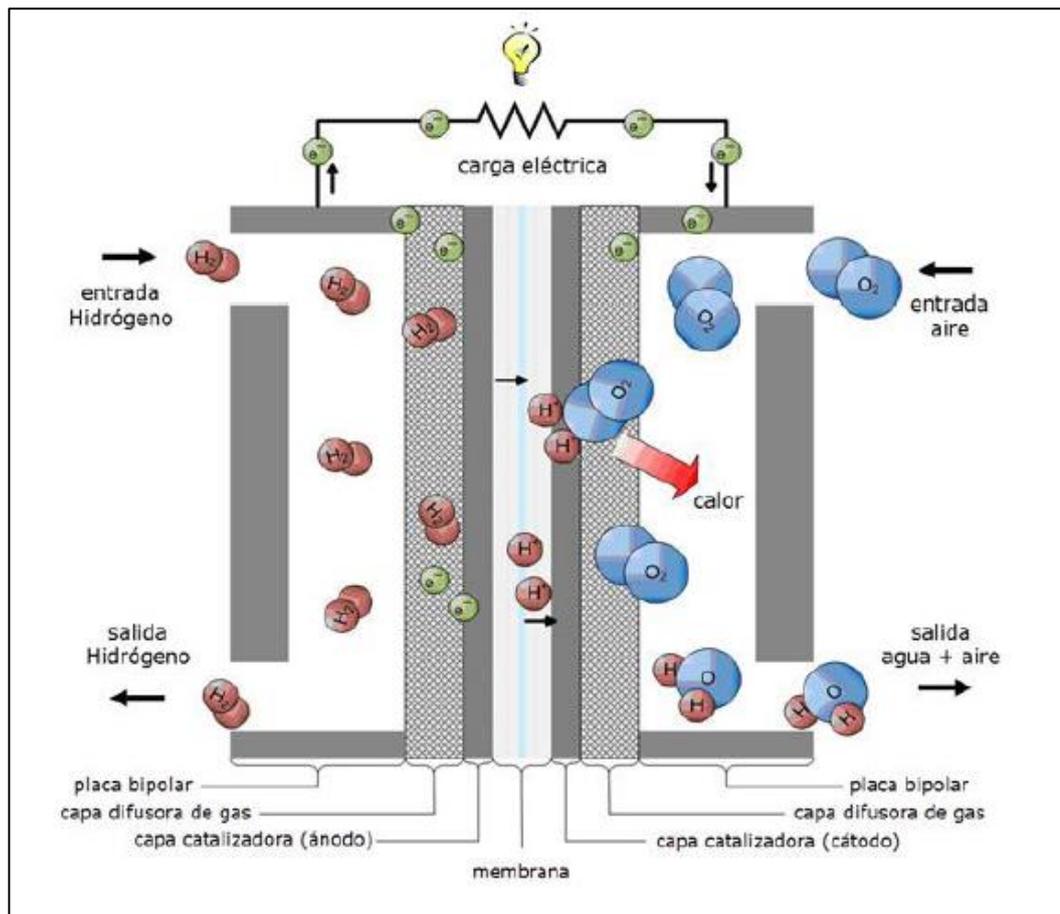
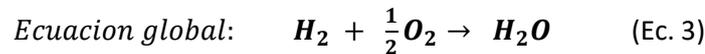
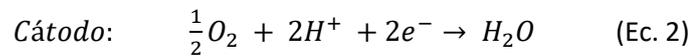


Figura 4.17: Esquema pila de combustible.

Fuente: [1]

Estas pilas operan en un rango de 230 a 260 V. Tienen una eficiencia superior al 60% y el principal elemento auxiliar es un turbocompresor eléctrico o “ventilador de recirculación”, que fuerza la entrada de aire en las células y a su vez devuelve el hidrógeno no utilizado al ánodo.

En cuanto a las ventajas de esta tecnología cabe destacar:

- Al ser una reacción electroquímica en lugar de un proceso termodinámico, el rendimiento no se ve limitado, pudiéndose conseguir eficiencias energéticas más elevadas que en un vehículo de combustión. Esto implica un menor consumo y, consecuentemente, un menor impacto ambiental.
- Dentro de las pilas de combustible no existen piezas móviles, por lo que los niveles de ruido y vibraciones son menores. A su vez, no existe desgaste mecánico entre piezas por lo que se requiere un menor mantenimiento.
- La pila de combustible opera a una temperatura inferior a la de un motor, lo que simplifica los circuitos de refrigeración y reduce los niveles de corrosión.
- Los tiempos de recarga en estos vehículos de pila de hidrogeno son inferiores respecto a los vehículos eléctricos, pudiendo rellenar el depósito de hidrogeno en unos 5 minutos, tiempos similares a los de llenar un depósito de gasolina o gasoil.
- Los vehículos de pila de hidrogeno tienen un rango de conducción comparable a los vehículos de gasolina o diesel.
- La gran ventaja de esta tecnología hace referencia al medio ambiente, y es que las pilas de combustible solo emiten agua por el tubo de escape, lo que reduce las emisiones nocivas completamente.

Aunque por otro lado existen una serie de inconvenientes:

- La densidad energética de las pilas de combustible es menos que las de los motores de combustión interna.
- La obtención del hidrogeno supone una tarea complicada y costosa a pesar de ser el elemento más abundante del universo. Esto encarece notablemente este combustible. El gasto de repostaje promedio de un vehículo de hidrogeno es de 8,5 euros cada 100 kilómetros.
- Una infraestructura de suministro muy escasa. En la actualidad, España cuenta con tal solo 6 hidrogeneras, lo que supone una red de suministro muy escasa para favorecer el desarrollo y el impulso de esta tecnología en el país. En el mundo tan solo hay operativas 328 hidrogeneras, siendo los países con mayor

número de estaciones de carga Japón y Alemania. También es cierto que esta tecnología está sufriendo un importante impulso y se están llevando a cabo muchas mejoras de infraestructura.



Figura 4.18: Mapa de hidrogeneras en España.

Fuente: Índice de figuras.



Figura 4.19: Mapa de hidrogeneras en Europa.

Fuente: Índice de figuras.

- Los tanques de combustible, debido a la elevada presión a la que están sometidos, deben llevar una elevada de seguridad para que no sufran explosiones en caso de accidente, ya que como se ha indicado anteriormente

el hidrogeno es uno de los elementos con mayor poder calorífico cuando entra en ignición.

Actualmente, la mayoría de marcas están desarrollando modelos que funcionan por esta tecnología, pero entre todas destacan Toyota y Hyundai. Debido al elevado coste de adquisición de estos vehículos y la escasa infraestructura actual no se termina de asentar la tecnología del hidrogeno como combustible. También se están desarrollando proyectos, como JIVE, para incorporar flotas de buses de hidrogeno en toda Europa, pudiéndolos encontrar ya en países como Francia, Alemania, Islandia, Noruega, Suecia, Holanda y Reino Unido. Y en cuanto a los vehículos industriales, se están comenzando a comercializar pequeños camiones de reparto como el Renault Maxity Eléctrico que ya se puede ver en algunas ciudades de Francia.



Figura 4.20: Bus de pila de combustible de hidrogeno.
Fuente: Índice de figuras.

4.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS

A pesar de utilizar un motor térmico, los VEH logran reducir el consumo respecto a un vehículo equivalente con mecanismo de propulsión tradicional. Esto es debido a que incorporan ciertas características de los vehículos eléctricos, como aprovechar la energía generada durante bajadas o frenadas regenerativas, a la vez que consiguen que el motor térmico funcione en puntos de eficiencia óptima.

Por norma general, son más eficientes, silenciosos y con menores emisiones que los vehículos tradicionales. Además, cada vez hay un abanico de modelos y posibilidades mayores en el mercado, tanto para turismos como para vehículos industriales de transporte carga o pasajeros. A día de hoy, todos los fabricantes de vehículos quieren incorporar entre sus nuevos modelos alguna versión híbrida, eléctrica o que funcione en base a otros combustibles alternativos. En el sector de los autobuses se aprecia que cada vez hay más modelos híbridos y eléctricos en especial en entornos urbanos, donde hay facilidad para

recargar las baterías. Sin embargo, para el transporte de pasajeros a nivel nacional o para el transporte de carga mediante camiones pesados, se siguen utilizando derivados del petróleo como combustible, ya que no hay baterías que proporcionen la autonomía suficiente para realizar trayectos largos.

Otra ventaja, es que en la mayoría de casos se pueden obtener beneficios fiscales o subvenciones por parte de la administración pública para la obtención de estos vehículos. Además, otra medida que se está adoptando recientemente es la posibilidad de circular por zonas restringidas a vehículos con emisiones, la cual se está implantando en grandes ciudades.

Su funcionamiento es más suave, ya que la mayoría de estos vehículos pueden funcionar en modo eléctrico durante un determinado tiempo. Esto es muy útil ya que en un trayecto donde se realizan muchas paradas y arrancadas no es necesario que el motor de combustión este continuamente funcionando cuando el vehículo está parado.

No obstante, entre sus principales inconvenientes, destacan el elevado impacto ambiental de las baterías si no se reciclan de forma adecuada debido a la integración entre sus componentes de tierras raras o materiales tóxicos, así como el elevado precio que tienen en comparación con un modelo equivalente que funcione por transmisión convencional, aunque por norma general si se realiza una conducción adecuada sí son rentabilizables. También tienen un peso mayor, ya que además de tener un motor térmico (aunque este sea de menor tamaño) se incorporan un motor eléctrico, baterías y convertidores. [19]

En la tabla siguiente, a modo de resumen, se indican las principales ventajas e inconvenientes de los vehículos híbridos respecto de los vehículos convencionales:

Ventajas	Inconvenientes
Recarga de las baterías durante las deceleraciones mediante frenado regenerativo	Mayor peso que un vehículo convencional, debido al peso que suponen el motor eléctrico y las baterías
Reducción del consumo y emisiones nocivas. Motor térmico funcionando en punto óptimo.	Transmisión compleja, debido a la incorporación de dos sistemas de propulsión. Esto aumenta la posibilidad de tener más averías y que estas sean más difíciles de subsanar
Circulación en modo eléctrico	Requieren de un mantenimiento especial en algunos componentes
Ayudas y subvenciones en la compra de estos vehículos.	Precio de compra superior al de los vehículos convencionales
Acceso ilimitado en núcleos urbanos	Para obtener todas sus ventajas requieren de una conducción eficiente. Mayores beneficios en ciudad.

Tabla 4.4: Resumen ventajas e inconvenientes de los vehículos híbridos.
Fuente: Elaboración propia.

4.3. LISTADO DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Debido a que este proyecto está enfocado a los vehículos industriales y vehículos cuyas características técnicas están destinadas a soportar esfuerzos superiores en comparación con los turismos, en las siguientes tablas se recogen los principales modelos de SUV, furgones, buses y camiones cuya propulsión es debida a un sistema híbrido.

- SUV y derivado de turismo híbridos:

Vehículo	Tipo	Tipo de batería/Capacidad (kWh)	Potencia motor eléctrico (CV)	Potencia total (CV)	Precio (€)
<p>Mercedes GLE 500</p>	PHEV	Ion-Litio 9kWh Autonomía 30 km Recarga en 2,5 h	116	442	75.000
<p>Mercedes GLE 350 e 4MATIC</p>	PHEV	Ion-Litio 8,7kWh Autonomía 34 km Recarga en 2,5 h	116	320	85.850
<p>Audi Q7 e-Tron</p>	PHEV	Ion-Litio 17,3 kWh Autonomía 56 km Recarga 8h red dom.	126	373	83.940
<p>Peugeot 3008 hybrid (2019)</p>	PHEV	Ion-Litio 13 kWh Autonomía 50 km Recarga 7h red dom.	2x110	200	X
<p>BMW X5 xdrive45e iPerformance</p>	PHEV	Ion-Litio x Autonomía 80 km x	112	394	X
<p>BMW X5 xDrive40e</p>	PHEV	Ion-Litio 9,2 kWh Autonomía 31 km Recarga 3h a 230V	68	313	75.650
<p>Volvo XC90 T8 Twin Engine</p>	PHEV	Ion-Litio 9,6 kWh Autonomía 40 km Recarga 6h a 230V	82	408	79.500
<p>Volvo XC60 T8 Twin Engine</p>	PHEV	Ion-Litio 10,4 kWh Autonomía 45 km Recarga 4h	87	Hasta 407	68.500

<p>Lexus UX 250h</p>	HEV	<p>Níquel-Hidruro metálico</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>Frenada regenerativa</p>	109	178	34.000
<p>Lexus NX 300h</p>	HEV	<p>Níquel-Hidruro metálico</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>Frenada regenerativa</p>	2 motores eléctricos 143	197	Desde 39.750
<p>Lexus RX 450h</p>	HEV	<p>Níquel-Hidruro metálico</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>Frenada regenerativa</p>	Delantero: 167 Trasero: 68	313	Desde 69.900
<p>Kia Niro Hybrid</p>	HEV	<p>Polímero de Litio</p> <p>1.56kWh</p> <p>X</p> <p>X</p>	43	141	Desde 19.900
<p>Kia Niro Hybrid</p>	PHEV	<p>Polímero de Litio</p> <p>8,9 kWh</p> <p>Autonomía 58 km</p> <p>Recarga 2,15 h</p>	60	141	29.700
<p>DS 7 CROSSBACK e-Tense 4x4 (2019)</p>	PHEV	<p>X</p> <p>13,2 kWh</p> <p>Autonomía 50 km</p> <p>Recarga 1h 45' a 32A</p>	2 motores eléctricos de 109	300	X
<p>Honda CR-V Hybrid (2019)</p>	HEV	<p>Ion-Litio</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p>	184	184	43.000
<p>Ford Transit Hybrid (2019)</p>	PHEV	<p>Ion-Litio</p> <p>14 kWh</p> <p>Autonomía 48 km</p> <p>Recarga 3h a 32 A</p>	X	X	X
<p>Skoda Vision X (2019)</p>	HEV (+GNC/gasolina)	<p>Ion-Litio</p> <p>48 kWh</p> <p>Autonomía 2 km</p> <p>X</p>	X	130	X
<p>Porsche Cayenne S e-Hybrid</p>	PHEV	<p>Ion-Litio</p> <p>10,8 kWh</p> <p>Autonomía 23-44 km</p> <p>Recarga 7,8 h a 230 V</p>	136	462	93.300

<p>Land Rover Ranger Rover Sport P400e</p> 	PHEV	<p>Ion-Litio 13,1 kWh Autonomía 50 km Recarga 7,5 h a 230 V</p>	114	404	Desde 99.700
<p>Land Rover Ranger Rover</p> 	PHEV	<p>Ion-Litio 13,1 kWh Autonomía 50 km Recarga 7,5 h a 230 V</p>	114	404	Desde 148.200
<p>Mitsubishi Outlander</p> 	PHEV	<p>Ion-Litio 13,8 kWh Autonomía 54 km Recarga 30' en Wallbox</p>	<p>Delantero: 82 Trasero: 95</p>	230	44.995
<p>Toyota RAV4</p> 	PHEV	<p>níquel-hidruro metálico 1,59 kWh Autonomía 3 km X</p>	120	218 o 222	Desde 37.800
<p>Toyota C-HR</p> 	HEV	<p>níquel-hidruro metálico 1,31 kWh Autonomía 3 km</p>	72	122	24.850
<p>Mini Countryman</p> 	PHEV	<p>Ion-Litio 7,7 kWh Autonomía 41 km Recarga 3 h a 230V</p>	88	224	39.199
<p>Renaul Grand Scenic Hybrid</p> 	mild hybrid	<p>Ion-Litio 48 V</p>	13	110	29.650

Tabla 4.5: Listado de SUV y derivados de turismo híbridos.

Fuente: Elaboración propia.

• Autocares y autobuses híbridos:

Marca-Modelo	Destinado a:	Capacidad batería (kWh)	Combustible	Potencia motor (CV)	Par (Nm)
 Iveco Urbanway Hybrid	Transporte urbano Versiones: 12,18m	Ion-Litio 11 kWh	Diesel	Diesel 286 y 400 (18m) Eléctrico 235	1.000
 MAN LION'S CITY H	Transporte urbano Versiones de 12 y 18 m	Supercondensador 200kW de potencia y 400V	Diesel	Diesel 250 2 eléctricos 102 cada uno	1.000 2x1.050
 Mercedes Citaro hybrid	Transporte urbano Capacidad: para 106 per (12m) o 163 per (18m)	Supercondensadores (Ultracaps) 19,4 kWh	Diesel o GNC	Diesel 215 Gas 299 Eléctrico 19	1.200 220
 Solaris urbino 12 H	Transporte urbano Capacidad: para 85	NiMH X	Diesel	Diesel 206-210 Eléctrico 16	832
 Volvo 7900 hybrid	Transporte urbano Versiones: 10'6,12 y 18	Ion-Litio X Autonomía 7 km	Diesel	Diesel 240 Eléctrico 90 o 150	918 800 o 1.200
 Volvo 7900 hibrido-eléctrico	Transporte urbano Funcionamiento eléctrico el 70% del tiempo +almacenamiento de energía	Ion-Litio 19 kWh Recarga 6' Autonomía 7km	Diésel	Diesel 240 Eléctrico 90 o 150	918 800 o 1.200
 IRIZAR i3h	Transporte urbano y cercanías Versiones: 10'7, 13, 15 m	5 kWh	Diésel/biodiesel	Diesel 300 (13m), 370 (15m) Elec 85 (13m), 147 (18)	1.200 (13) 1.600 (15)
 IRIZAR i4h	Transporte media distancia Versiones: 10'7, 13, 15 m	Ion-Litio de MGL 5,5 kWh	Diésel/biodiesel	Diesel 300 (13m), 370 (15m) Elec 85 (13m), 147 (18)	1.200 (13) 1.600 (15)

 <p>Vectia VERIS</p>	<p>Transporte urbano Funcionar en modo eléctrico</p>	<p>Ion-Litio 44 kWh Recarga en 5' OPP CHARGE a 300kW</p>	<p>GLP/GNC/Diésel Autonomía 300 km</p>	<p>241</p>	<p>1.500</p>
 <p>Vectia TERIS</p>	<p>Transporte urbano Funcionar en modo eléctrico Versiones 9'6, 10'6m</p>	<p>X Recarga en 3' a 300kW</p>	<p>GNC/GLP/Diésel</p>	<p>215</p>	<p>1.500</p>
 <p>Heuliez GX 437 hybrid</p>	<p>Transporte urbano</p>	<p>Ion-Litio 32 kWh</p>	<p>Diésel</p>	<p>Diésel 281 Elec 268</p>	<p>X</p>
 <p>Heuliez GX 337 hybrid</p>	<p>Transporte urbano</p>	<p>Ion-Litio 32 kWh</p>	<p>Diésel</p>	<p>Diésel 281 Elec 261</p>	<p>1.000</p>
 <p>Castrosua Magnus H</p>	<p>Transporte urbano Versiones: 11,12,13,15m</p>	<p>Ion-Litio 4.5 kWh</p>	<p>Diésel</p>	<p>Diésel 320 Elec 177</p>	<p>1.600</p>
 <p>Scania Interlink LD Hybrid</p>	<p>Transporte interurbano y regional</p>	<p>Ion-litio 4,5 kWh</p>	<p>Diesel Biodiesel HVO</p>	<p>Diesel 320 Elec 177</p>	<p>1.600</p>
 <p>Scania Citywide LE Hybrid</p>	<p>Transporte urbano e interurbano Versiones: 12, 12'7 y 14'8 m</p>	<p>Ion-Litio 1,2 kWh</p>	<p>Diesel/Biodiesel</p>	<p>Diesel 320 Elec 204</p>	<p>1.600 1.050</p>

Tabla 4.6: Listado de autocares y autobuses híbridos.
Fuente: Elaboración propia.

• Camiones híbridos:

Marca-Modelo	Destinado a:	Capacidad batería (kWh)	Combustible	Potencia motor (CV)	Par (Nm)
<p>Volvo FE Hybrid</p> 	Transporte urbano	Ion-Litio 5 kWh	Diesel	300 340	1.160 1.300
<p>Mercedes ATEGO Hybrid</p> 	Carga hasta 12 t en distancias medias.	Ion-Litio	Diesel	Diesel 218 Eléctrico 60	810 420
<p>Mitsubishi-Fuso Canter Eco Hybrid</p> 	Ligero, hasta 8,5 t	Ion-Litio 2 kWh	Diesel	Diesel 150-175 Eléctrico 54	370-430
<p>DAF CF Hybrid</p> 	Transporte en zonas urbanas y regionales	Ion-Litio 85 kWh Autonomía 30-50 km	Diesel	Diesel 450 Eléctrico 175	X

Tabla 4.7: Listado de camiones híbridos.
Fuente: Elaboración propia.





CAPÍTULO 5

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.



5. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

El nuevo contexto de movilidad coloca a los vehículos eléctricos como principal innovación en el campo del automóvil, sustituyendo estos a los vehículos convencionales de combustión interna. Los factores que influyen en el avance de esta tecnología van desde un aumento de la concienciación ambiental del usuario, hasta una mayor interacción del usuario con el vehículo. [36] Bien es cierto, que aunque la implantación de esta tecnología avanza favorablemente, lo hace de manera lenta debido a las barreras sociales y económicas que todavía existen como son el alto coste de esta tecnología, el elevado margen de mejora que tiene y la escasa infraestructura que respalda el uso del automóvil eléctrico.

Los vehículos eléctricos contribuyen de manera notable al desarrollo sostenible del sector del transporte en todo el mundo, eliminando los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y la emisión de partículas nocivas al medio ambiente. Para poder garantizar la sostenibilidad de este tipo de vehículos es necesario analizar minuciosamente la evaluación del ciclo de vida de los mismos, incluyendo su producción, funcionamiento y el final de su vida útil. En esta evaluación se tienen en cuenta desde los recursos de materias primas empleadas para su fabricación hasta la gestión de los deshechos una vez se llega al fin de la vida del vehículo. [25]

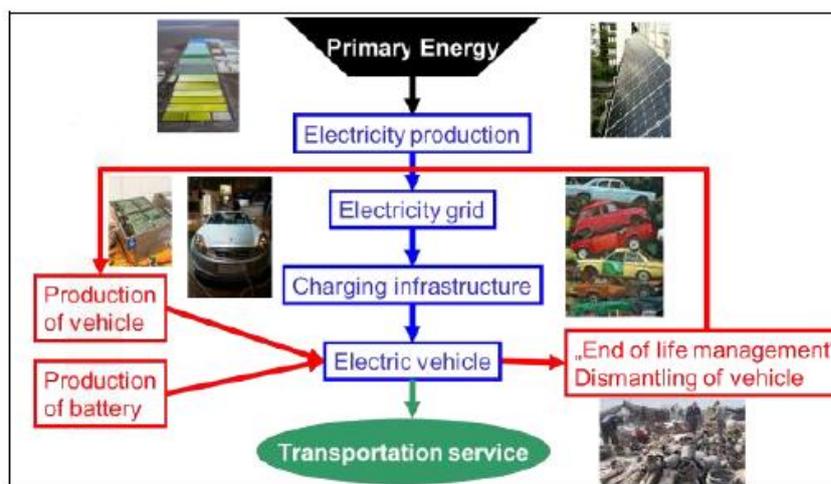


Figura 5.1: Evaluación del Ciclo de Vida.

Fuente: [25]

Uno de los principales motivos que favorecen el rápido desarrollo de la electrificación del parque automovilístico, es la necesidad de los distintos fabricantes de cumplir los objetivos fijados por la Unión Europea en el Reglamento CE Nº 443/2009, por el cual se establece la necesidad de reducir en un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero de los países de la UE para 2020, estableciendo un valor máximo de 95 g de CO₂/km para los vehículos ligeros de nueva matriculación. Esto hace que la mayoría de fabricantes incluyan versiones eléctricas en su flota y continúen investigando nuevas mejoras que añadir.



Figura 5.2: Reducción prevista de CO₂ hasta 2030.

Fuente: [1]

Del mismo modo, la necesidad de las ciudades de cumplir los requisitos de calidad del aire marcarán un conjunto de actuaciones donde se primará la movilidad limpia, prestando especial atención a los vehículos eléctricos para el desplazamiento de las personas. [29]

Pero además de eliminar las emisiones durante su funcionamiento, el vehículo eléctrico contribuye notablemente a mejorar el entorno urbano gracias a la ausencia de contaminación acústica debida al uso del motor de combustión interna, disminuyendo el nivel de decibelios emitidos durante el movimiento del vehículo.

Si a esto se suma que el sector transporte consume directa o indirectamente el 65% de la producción anual mundial de petróleo, se llega a la conclusión de la fuerte dependencia que la población tiene de los combustibles fósiles. Por tanto el transporte tiene una gran incidencia en el deterioro del medio ambiente.

Debido a estos problemas y la preocupación de la UE para solventarlos, en prácticamente todos los países miembros de la UE se están implantando políticas de apoyo a la electromovilidad, pues con ella se mejora la eficiencia energética, reduce las emisiones de CO₂ y de otras sustancias contaminantes en el entorno urbano y además, permite reducir la dependencia del petróleo a la vez que fomenta la utilización de fuentes de energía renovables. En España estas fuentes de energía limpia suponen casi el 39% de la generación eléctrica nacional, casi el doble que hace diez años (Figura 5.3).

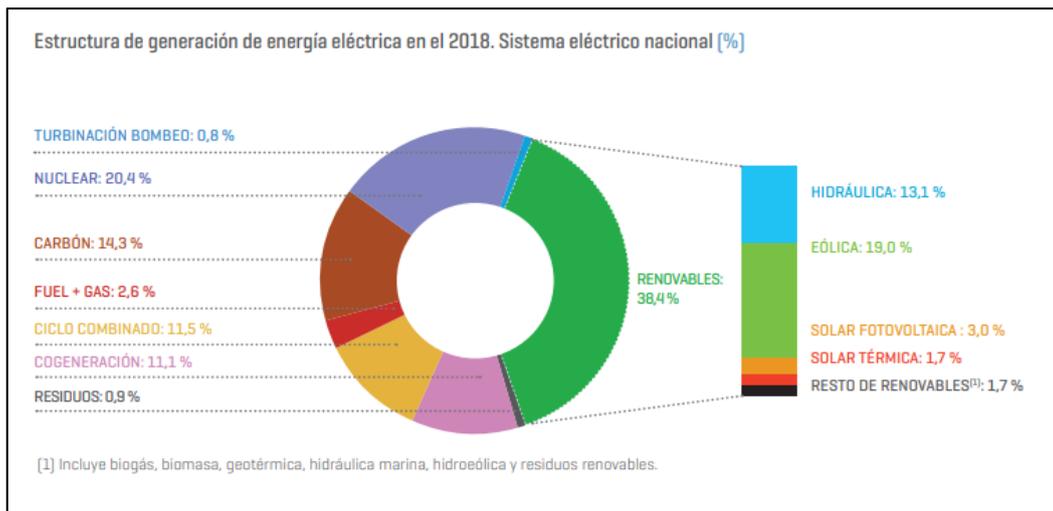


Figura 5.3: Generación de energía eléctrica en España en 2018.

Fuente: Índice de figuras.

Pero esta tecnología también tiene algunos aspectos mejorables que frenan su implantación como son la escasa autonomía de las baterías, aunque algunos modelos son capaces de realizar largos recorridos actualmente, los elevados tiempos de carga y en especial, la escasa infraestructura de carga existente. Además, por lo general las versiones eléctricas suelen ser más caras que las convencionales.

En cuanto a su funcionamiento, su principal característica es que la fuente de energía empleada para producir su movimiento es la electricidad. En ellos se sustituye el motor de combustión interna por uno o varios motores eléctricos, los cuales son movidos por la energía eléctrica almacenada en un conjunto de baterías acumuladoras de gran capacidad. La energía química disponible en las baterías de alta tensión se transforma a en energía eléctrica, que servirá para poner el funcionamiento el motor y así proporcionar la tracción necesaria al eje motriz del vehículo. Por tanto, se entiende por *vehículos eléctricos* aquellos que están propulsados totalmente por energía eléctrica procedente de baterías que se recargan en la red eléctrica.

Entre sus componentes más importantes destacan la batería de alta tensión, el sistema de gestión de baterías (BMS) y el puerto de carga; inversor CC/CA y convertidor CC/CC eléctrico; reductor y motor eléctrico. Todos estos componentes han sido explicados en el [Capítulo 3](#). De todos ellos, el mayor punto débil de esta configuración son las baterías, pues se trata de la única fuente de energía a bordo del vehículo y de ella dependen la potencia, autonomía y diseño del vehículo. En la actualidad se están desarrollando nuevas tecnologías a la vez que se mejoran los tipos ya existentes; consiguiendo aumentar la densidad de energía, lo que permite un menor volumen y peso de la batería a la vez que aumenta la capacidad de almacenamiento eléctrico y con ello la autonomía. Estas también tienen un problema añadido, y es que, solo aguantan un determinado número de ciclos de carga-descarga, viéndose limitada su vida útil y suponiendo un serio inconveniente a la hora de favorecer su consumo a los usuarios.

Otro componente importante son los motores eléctricos. Los más empleados son los motores de corriente continua, motores de inducción y motores síncronos de imanes permanentes. Su función principal es transformar la energía eléctrica proveniente de las baterías en energía mecánica. Los motores de corriente continua tienen una gran desventaja de desgaste y mantenimiento respecto a los otros modelos, por lo que la mayoría de los vehículos eléctricos se han construido con motores de inducción, pues no requieren un mantenimiento tan elevado y su coste es bajo. En cuanto al otro gran grupo de motores, los de imanes permanentes, no están tan posicionados en el mercado debido a su alto coste, a pesar de tener grandes ventajas como su reducido tamaño y peso y su buen comportamiento y características.

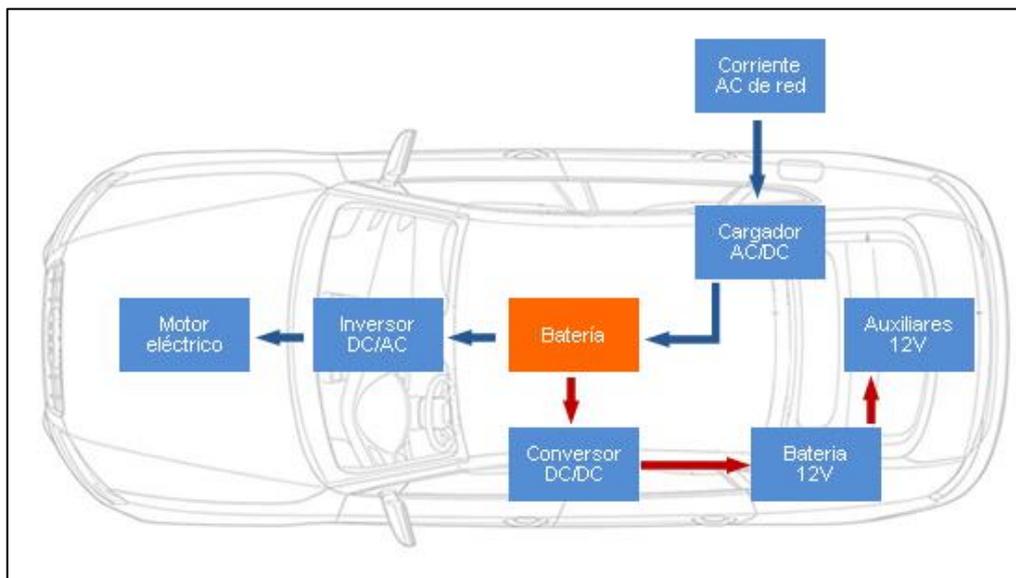


Figura 5.4: Esquema de componentes de un vehículo eléctrico.

Fuente: Índice de figuras.

En cuanto a la eficiencia energética de los vehículos eléctricos, su dato es demoledor respecto a los vehículos térmicos. Esto se debe a que la eficiencia de los motores de combustión, según las leyes de la termodinámica, como máximo pueden ofrecer un rendimiento teórico del 55% para los motores de gasolina y del 70% para los motores diesel, siendo la realidad muy distinta. Los motores gasolina con ciclo Otto tienen un rendimiento real comprendido entre el 20 y el 30%, y los Diesel entre el 30 y el 40% en el mejor de los casos, siendo el resto de la energía desaprovechada. Estas pérdidas son debidas al rozamiento de piezas dentro del motor o en el sistema de tracción, entre otros. En cambio, los motores eléctricos operan con rendimientos reales superiores al 75%, pudiendo llegar incluso al 95%.

Otro aspecto destacable, es que los vehículos eléctricos encuentran su mayor aprovechamiento energético en el entorno urbano, debido al empleo del freno regenerativo que permite obtener energía eléctrica para recargar las baterías a partir de la energía cinética que tiene el vehículo debido a su velocidad. Debido a las múltiples frenadas

que se realizan durante la conducción en ciudad, se consigue tener un estado de carga aceptable.

Como conclusión, bien es cierto que en la actualidad, los fabricantes se están decantando por la hibridación de sus modelos, ya que les ayuda a cumplir con los objetivos de emisiones marcados, además de solventar los problemas que conllevan actualmente los vehículos eléctricos, como son la escasa autonomía que ofrecen las baterías y los elevados tiempos de recarga. Pese a esto, la investigación y desarrollo que está experimentando la tecnología eléctrica aplicada al automóvil sigue creciendo mucho, por lo que cada vez hay más modelos 100% eléctricos.

Acronimo	Definición:	Propulsado por:	Fuente de energía exterior:	Autonomía en modo eléctrico
HEV	Hybrid Electric Vehicle – Vehículo Eléctrico Híbrido	<input checked="" type="checkbox"/> Motor Eléctrico <input checked="" type="checkbox"/> Motor MCI	<input checked="" type="checkbox"/> Electricidad <input checked="" type="checkbox"/> Combustible	0 – 5 km
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle – Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable	<input checked="" type="checkbox"/> Motor Eléctrico <input checked="" type="checkbox"/> Motor MCI	<input checked="" type="checkbox"/> Electricidad <input checked="" type="checkbox"/> Combustible	20 – 100 km
EREV	Extended-Range Electric Vehicle – Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida	<input checked="" type="checkbox"/> Motor Eléctrico <input checked="" type="checkbox"/> Motor MCI	<input checked="" type="checkbox"/> Electricidad <input checked="" type="checkbox"/> Combustible	60 – 500* km
BEV	Battery Electric Vehicle – Vehículo Eléctrico de Batería	<input checked="" type="checkbox"/> Motor Eléctrico <input checked="" type="checkbox"/> Motor MCI	<input checked="" type="checkbox"/> Electricidad <input checked="" type="checkbox"/> Combustible	100 – 500 km

(*) El rango de autonomía con las baterías cargadas desde la red se sitúa alrededor de 60 – 100 km, pudiendo aumentar hasta los 500 km con el apoyo de un motor de combustión interna que funciona como generador de electricidad.

Tabla 5.1: Conceptos de los distintos vehículos eléctricos.
Fuente: [29] y (Elaboración propia)

5.1. HISTORIA Y DESARROLLO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

La historia del vehículo eléctrico es la del renacer de un mercado que inicialmente tuvo sus oportunidades en la época preindustrial, con una posterior decadencia y un resurgir entorno al año 1990 y de nuevo en los años actuales. Por tanto destacan tres importantes revoluciones del vehículo eléctrico.

Los primeros automóviles surgen a mediados del siglo XIX, aunque ya en el siglo XVII existían diversos mecanismos, como el motor de vapor, que sustituía el empleo de animales como tracción o al propio ser humano.

Entre los años 1832 y 1839, el escocés Robert Anderson desarrolló el primer vehículo eléctrico puro de batería no recargable, marcando un hito importante en la historia del automóvil. En esos años también, el profesor Sibrandus Stratingh de Groningen, Holanda, diseñó y construyó con la ayuda de Christopher Becker otro pequeño automóvil eléctrico basándose en un modelo a vapor.



Figura 5.5: Coche eléctrico de Robert Anderson. Fuente: Índice de figuras.

Gracias a las mejoras de los acumuladores eléctricos, por parte de los franceses Gaston Planté (1865) y Camille Faure (1881), comenzaron a aumentar el número de vehículos eléctricos, sobretodo en Francia, Gran Bretaña y Estados Unidos, los cuales apoyaron el desarrollo generalizado de vehículos eléctricos. En 1867, en la Exposición Mundial de París, el inventor Franz Kravogl expuso un ciclo de dos ruedas que era impulsado por un motor eléctrico.

En 1899, después de la irrupción del vehículo de gasolina en 1886 desarrollado por Karl Benz, un vehículo eléctrico con forma de bala supero la barrera de los 100 km/h (105,882 km/h), La Jamais Contente.



Figura 5.6: La Jamais Contente, de Camille Jenatzy, 1899.
Fuente: Índice de figuras.

En 1900 circulaban más vehículos eléctricos que a gasolina y en 1911 se fabricó el primer híbrido eléctrico a manos de la firma Woods Motos Vehicle Company [6]. La idea de que el auto estuviera listo tan pronto, evitando el largo proceso de arranque de los vehículos a vapor o la manivela en los de gasolina, agradaba a la gente.

En 1907 se diseñó un modelo muy popular de la época de la mano de la firma Anderson Electric Car. Era el *Detroit Electric*, que data de 1912, y estaba disponible con varios estilos de carrocería.

One of Our Nine Rare Creations
For 1912

WHEN you buy a Detroit Electric you *anticipate* the future, because of this car's many new, exclusive and patented features.

Remember, the Detroit Electric has the *exclusive* right to use in electric pleasure cars, Thomas A. Edison's greatest invention—the Edison nickel and steel battery.

The simple operation of the Detroit Electric makes it the safest and most easily controlled car made. With one hand on the controller lever, you are absolutely master not only of all speeds, but in addition you can apply powerful brakes to the rear wheels with one instinctive,

backward pull on this lever, without even touching the foot pedals.

This controller lever practically *thinks* for you. It is impossible for you to make a mistake as every movement is safeguarded. It has another advantage. It is horizontal and allows *full seat room*.

Aluminum body panels add to the strength of the body, beauty of finish and life of the car. They do not check, warp or crack.

For those who do not care to make the expenditure necessary for the Edison battery at first, we furnish the Detroit Electric Guaranteed Lead Battery with our own warranty—the first lead battery made by and guaranteed by the manufacturer of the car. This makes it possible for us to guarantee the car in its entirety.

Beautiful illustrated catalog sent upon request. It tells you about the many other *exclusive* features of the Detroit Electric, made in the largest factory in the world, devoted exclusively to the manufacture of electric automobiles.

Anderson Electric Car Co.*
402 Clay Ave. Detroit, U. S. A.

Branches
New York, Broadway at 80th Street
Chicago, 741 1/2 Michigan Avenue
(Also Branch at Evanston, Ill.)
Kansas City
Minneapolis
St. Louis

Buffalo
Brooklyn
Cleveland

Sell in representatives in all leading cities.

THE Detroit ELECTRIC
"Chainless"
Shaft Drive

Figura 5.7: Anuncio publicitario del Detroit Electric en 1912.

Fuente: Índice de figuras.

En estos años se introdujo el arranque eléctrico en los vehículos de gasolina, con lo que se acababa de la molesta manivela de arranque. Esta innovación junto con el sistema de producción en cadenas de montaje de forma relativamente barata implantado por Ford fueron los factores que hicieron que el vehículo eléctrico desapareciera. A todo esto se unió el inicio de la Primera Guerra Mundial en 1914, en donde la velocidad y la potencia en el campo de batalla resultaron fundamentales. El petróleo también comenzó a distribuirse de forma global, lo que hizo que los avances en el vehículo de combustión se sucedieran más rápidamente que en el eléctrico, por consiguiente el motor de combustión interna aumentó mucho su popularidad.

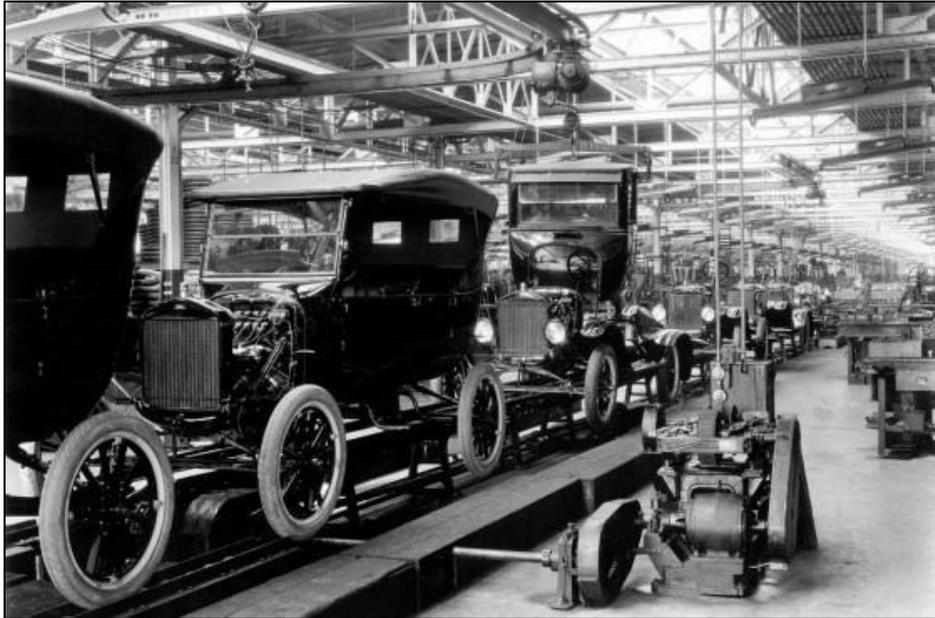


Figura 5.8: Línea de ensamblaje de Ford.

Fuente: Índice de figuras.

A finales de 1930, la industria del automóvil eléctrico desapareció casi por completo, quedando algunas aplicaciones industriales en las que se emplean este tipo de motor, como por ejemplo los montacargas.

En los años 60 y tras la Segunda Guerra Mundial, se empieza a tener consciencia sobre la sostenibilidad del planeta. Sin embargo, fue la crisis del petróleo de 1973 el detonante para la reaparición de los vehículos eléctricos. Esta situación forzó a los fabricantes de vehículos de todo el mundo a mejorar su eficiencia, teniendo que buscar alternativas al petróleo y sus derivados. El vehículo eléctrico se convirtió en una solución a los crecientes problemas de contaminación y escasez energética.

Una figura importante en la movilidad eléctrica fue *General Motors*, que tras la creación de un vehículo que era impulsado por energía solar para una competición en Australia, el Sunraycer, y comprobado su buen funcionamiento, desarrollo en 1996 el EV1. Este vehículo completamente eléctrico, cuyas siglas significan Experimental Vehicle 1, tenía una autonomía próxima a los 200 km y una estructura exterior de aluminio con un diseño futurista.

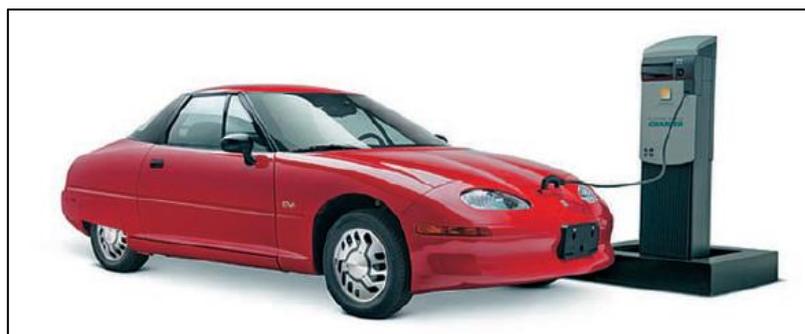


Figura 5.9: EV-1 de 1996.

Fuente: [6]

La creación de este modelo, estaba motivada por la implantación de una normativa cada vez más comprometida con el medio ambiente, y es que, en California se impuso la Ley “Zero Emission Mandatory”, encaminada a promover los vehículos de cero emisiones. Del EV-1 se fabricaron algo más de 1.000 unidades. La demanda continuó creciendo de manera moderada, pero también surgieron una serie de detractores. La industria petrolera y los intereses económicos de la industria del automóvil y políticas, provocaron una flexibilización de la Ley anterior, denominando a esta nueva la Ley “Zero Emission Regulatory”, que era menos restrictiva y favoreció la entrada de los vehículos híbridos y propulsados por gas y biocombustibles. Por tanto, el poder de las grandes industrias de automóviles en todo el mundo hizo que se dejara de lado la fabricación del vehículo eléctrico de nuevo.

En el siglo XXI, desde el punto de vista ambiental, la polución causada por el elevado número de vehículos de combustión se convierte en un problema a escala mundial, y se comienza a tener conciencia sobre los términos “eficiencia energética” y “sostenibilidad”, los cuales están ligados con el desarrollo de energías alternativas como los vehículos eléctricos.

En 2006, Elon Musk presentó su primer modelo de vehículo eléctrico, el Tesla Roadster, con una autonomía de casi 400 km y una aceleración de 0 a 100 en menos de 4 segundos, y con él que comenzó una carrera de los fabricantes en conseguir mejores prestaciones en el sector de la movilidad eléctrica.



Figura 5.10: Tesla Roadster, model del 2008.

Fuente: Índice de figuras.

Quedan barreras por superar, como una mayor autonomía de las baterías, el desarrollo de una red de recarga pública y el impulso de las campañas de concienciación acerca de las ventajas que ofrece la movilidad eléctrica, pero a pesar de estas dificultades el vehículo eléctrico ha venido para quedarse, por lo que acabarán sustituyendo completamente a los vehículos convencionales con motores térmicos.

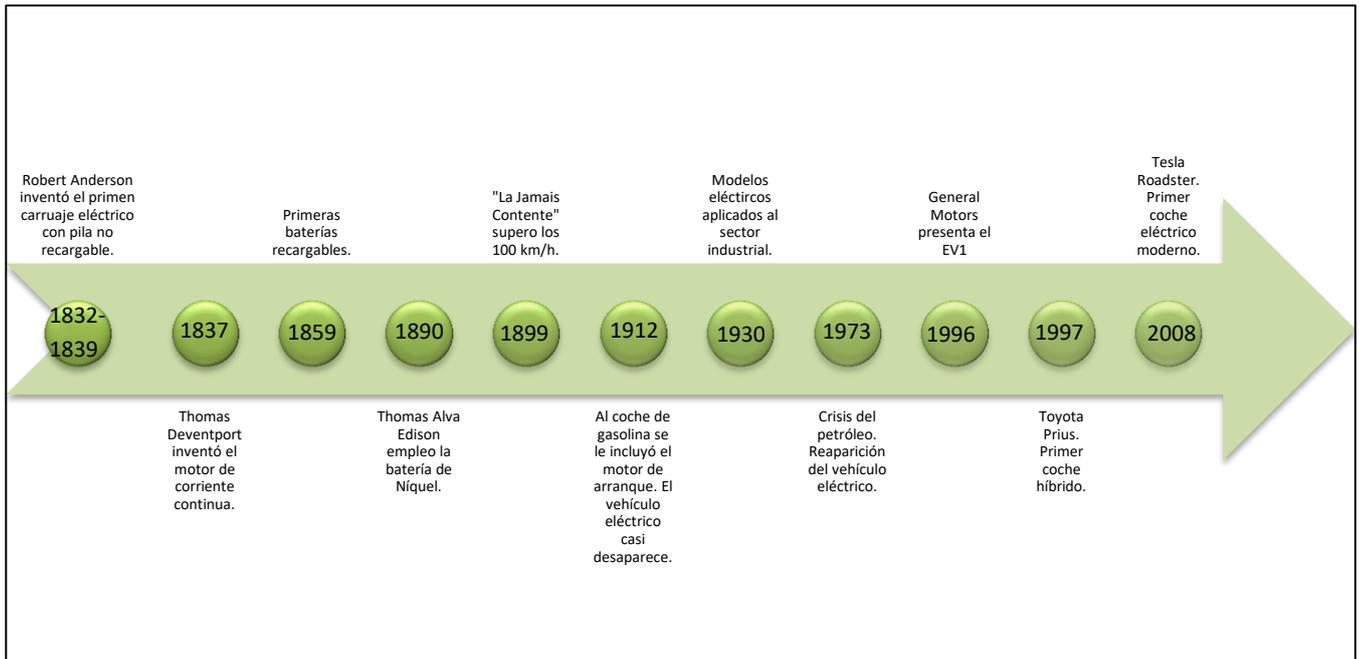


Figura 5.11: Hitos históricos del vehículo eléctrico durante los siglos XIX y XX.

Fuente: Elaboración propia.

5.2. EL MERCADO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

En el siguiente punto, se va a proporcionar una breve descripción de las ventas actuales de vehículos eléctricos, tanto desde un enfoque global como a nivel europeo y nacional.

Para comprender el crecimiento de la tecnología eléctrica en el automóvil, se debe tener en cuenta que la difusión de nuevas tecnologías es un proceso complejo basado en una estimación de la demanda del mercado así como en el comportamiento del consumidor, y los costes en servicios públicos para favorecer el crecimiento de la flota de vehículos eléctricos en todo el mundo.

En el año 2018 las ventas de vehículos eléctricos en el mundo crecieron un 64%, alcanzando la cifra 2,1 millones de nuevas matriculaciones de las cuales 1,45 millones se corresponden a vehículos puramente eléctricos y el resto a híbridos enchufarles. Este valor significa alcanzar el 2,2% de las ventas totales de vehículos en todo el mundo. En el mercado mundial, China ha experimentado el mayor crecimiento, con un porcentaje del 56% del total de ventas, incrementando el número de vehículos de esta categoría un 78% respecto al año 2017. En Europa el crecimiento llegó al 34% respecto al ejercicio anterior, lo que supone un crecimiento notable. Y en cuanto a EEUU, se experimentó una subida del 79% de matriculaciones. Estos datos quedan recogidos en las siguientes imágenes:

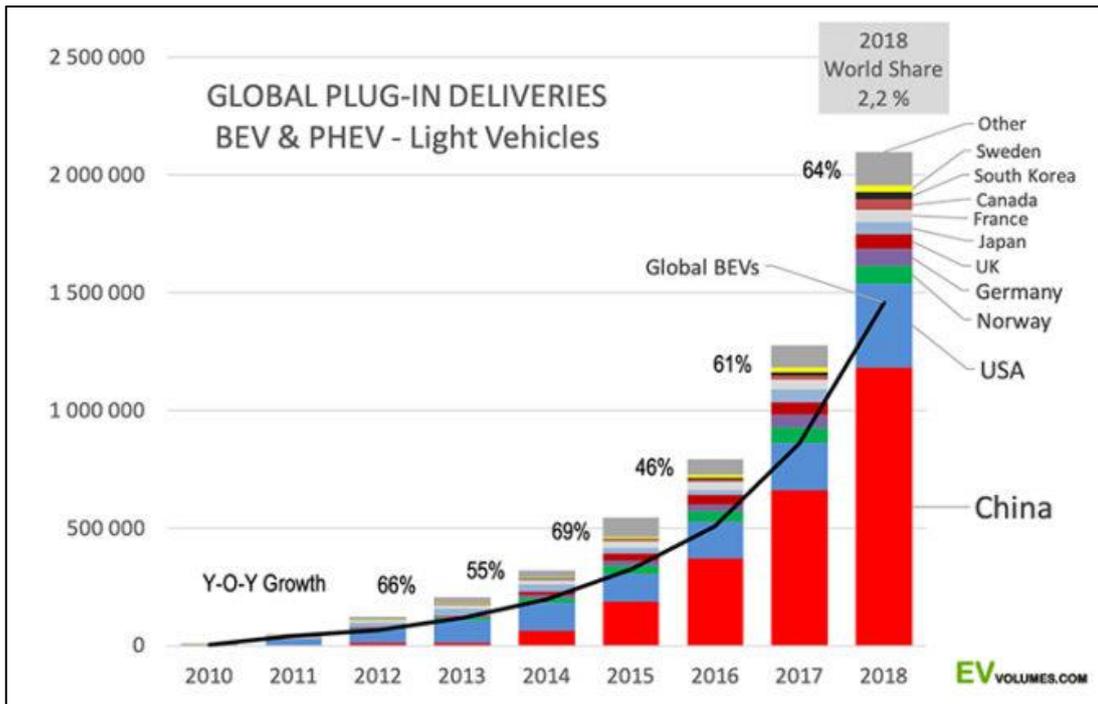


Figura 5.12: Ventas de vehículos electrificados y su cuota de mercado en 2018.

Fuente: Índice de figuras.

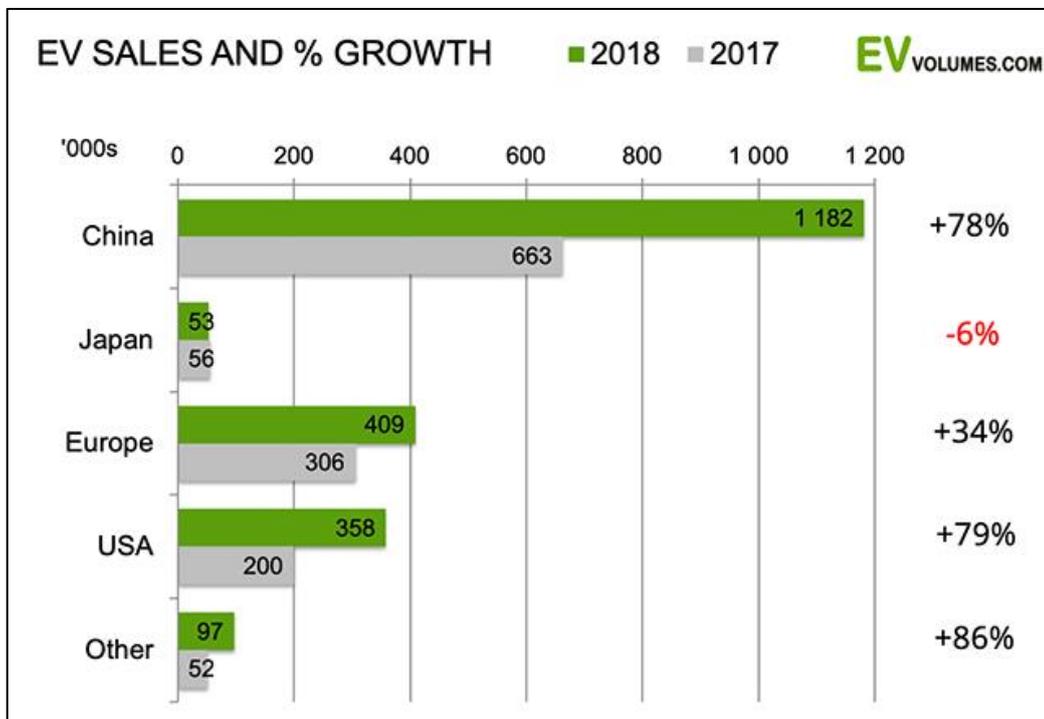


Figura 5.13: Porcentaje de ventas y crecimiento de los distintos mercados.

Fuente: Índice de figuras.

De la cifra de ventas anterior, la gran mayoría de ellas se corresponde a vehículos ligeros y turismos, aunque también se ha percibido un crecimiento de ventas de vehículos medianos y pesados, alcanzando una cifra total de 120.000 unidades, de los cuales el 80% son autobuses.

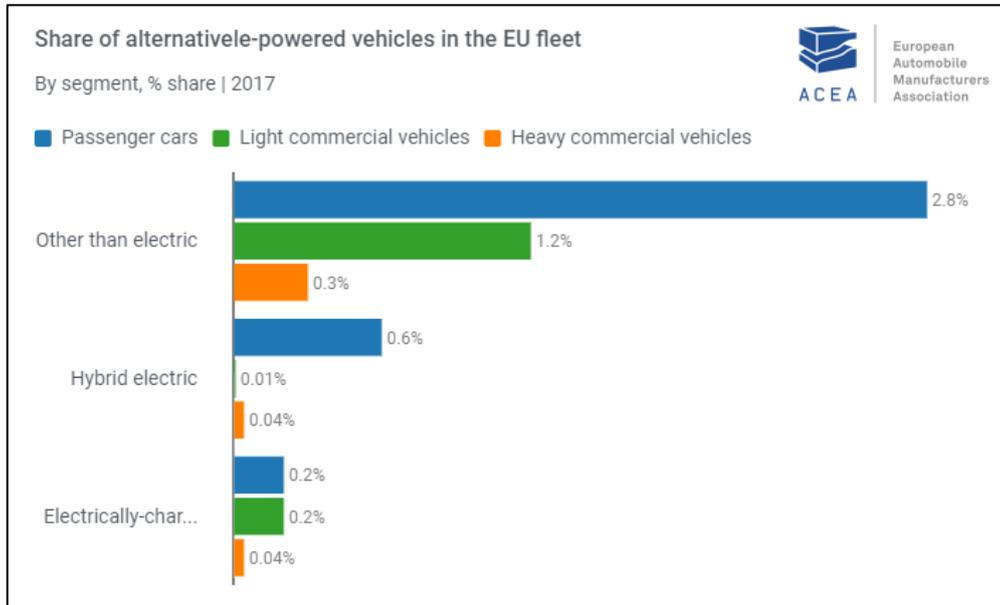


Figura 5.14: Proporción de vehículos de combustible alternativo y convencional en la flota automovilística de UE. Fuente: Índice de figuras.

En la figura superior se observa que los turismos (barra azul) ocupan una posición muy dominante en el mercado, especialmente en el campo de vehículos no híbridos ni eléctricos. En estos dos tipos, los turismos no ocupan una posición tan superior ya que son tecnologías en desarrollo que no están totalmente asentadas. Por eso cuando hablamos del tipo eléctrico, vemos que hay cierta igualdad entre los vehículos ligeros comerciales (barra verde) y los turismos. Eso se debe a que el sector privado y público se invierte en conseguir que en el entorno urbano, espacio en el que está especialmente indicado el uso vehículos eléctricos, los transportes tanto de personas como de mercancías se realicen de la forma menos contaminante posible y cada vez hay más pequeños camiones de reparto, buses y furgones eléctricos que realicen esta función, por eso las proporciones son similares. En cuanto a los híbridos, es un tipo que cada vez convence a más gente, debido a que logra eliminar los principales problemas de los eléctricos, como es la autonomía. Por eso se aprecia que cada vez hay más turismos y una menor proporción de vehículos pesados (barra naranja) y ligeros (barra verde). La mayoría de estos híbridos pesados se corresponden con los autobuses, los cuales están siendo implantados en la mayoría de ciudades.

En las gráficas anteriores (Figura 5.12 y 5.13) podemos observar el crecimiento exponencial que está experimentando la flota eléctrica en todo el mundo, y que previsiblemente aumentará cada año. Este crecimiento se ve reflejado también en el gran incremento de modelos eléctricos, que ha pasado de 79 en 2015 a 198 en el año 2017.

Las mayores empresas productoras de estos vehículos son chinas, lo que convierte a este país en la primera potencia mundial en cuanto a tecnología híbrida y eléctrica del mundo. Además China es líder tanto en la fabricación y venta de vehículos, como en la fabricación de las baterías que equipan un alto porcentaje de ellos.

En Europa las matriculaciones de vehículos eléctricos representaron el 2% del total de altas en 2018, incrementándose un 0,5% respecto al año anterior. Los vehículos híbridos también aumentaron respecto al 2017 con un 3,8% y las otras energías alternativas de propulsión crecieron levemente.

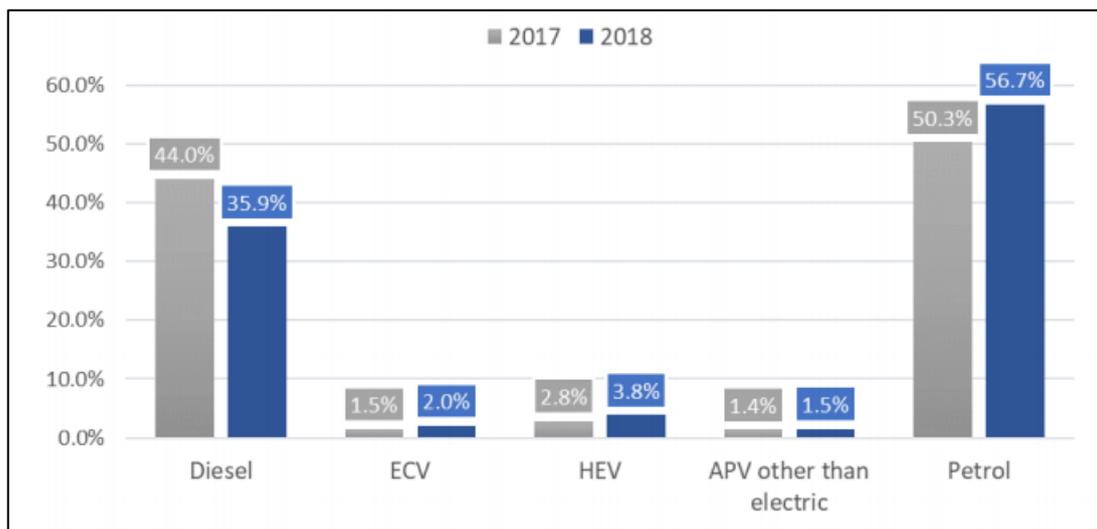


Figura 5.15: Proporción de nuevas matriculaciones en función del tipo de combustible en la UE.

Fuente: [30]

En cuanto a la cifra exacta de ventas en la UE en 2018, la de vehículos totalmente eléctricos es de 150.003, un 53,2% superior a la del año anterior, que se encontraba en 97.920 según datos de la ACEA. Además, observando la siguiente tabla se puede deducir la tendencia de la población a ir adquiriendo vehículos de energía alternativa, ya sean híbridos, híbridos enchufables, eléctricos u otros tipos, como vehículos propulsados por Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP), por lo que en 2018 se aumentó respecto al ejercicio anterior un 30,4% estas energías alternativas.

	2018	2017	% change 18/17
ECV⁸	301,847	218,336	+38.2
<i>of which BEV</i>	<i>150,003</i>	<i>97,920</i>	<i>+53.2</i>
<i>of which PHEV</i>	<i>151,844</i>	<i>120,416</i>	<i>+26.1</i>
HEV⁹	578,620	426,769	+35.6
APV other than electric¹⁰	229,402	206,263	+11.2
<i>of which LPG</i>	<i>162,547</i>	<i>154,899</i>	<i>+4.9</i>
<i>of which NGV</i>	<i>65,092</i>	<i>49,553</i>	<i>+31.4</i>
Total APV	1,109,869	851,368	+30.4

Tabla 5.2: Nuevas matriculaciones en la UE en 2018 de vehículos alternativos.
Fuente: [30]

De los países miembros de la UE, Noruega sigue siendo el mayor mercado de vehículos eléctricos llegando al 60% de la cuota de mercado. Esto es debido a las ayudas que el Estado proporciona, las cuales pueden llegar al 65% del valor del vehículo.

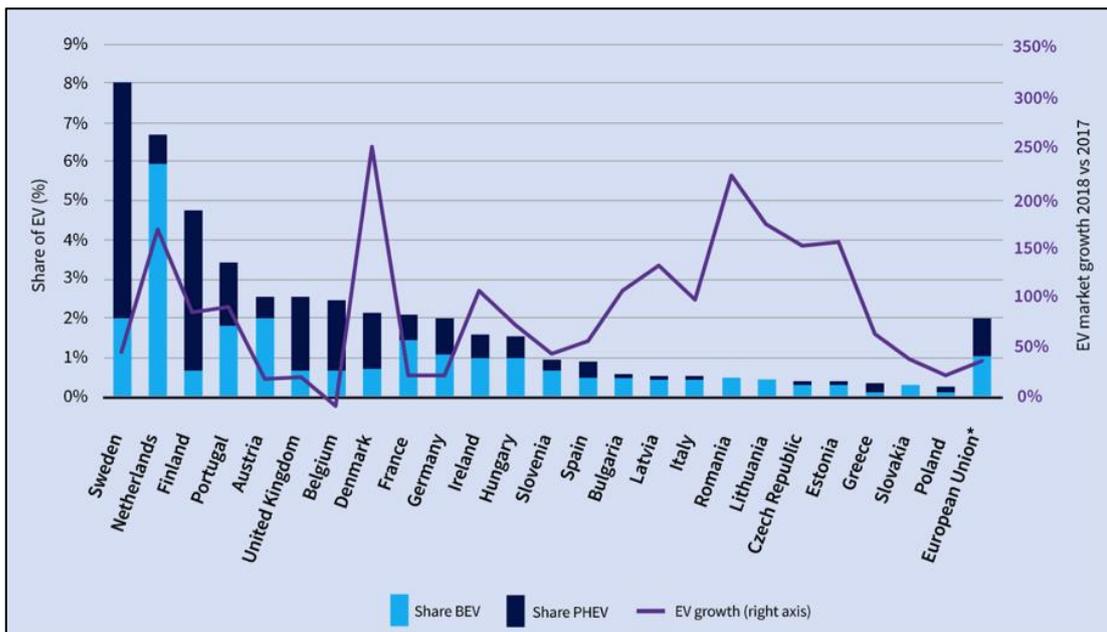


Figura 5.16: Proporción de vehículos eléctricos en los distintos países miembros de la UE.
Fuente: Índice de figuras.

En España, los vehículos eléctricos aumentaron sus matriculaciones en 2018 un 59% con 7.833 entregas, mientras que en los eléctricos de autonomía extendida (EREV) la variación fue negativa con un 20% menos respecto a 2017, con una cifra de 148 matriculaciones.

// Matriculaciones de vehículos por tipo y fuente de energía						Variación
	2014	2015	2016	2017	2018	17/18
Turismos y todoterreno	855.308	1.034.232	1.147.009	1.234.932	1.321.437	7,00%
Gasolina	275.045	360.967	459.171	570.008	739.531	29,74%
Diésel	565.477	650.093	651.617	597.006	473.477	-20,69%
Híbrido diésel	258	136	80	132	1.218	822,73%
Híbrido gasolina	11.825	18.270	30.817	55.420	74.555	34,53%
Eléctricos	974	1.342	2.005	3.920	5.982	52,60%
Eléctricos e-REV	102	119	138	186	148	-20,43%
Híbrido enchufable diésel (PHEV)	31	16	32	63	48	-23,81%
Híbrido enchufable gasolina (PHEV)	298	771	1.479	3.279	5.635	71,85%
Hidrógeno	0	0	0	0	1	--
GLP	1.130	2.256	1.321	3.688	17.088	363,34%
GNC	140	262	349	1.230	3.754	205,20%
GNL	28	0	0	0	0	--
Comerciales ligeros	113.782	154.765	172.106	198.821	214.208	7,74%
Derivados, furgonetas y pick up	75.733	101.068	110.066	122.242	131.221	7,35%
Gasolina	954	4.217	6.921	10.709	15.620	45,86%
Diésel	74.143	95.855	102.026	109.515	110.459	0,86%
Eléctricos	433	615	826	977	1.822	86,49%
GLP	153	314	207	778	2.569	230,21%
GNC	50	67	86	263	750	185,17%
GNL	0	0	0	0	1	--
Comerciales <=3,5	38.049	53.697	62.040	76.579	82.987	8,37%
Gasolina	16	37	24	28	41	45,43%
Diésel	37.999	53.596	61.903	76.411	82.779	8,33%
Eléctricos	0	0	23	0	3	--
GLP	0	0	0	0	1	--
GNC	32	64	90	137	159	16,06%
GNL	2	0	0	3	4	33,33%
Vehículos industriales	18.190	25.209	28.220	28.482	27.842	-2,25%
Industriales >3,5	16.214	22.431	24.699	24.663	24.177	-1,97%
Gasolina	6	0	6	4	0	-100,00%
Diésel	16.169	22.373	24.354	24.154	23.457	-2,89%
Híbrido diésel	0	0	7	47	85	80,85%
Eléctricos	0	0	2	3	4	33,33%
GLP	0	1	0	0	5	--
GNC	33	53	288	426	333	-21,83%
GNL	6	4	42	29	293	910,34%
Microbuses y autobuses	1.976	2.778	3.521	3.819	3.665	-4,03%
Gasolina	4	2	1	0	0	--
Diésel	1.887	2.647	3.108	3.313	2.976	-10,17%
Híbrido diésel	31	62	142	172	260	51,16%
Eléctricos	3	1	10	18	22	22,22%
Eléctricos e-REV	5	1	0	0	0	--
GNC	42	65	260	316	407	28,80%
GNL	4	0	0	0	0	--
Total	987.280	1.214.206	1.347.335	1.462.235	1.563.487	6,92%

Tabla 5.3: Matriculaciones de vehículos por tipo y fuente de energía en 2018 en España.

Fuente: [26]

Viendo como es el crecimiento anual de este sector, se hace evidente que el futuro del mercado del automóvil evolucionará hacia una electrificación del parque automovilístico cada vez mayor. En el año 2018 se recogen los datos de la flota eléctrica de automóviles en España la siguiente tabla:

// Parque nacional de vehículos eléctricos según tipo

	 TURISMOS		 COMERCIALES E INDUSTRIALES		 AUTOBUSES Y AUTOCARES		TOTAL*	
	Nº vehículos	% S/Año ant.	Nº vehículos	% S/Año ant.	Nº vehículos	% S/Año ant.	Nº vehículos	% S/Año ant.
2014	2.835	9,6	1.377	32,4	71	-25,3	11.261	8,7
2015	4.893	72,6	1.978	43,6	91	28,2	14.246	26,5
2016	8.042	64,4	2.967	50,0	137	50,5	19.037	33,6
2017	14.842	84,6	3.970	33,8	175	27,7	27.689	45,4
2018	26.890	81,2	6.731	69,5	155	-11,4	54.209	95,8

Tabla 5.4: Parque nacional de vehículos eléctricos.

Fuente: [26]

Si nos centramos en las baterías, que es un elemento necesario para el funcionamiento de estos vehículos, Tesla y Panasonic ocupan el primer puesto de la clasificación global de fabricantes de celdas de baterías de Ion-Litio, seguidos de BYD y LG Chem.

Este dominio podría cambiar en los próximos años, debido al crecimiento que están experimentando algunas de las compañías chinas como son BYD y CATL. BYD está construyendo la fábrica de baterías más grande del mundo, compitiendo por la corona del sector. CATL, por otro lado, está atrayendo la atención de los inversores lo que hace que aumente su valoración y le haya llevado a firmar contratos con las principales fábricas de vehículos como son BMW, Volkswagen, Daimler en Europa y Toyota, Nissan, Honda y Hyundai en Asia.

Fabricante de baterías	Ventas de batería a fabricantes de EV (MWh)
Panasonic / Tesla	14.890
BYD	7.360
LG Chem	5.340
CATL	4.610
Samsung SDI	3.510
AESC	2.640

Tabla 5.5: Nuevas matriculaciones en la UE en 2018 de vehículos alternativos.

Fuente: Índice de tablas.

5.3. MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Todo vehículo requiere de ciertas tareas de mantenimiento periódico que garanticen su buen funcionamiento en cualquier condición. En el caso de los vehículos tradicionales de motor térmico, el número de piezas y componentes es muy grande, mucho mayor que en los vehículos eléctricos, lo que hace que tengan que pasar por el taller frecuentemente.

Además, a medida que aumenta la edad del vehículo térmico, debido al elevado número de piezas móviles aumenta su desgaste y la probabilidad de dar problemas o fallos. De hecho si se observan un motor de combustión interna y un motor eléctrico se comprenderá la simplicidad del funcionamiento de los segundos (Tabla 5.6). Y lo mismo ocurre con todo el sistema de la transmisión. Pero aunque el coche eléctrico carece de la mayoría de componentes de los convencionales, aumentando así su fiabilidad, también es necesario que se revisen determinadas piezas y sistemas, por lo que también tendrán que acudir al taller aunque un número menor de veces, y esto supondrá un ahorro para sus propietarios.

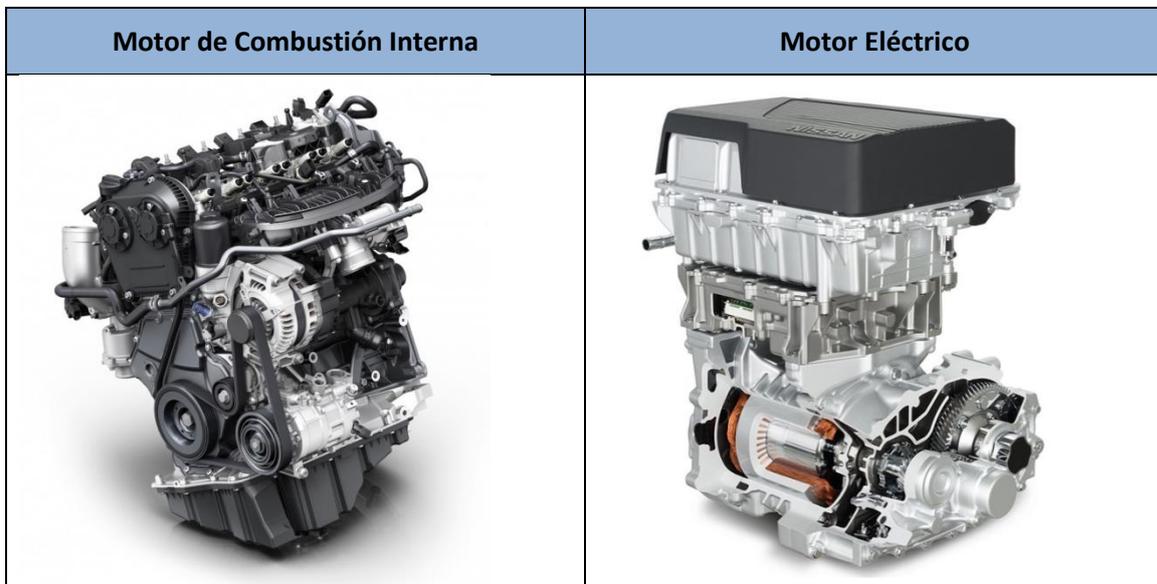


Tabla 5.6: Comparación Motor de combustión interna VS Motor eléctrico.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la imagen superior, el motor eléctrico tiene muy pocas partes móviles en comparación con el MCI, lo que hace que no tenga un desgaste de piezas tan marcado. Los otros elementos de más importancia en el vehículo eléctrico, como son las baterías, tampoco necesitan un mantenimiento excesivo y son de alta fiabilidad, y en caso de rotura o daño de la batería lo indicado es la sustitución de la misma.

Pero al usuario, además de las dudas generadas por la autonomía y la falta de puntos de carga que hay en la actualidad, también les inquieta el tipo de averías que pueden sufrir los vehículos eléctricos y su mantenimiento, y el precio que tiene pasar por el taller.

En los motores eléctricos no hay aceite, ni es necesario cambiar determinados líquidos y filtros. Pero si será necesario comprobar el estado de otros elementos, como los amortiguadores o la alineación de la dirección.

En los BEV se comprobará antes de realizar cualquier operación que el cableado de alta tensión, recubierto por un aislante de color naranja, no presenta daños ni deformidades que puedan producir una fuga eléctrica, así como en las baterías, el motor y otros elementos que funcionen con alta tensión. Para ello el operario deberá llevar obligatoriamente una serie de EPIS, tales como calzado, guantes y herramientas aislantes. Además será necesario desconectar el sistema de alta tensión para determinadas operaciones mecánicas o electromecánicas, por lo que también se necesitarán determinadas herramientas y aparatos de diagnóstico.

Cada cierto número de kilómetros se realizarán determinadas revisiones o cambios, como por ejemplo el filtro antipolen del habitáculo, pastillas y líquidos de freno, líquido refrigerante de los elementos refrigerados (motor, inversor, la unidad de cargador y batería) y el aceite de lubricación del sistema reductor. Además el hecho de que un vehículo híbrido o eléctrico utilice el mecanismo de frenada regenerativa hace que el desgaste de los frenos sea menor. Aun con todo esto, el propietario de un vehículo eléctrico gastaría menos dinero en la revisión y mantenimiento que con un vehículo convencional.

Mantenimiento	Vehículo de combustión	Vehículo eléctrico
Aceite del motor	✓	✗
Aceite de la caja de cambios	✓	✗
Filtro de aceite	✓	✗
Filtro del habitáculo	✓	✓
Filtro del aire	✓	✗
Filtro de carburante	✓	✗
Líquido de frenos	✓	✓
Líquido refrigerante	✓	✓
Correa de la distribución	✓	✗
Correa de accesorios	✓	✗
Control y nivel refrigerante	✓	Cada 6 años
Control del sistema de frenos	✓	Reducido debido a frenada regenerativa
Neumáticos	✓	✓

Tabla 5.7: Comparación de mantenimiento Vehículo Convencional y Vehículo Eléctrico.

Fuente: [1] y elaboración propia.

Como conclusión, algunos fabricantes de vehículos eléctricos indican que el ahorro en mantenimiento en estos vehículos se encuentra entre el 20% y 40% respecto a los modelos de combustión convencionales.

5.4. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

La introducción del vehículo eléctrico plantea claras ventajas, especialmente en el ámbito urbano, donde esta tecnología presenta la capacidad de atender las demandas actuales de movilidad de la manera más eficiente y sostenible energéticamente posible. El incremento de la propulsión eléctrica en automoción ayudaría a disminuir la elevada concentración en las ciudades de gases y partículas nocivas que son emitidas por los vehículos convencionales, los cuales funcionan con derivados del petróleo, y también se reduciría notablemente la contaminación acústica. La irrupción del vehículo eléctrico en nuestras vidas es una realidad, por ello cada vez hay más usuarios a favor de esta tecnología, lo que supone un impulso importante que lleva a la mejora de la infraestructura del país, obteniendo beneficios de gran relevancia para todos los habitantes.

Entre las ventajas más importantes de los vehículos 100% eléctricos destacan:

- Ahorro energético debido a una mayor eficiencia: El transporte es el sector de actividad con mayor consumo de energía en España. El vehículo eléctrico es más eficiente energéticamente que los térmicos tradicionales. De hecho, la eficiencia de un vehículo eléctrico se encuentra por encima del 75% (desde la toma de corriente hasta las ruedas), mientras que en uno de gasolina se obtiene el 20-30% y en un diesel el 30-40%.
- Menor coste por kilómetro recorrido: El coste por kilómetro de la carga eléctrica es más barato que el litro de combustible de un motor propulsado por gasolina o gasóleo. Mientras que para los vehículos térmicos el consumo aproximado se encuentra en 6-7€ cada 100 km, para los eléctricos es de 1-3€/100 km. Esto representa un ahorro de hasta el 70%.



Figura 5.17: Comparación del consumo energético entre vehículos convencionales y eléctricos. Fuente: [31]

- Reducción de emisiones de gases contaminantes: El transporte es una de las fuentes principales de emisiones de gases contaminante, afectando gravemente a la calidad del medio ambiente y sobretodo en las ciudades, lo que conlleva un riesgo para la salud de las personas. Estas sustancias, CO₂, SO_x y NO_x entre otras, son emitidas durante la quema de los hidrocarburos en el funcionamiento de los vehículos térmicos. En la movilidad 100% eléctrica este problema desaparece, al emplear únicamente electricidad como fuente de energía, aunque sí que habría que tener en cuenta la contaminación producida durante la producción de electricidad con otras fuentes de energía, como puede ser el carbón.
- Reducción de la contaminación acústica: Los motores eléctricos son mucho más silenciosos que los térmicos, por lo que ayudan a reducir el ruido y las vibraciones en las ciudades. De hecho, son muchos modelos de VE que están empezando a contar con una fuente de sonido adicional que sirva para indicar su presencia a los peatones. Cada vez más autobuses y servicios de limpieza son eléctricos, ayudando a mantener los centros urbanos con un ambiente menos perjudicial para las personas, al eliminar gran parte del ruido que emiten durante su actividad.
- Les corresponde etiqueta cero de la DGT. Esta etiqueta se otorga a vehículos eléctricos de batería (BEV), eléctricos de autonomía extendida (EREV) o híbridos enchufables (PHEV) con una autonomía mínima de 40 km. Esta medida entro en vigor el 24 de Abril de 2019 en la Comunidad de Madrid, y ya hay otras que también lo están adoptando. Con ella podrán circular por vías urbanas e interurbanas de alta ocupación y sufrirán una discriminación positiva en episodios de elevada contaminación gracias a ser más respetuosos con el medio ambiente.



Figura 5.18: Distintivo ambiental cero emisiones. Fuente: DGT.

- Curvas de funcionamiento más próximas a las ideales. Una ventaja importante de los motores eléctricos es la entrega total del par al inicio de la marcha. En el motor térmico esto no sucede, porque es incapaz de girar por debajo del régimen de ralentí ya que se calaría.

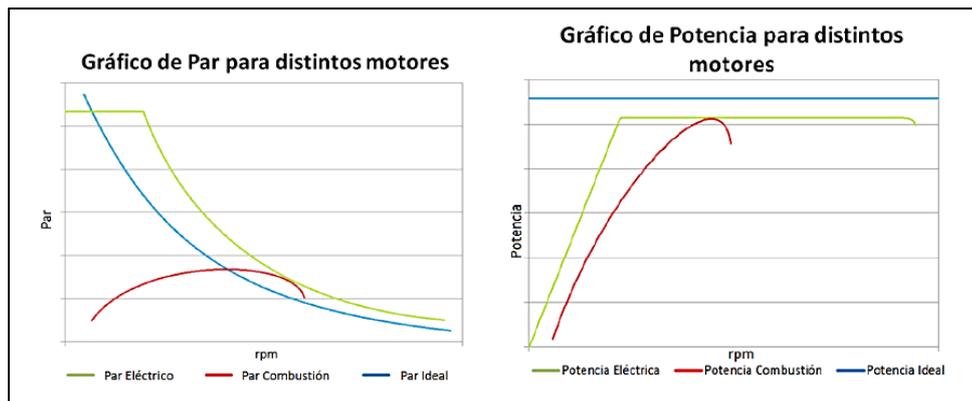


Figura 5.19: Comparación del Par y la Potencia ideal con otras tecnologías de motorización. Fuente: [1].

- Descuento en el impuesto de circulación. En determinadas provincias, los vehículos eléctricos disfrutan de ciertas ventajas fiscales, con descuentos en el impuesto de circulación. En ciudades como Madrid llega a ser del 75%.
- Ahorro en el mantenimiento. Como se vio en el apartado anterior, el mantenimiento sobre estos vehículos es menor que en caso de un vehículo convencional, lo que nos puede suponer un ahorro de hasta el 40%.
- Ventajas sociales y ayudas del Estado: En algunas ciudades pueden aparcar de forma gratuita en las zonas de estacionamiento regulado. Además, también pueden utilizar las autopistas de peaje de forma gratuita en algunas provincias, como por ejemplo Barcelona. Actualmente, la mayoría de Estados miembros de la UE destinan fondos a ayudar a aquellos usuarios que quieran adquirir un vehículo eléctrico. En España este plan se denomina “MOVEA”.

Pero esta tecnología también presenta inconvenientes y barreras importantes, que hacen que su desarrollo sea más lento. Entre ellos destacan:

- Elevado coste de adquisición: Al no ser los volúmenes de producción demasiado grandes, hace que el precio de adquisición de estos vehículos sea más elevado que su correspondiente motor de combustión.
- Autonomía: Aunque este parámetro está consiguiendo ser mejorado por los distintos fabricantes de manera relativamente rápida, la autonomía que es capaz de proporcionar un vehículo eléctrico sigue siendo menor que la que alcanzan los vehículos de combustión. Además se ve afectado por otras variables como la forma de conducción del usuario o la temperatura ambiente a la que se circule, y es una de las principales limitaciones de esta tecnología. Los últimos modelos, como por ejemplo el Tesla Model S o el Hyundai Nexso tienen una autonomía de 500 y 600 km respectivamente. Lo cierto es que la mayoría de modelos no son capaces de llegar a

rangos de autonomía tan elevada, lo que supone una limitación para la cobertura de largos desplazamientos. No obstante, hay que tener en cuenta que el vehículo eléctrico sí es adecuado para trayectos urbanos, donde las distancias recorridas por la mayoría de los usuarios son inferiores a 100 km diarios.

- **Infraestructura de recarga:** Si al problema que supone la baja autonomía le añadimos que la red de puntos de carga es insuficiente se entiende la dificultad de introducción del VE en nuestras vidas. Aunque algunos fabricantes de automóviles y compañías eléctricas están realizando importantes inversiones para crear una red de recarga suficiente en todos los entornos, urbano y en carretera, como por ejemplo Endesa. En España hay actualmente 4888 puntos de carga [37], muchos de ellos pertenecientes a establecimientos privados, frente a los 8638 puntos que tiene Alemania o los 9907 que tiene Francia.
- **Elevados tiempos de carga:** Los tiempos de carga suelen oscilar entre los 30 minutos para una carga rápida, 6 u 8 horas en un Wallbox y hasta 10 horas en un enchufe convencional. La mejor opción es emplear la carga normal o lenta, ya que con la carga rápida las baterías sufren una fuerte degradación reduciéndose su vida útil.

Ventajas	Inconvenientes
Ahorro energético debido a una mayor eficiencia del motor eléctrico.	Precio de compra superior al de los vehículos convencionales.
Coste de la electricidad empleada para recargar la batería más barata que la gasolina.	Proporcionan una autonomía inferior que los vehículos de combustión.
Respetuoso con el medio ambiente: no emite gases contaminantes y reduce la contaminación acústica.	Especial incidencia de otras variables, como la forma de conducir o la temperatura, en la autonomía de la batería.
Ventajas sociales y ayudas para la compra de estos vehículos por parte del Estado.	Infraestructura de recarga insuficiente. Esto implica una programación del trayecto en caso de necesitar recargar las baterías.
Mantenimiento reducido de los elementos mecánicos.	Elevados tiempos de recarga, que pueden durar horas.
Etiqueta Cero Emisiones de la DGT para circular por entornos urbanos cuando exista protocolo anticontaminación.	

Tabla 5.8: Resumen ventajas e inconvenientes de los vehículos eléctricos.

Fuente: Elaboración propia.

5.5. LISTADO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

En las siguientes tablas se recogen algunos de los modelos de SUV, furgones, buses y camiones que circulan por las calles de nuestras ciudades. En las tablas además se incluye información relativa a la autonomía, potencia y capacidad de las baterías.

- SUV y derivado de turismo eléctricos:

Vehículo	Tipo de motor	Potencia motor eléctrico (CV)	Tipo batería/Capacidad (kWh)	Tiempo de recarga	Autonomía (km)	Precio (€)
 Nissan e-NV200	CA síncrono de imanes permanentes	109	Ion-Litio 40 kWh	7h 30' en Wallbox	300	27.800
 Nissan Serena e-Power (2019)	X	X	Motor de combustión para recargar baterías	X	X	X
 Citroën E-Berlingo	CA Síncrono de imanes permanentes	67	Ion-Litio 22,5 kWh	8h 30' según amperaje	170	Desde 20.390
 Citroën e-Mehari	X	68	Litio-metal-polímero 30 kWh	16 h a 230V	195	24.170
 Renault Kangoo Z.E	CA síncrono de imanes permanentes	60	Ion-Litio 33 kWh	6 h	200	Desde 16.515
 Renault Master Z.E	CA síncrono de imanes permanentes	75	Ion-Litio 33 kWh	6 h	120	48.200
 Mercedes EQC (2019)	2 motores CA de inducción o asíncronos	408	2 baterías ion-Litio 80 kWh	Al 80% en 40' a 110 kW	450	x
 Mercedes eVito (2019)	x	113	Ion-Litio 41,4 kWh	6 h	150	x
 Audi e-Tron (2019)	2 motores CA de inducción o asíncronos	408	Ion-Litio 95 kWh	30' a 150 kW	400-500	82.400

<p>Peugeot Partner E</p>	CA Síncrono de imanes permanentes	67	2 baterías Ion-Litio 22,5 kWh	Carga normal: 9h a 16A C. Rapida: 30'	170	23.213
<p>Tesla Model X</p>	2 motores CA de inducción	Hasta 612	Ion-Litio 100kWh	12 h a 230V	565	97.150
<p>Jaguar I-PACE</p>	2 motores CA síncronos de imanes permanentes	400	Ion-Litio 90kWh	10 h con Wallbox de 7kW	480	79.000
<p>Kia e-Niro</p>	CA síncrono de imanes permanentes	204	Polimero iones de litio 64 kWh	54' a 100kW	485	X
<p>Kia Soul EV</p>	CA síncrono de imanes permanentes	109	Polimero iones de litio 64 kWh	30' al 80% con CHAdeMO	212	Desde 29.400
<p>Hyundai KONA EV</p>	CA síncrono de imanes permanentes	136 o 204	Polimero iones de litio 39,2 kWh o 64 kWh	6 h o 9h 40'	312 o 482	38.500 o 41.500
<p>DS 3 CROSBACK e-tense (2019)</p>	CA Síncrono de imanes permanentes	136	Ion-Litio 50 kWh	5 h en Wallbox de 11 kW	300	X
<p>Volkswagen e-Crafter (2019)</p>	X	136	Ion-Litio 43 kWh	45' con CCS a 40kW	170	69.500
<p>Volkswagen e-Caddy (2019)</p>	X	112	Ion-Litio 37,3 kWh	6h en Wallbox de 7'2kW	220	45.000
<p>Iveco Daily Electric (2019)</p>	X	107	X	X	250	X
<p>Man e-TGE (2019)</p>	X	134	Ion-Litio 36kWh	9h a 220V 40'	160	X

<p>Maxus EV80 (2019)</p>	X	124	ion litio de fosfato férrico (LiFePO4) 56 kWh	2h en CCS	230	47.500
<p>MG eZS (2019)</p>	X	148	X	30' para el 80%	428	X

Tabla 5.9: Listado de SUV y derivados de turismo eléctricos.
Fuente: Elaboración propia.

• Autocares y autobuses eléctricos:

Marca-Modelo	Destinado a:	Capacidad batería/T. recarga	Autonomía (km)	Potencia motor (CV)	Par (Nm)
<p>Iveco minibús Daily Electric</p>	Transporte urbano y regional Opción: cabina+chasis para cargar hasta 7t	Sodio de alta densidad+supercondensador 84 kWh Recarga 10h a 11 kW y 400V 24h a 3,5 kW y 230V	200	80 108	X
<p>MAN LION'S CITY E</p>	Transporte urbano Versiones de 12 y 18 m Capacidad 84 per.	Ion-Litio 480 kWh (12m) 640 kWh (18m) Recarga en CCS	270	Síncrono de imanes permanentes 215	X
<p>Mercedes eCitaro</p>	Transporte urbano e interurbano	Ion-Litio 150, 200 o 250 kWh Carca Combo-2 o pantógrafo	100-150	2 motores de 168 o 80 CV	2x 485
<p>Solaris Urbino 12 P.H (2019)</p>	Funcionamiento por pila de hidrogeno	Batería ion-litio 29,2 kWh	350	X	X
<p>Solaris Urbino 12 E</p>	Transporte urbano	Ion-litio fosfato de hierro 240 kWh Recarga 3h conector tipo 2 CCS	175	2 motores asíncronos 214 total	X

<p>Volvo 7900 eléctrico</p> 	<p>Transporte urbano Capacidad 105 personas</p>	<p>Ion-Litio 150, 200, 250 kWh Recarga 6'</p>	<p>200</p>	<p>215</p>	<p>400</p>
<p>IRIZAR i2e</p> 	<p>Transporte urbano Versiones: 10'8, 12, 18m</p>	<p>Sodio-Níquel (10,12) 329, 376, 150 kWh Recarga 6h Ion-Litio 150kWh</p>	<p>200-220</p>	<p>Síncrono de imanes permanentes 241 (10,12) 315 (18)</p>	<p>1.500 (10,12) 2.300 (18)</p>
<p>IRIZAR i2e tram</p> 	<p>Transporte urbano, similar a tranvía 155 pasajeros</p>	<p>Ion-Litio 150 kWh Recarga 5' a 500 kW</p>	<p>X</p>	<p>Síncrono de imanes permanentes 315</p>	<p>2.300</p>
<p>Heuliez GX 337 Electric</p> 	<p>Transporte urbano Capacidad 90 pasajeros</p>	<p>Oxido de titanato de litio 385 kWh Recarga 6h a 50kW</p>	<p>260-300</p>	<p>160</p>	<p>1.000</p>
<p>Heuliez GX 437 Electric (2019)</p> 	<p>Transporte urbano con gran capacidad para 140 pasajeros</p>	<p>Oxido de titanato de litio</p>	<p>X</p>	<p>235 o 268</p>	<p>X</p>
<p>BYD k7 electric</p>	<p>Transporte urbano</p>	<p>Fosfato de hierro 195.6 kWh</p>	<p>X</p>	<p>AC síncrono 2x 120</p>	<p>400</p>
<p>BYD k9S electric</p>	<p>Transporte urbano</p>	<p>Fosfato de hierro 350 kWh</p>	<p>X</p>	<p>AC síncrono 2x 134</p>	<p>550</p>
<p>BYD k9 electric</p>	<p>Transporte urbano</p>	<p>Fosfato de hierro 500 kWh</p>	<p>X</p>	<p>AC síncrono 2x 201</p>	<p>550</p>
<p>BYD k11 electric</p>	<p>Transporte urbano</p>	<p>Fosfato de hierro 652 kWh</p>	<p>X</p>	<p>AC síncrono 2x 241</p>	<p>1.500</p>
<p>BYD C6 electric</p>	<p>Transporte media distancia</p>	<p>Fosfato de hierro 128 kWh</p>	<p>X</p>	<p>AC síncrono 2x 168</p>	<p>550</p>
<p>BYD C9 electric</p>	<p>Transporte media-larga distancia</p>	<p>Fosfato de hierro 350 kWh</p>	<p>X</p>	<p>AC síncrono 2x 241</p>	<p>1.500</p>
<p>BYD C10 electric</p>	<p>Transporte larga distancia</p>	<p>Fosfato de hierro 420 kWh</p>	<p>X</p>	<p>AC síncrono 2x 241</p>	<p>1.500</p>

Tabla 5.10: Listado de autocares y autobuses eléctricos.
Fuente: Elaboración propia.

• Camiones eléctricos:

Marca-Modelo	Destinado a:	Capacidad batería/T. recarga	Autonomía (km)	Potencia motor (CV)	Par (Nm)
 Volvo FE Electric (2019)	Transporte urbano	Ion-Litio 300 kWh Recarga 1,5h a 150kW	200	500	850
 Volvo FL Electric (2019)	uso comercial en zonas urbanas o de trayectos cortos	Ion-Litio 100-300 kWh Recarga 2h en CCS a 150 kW	300	250	2x425
 Mercedes e-Actros (2020)	Carga hasta 26 t	Ion-Litio 240 kWh	200	2 Motores de 400 y 170	11.000
 Mitsubishi-Fuso eCanter	Carga de 3,5 a 8,5 t en uso urbano	Ion-Litio 82,8 kWh	100	175	380
 Man CitE (2020)	Distribución urbana hasta 15t	110kWh	100	390	X
 Man eTGM	Distribución media de hasta 26 t	Ion-Litio	130-200	360	3.100
 Renault D ZE (2019)	Carga hasta 16 t para distancias medias	200 y 300 kWh Recarga 2h en CCS de 150kW	200-300	250	X
 Renault D Wide ZE (2019)	Carga hasta 26 t para distancias medias	200 kWh Recarga 2h en CCS de 150kW	200	348	X
 DAF CF Electric	Distribución hasta 40 t dentro de zonas urbanas e interurbanas	Ion-Litio 170 kWh Recarga 1h 30'	100	325	X

<p>DAF LF Electric</p> 	Distribución hasta 19 t dentro de zonas urbanas	Ion-Litio 222 kWh	220	340	X
<p>Tesla Semi truck (2019)</p> 	Trayectos largos con 36 t	900 kWh	800	4 motores independientes	x
<p>Nikola ONE (2020)</p> 	Funciona por hidrogeno Carga hasta 30 t	Ion-Litio 320 kWh	1900	1000	5.107
<p>Nikola TWO (2021)</p> 	Funciona por hidrogeno Carga hasta 30 t	Ion-Litio 320 kWh	1900	1000	5.107
<p>Toyota Proyect portal (2020)</p> 	Funciona por hidrogeno Carga hasta 36 t	12 kWh	320	670	1.796
<p>Irizar ie (2019)</p> 	Acoplar GNC Carga de 18 toneladas	Ion-Litio	X	X	X

Tabla 5.11: Listado de camiones eléctricos.
Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO 6

INFRAESTRUCTURA DE CARGA Y
SUMINISTRO ELÉCTRICO PARA VE Y VHE.



6. INFRAESTRUCTURA DE CARGA Y SUMINISTRO ELÉCTRICO PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS

La movilidad eléctrica, como cualquier otra tecnología, debe superar ciertas barreras para su introducción y desarrollo. Uno de los principales factores negativos que influyen en este asentamiento es el desconocimiento por parte de los usuarios de los beneficios reales que la movilidad eléctrica ofrece, que junto con una escasa infraestructura de carga frenan esta necesidad por parte del usuario. Sin lugar a dudas, tanto el vehículo 100% eléctrico como los híbridos, en especial los PHEV, deberán convivir durante un periodo de tiempo con las tecnologías convencionales basadas en el motor de combustión interna.

Por tanto, la introducción de la tecnología eléctrica deberá ser gradual, procurando mejorar los factores determinantes para su aceptación, como es la red de conectores de carga, de tal manera que se satisfagan las necesidades actuales y finalmente se convierta en una alternativa plenamente competitiva con las tecnologías de combustión.

6.1. INFRAESTRUCTURA DE RECARGA DESTINADA A LA MOVILIDAD ELÉCTRICA

Dado que el vehículo eléctrico sí es una alternativa que está adquiriendo importancia en el ámbito urbano, cada vez se está impulsando más la creación de puntos de carga públicos para los usuarios en todas las ciudades del territorio nacional y europeo, ya que la idea es conseguir una alternativa accesible y cómoda. De esta forma se conseguiría ir eliminando una de las principales preocupaciones de los usuarios de vehículo eléctrico.

Pero muchos usuarios todavía no conocen la manera en que funciona esta red de cargadores, por lo que antes de adquirir un vehículo eléctrico conviene informarse de características técnicas relativas al tipo de conector que incorpora, donde podemos encontrar los puertos de carga y el tiempo y los modos disponibles para obtener el máximo aprovechamiento del vehículo.

La tipología de infraestructura disponible actualmente es la siguiente:

- **Infraestructura vinculada:** De carga lenta, situada en el aparcamiento o garaje del propietario del vehículo, y son los que utiliza de manera regular. [29]
- **Infraestructuras de Servicio de Recarga Energética:** Engloba las infraestructuras de carga lenta, rápida o ultrarrápida, situadas en aparcamientos públicos, empresas y centros comerciales, y en la vía pública.

Los situados en la vía pública están concebidos como un complemento al punto de carga base del cliente (su casa o instalaciones profesionales), ya que su principal objetivo es incrementar la autonomía, no realizar la carga completa, ya que de ser así las estaciones de carga serían insuficientes debido al elevado número de vehículos que querrían utilizarlas. Estos dependen de las instituciones públicas, y aunque su número está creciendo siguen siendo escasos.

6.1.1. Tipos de conectores:

El primer paso es conocer el tipo de conector que incorpora el vehículo, ya que de ello depende que pueda ser cargado en uno y otro sitio. Existen diferentes modelos en función del fabricante, en los que varían el tamaño, forma, propiedades y que incluyen su propio protocolo de comunicaciones con el vehículo.

- **Conector Schuko:** Enchufe compatible con todas las tomas de corrientes europeas, que incorpora una toma a tierra y dos bornes por los que circula una corriente de hasta 16 A y 230 V. Por esto, solo será posible realizar cargas lentas según el **Modo 1 y 2**.



Figura 6.1: Conector Schuko.

Fuente: Índice de figuras.

- **Conector SAE J1772 o Yazaki (Tipo 1):** Aceptado según los estándares americanos y europeos. Se trata de un conector monofásico de baja tensión, que trabaja con corrientes de hasta 32 A y 250 V. Tiene cinco bornes: los gruesos son la fase (L), neutro (N) y tierra (PE), y los finos son el piloto de control y el piloto de presencia (para que el vehículo no se mueva mientras este conectado). Es uno de los conectores más empleados para el **Modo de carga 2**, y lo incorporan vehículos como Mitsubishi Outlander, Nissan e-NV200 o la Renault Kangoo ZE.



Figura 6.2: Conector SAE J1772 o Yazaki.

Fuente: Índice de figuras.

- **Conector Mennekes (Tipo 2):** Homologado según los estándares europeos, es un conector de corriente alterna que permite realizar cargas monofásicas y trifásicas desde los 16 A hasta los 63 A y 500 V. Está compuesto por siete pines, tres de ellos para fase (trifásica), un neutro, una toma a tierra y los dos restantes para contactos entre el cargador y el vehículo. Este cargador nos permite dos modos de carga, **Modo 2 y Modo 3**.
 - Si la corriente de entrada es monofásica de hasta 16 A, se empleará para carga lenta.
 - Si la corriente de entrada es trifásica, se permitirá una corriente de hasta 63 A, empleado para carga rápida.

Algunos modelos que incorporan este conector son BYD E6, Renault Kangoo ZE y Volvo V60 plug-in hybrid.



Figura 6.3: Conector Mennekes.
Fuente: Índice de figuras.

- **Conector Scame (Tipo 3):** Actualmente en desuso, ya que en Europa se han impuesto los conectores tipo 2 anteriores. Tiene dos variantes, la 3A y la 3C. La 3A soporta cargas monofásicas de 16 A y 250 V, compuesta por cuatro bornes. En cambio la 3C, la más empleada, permite cargas monofásicas y trifásicas de 32 A y una tensión nominal de 500 V, formada por siete pines. Su funcionamiento se encuentra especialmente indicado según el **Modo 3** de carga, y una de las ventajas que tiene este modelo es que cuenta con obturadores de protección, evitando el contacto directo con las partes bajo tensión.



Figura 6.4: Conector Scame 3C.
Fuente: Índice de figuras.

- **Conector CHAdeMO (Tipo 4):** Son las siglas de “Charge de MOve”, creado por Tokyo Electric Power Company, Nissan, Mitsubishi, Subaru y Toyota, todas empresas japonesas, por lo que la mayoría de VE japoneses incluyen esta toma. Permite realizar cargas rápidas en corriente continua, según el **Modo 4 de carga**, y soporta una intensidad de 125 A y una potencia de 50 kW. Por este motivo, el conector tiene un tamaño superior.



Figura 6.5: Conector CHAdeMO.

Fuente: Índice de figuras.

- **Conector COMBO (CCS):** Versión adoptada por Europa para cargar en corriente continua. Este conector está formado por la unión de un conector Tipo 2 Mennekes en CA y dos terminales de CC. Por tanto tiene un total de 5 pines: dos de CA, dos de CC y uno de comunicación. Está diseñado para soportar tensiones de hasta 850 V en CC e intensidades de 125 A. Por lo general es usado en cargas semi-rápidas y rápidas, funcionando según los **Modos 3 y 4**. Lo usan marcas como Audi, BMW, Daimler, Ford y Volkswagen.



Figura 6.6: Conector COMBO CCS.

Fuente: Índice de figuras.

Nombre	Imagen	Fases	Tensión máxima (V)	Corriente máxima (A)	Modos de carga	Velocidad de carga
Schuko		Monofásico	230 V en CA	16 A	1 y 2	- Super-lenta - Lenta
Yazaki/ Tipo 1		Monofásico	250 V en CA	32 A	2 y 3	- Lenta - Semi-rápida
Mennekes/ Tipo 2		Monofásico Trifásico	500 V en CA	63 A	2 y 3	- Lenta - Semi-rápida
Scame/ Tipo 3		Monofásico Trifásico	500 V en CA	32 A	2 y 3	- Semi-rápida
CHAdeMO/ Tipo 4		Monofásico	500 V en CC	125 A	4	- Rápida
COMBO		Monofásico Trifásico	850 en CC	125 A	2, 3 y 4	- Rápida

Tabla 6.1: Resumen de conectores eléctricos.
Fuente: Elaboración propia.

Como se ha explicado, hay gran variedad de conectores disponibles, y esto en realidad frena en avance de esta tecnología, ya que aunque la mayoría de fabricantes de vehículos eléctricos incluyen varias tomas distintas en sus modelos, supone una dificultad a la hora de encontrar el punto de carga necesario para cada vehículo. Todo apunta a una estandarización de los puntos de repostaje, siendo el modelo con más futuro el COMBO CSS, que ya ha sido adoptado en Europa.

6.1.2. Modos de carga:

Los vehículos eléctricos recargan sus baterías a través de la red eléctrica, ya sea en la vía pública o en instalaciones privadas, y en función de las características de cada estación existen diferentes clasificaciones de la carga de un vehículo eléctrico.

Una de las clasificaciones es la del tiempo de carga, un hecho fundamental y que condicionaría la manera de circular y operar de los distintos usuarios. El tiempo de carga va a depender directamente de la potencia disponible que se pueda suministrar desde la estación y del tipo de conector que se utilice. Se distinguen cinco tipos:

- **Recarga super-lenta:** Cuando la intensidad de corriente máxima es 10 A y limitado a 2,3 kW. La recarga de unas baterías de tamaño medio de 24 kWh pueden durar hasta doce horas, utilizando para ello cualquier enchufe convencional.
- **Recarga lenta:** Efectuada en enchufes Schuko convencionales, con una intensidad de 16 A y una tensión de 230 V, que suministran una potencia de 3,6 kW. La recarga de un vehículo eléctrico medio en este modo puede llevar entre seis y ocho horas. Esta carga es una de las más habituales, ya que la conexión utilizada es una de las más estandarizadas de todas, pudiéndose realizar en la vivienda o el garaje.
- **Recarga semi-rápida:** Se realiza a una potencia comprendida entre 11 y 22 kWh, empleando corriente de alta tensión para ello. El tiempo necesario para recargar totalmente la batería suele ser de una o dos horas. Los dispositivos que tienen esta opción de carga suelen estar en establecimientos públicos como restaurantes o centros comerciales y ocio.
- **Recarga rápida:** La potencia empleada es muy elevada, por encima de 40 kWh llegando incluso a los 50 kWh y valores superiores. Los puntos que cuentan con este sistema permiten recargar el 80% de la capacidad de la batería en media hora. El estándar más utilizado para esta carga es el CHAdeMO.
- **Recarga ultrarrápida:** Es un tipo que está en desarrollo, por lo que su uso no es muy común. Donde más se emplea este tipo de carga es en autobuses urbanos, que requieren de una carga de baterías o supercondensadores en muy pocos minutos. La potencias necesarias están comprendidas entre 250 y 400 kW, recargando el 80% de la batería en un tiempo de 5-8 minutos.



Figura 6.7: Recarga de bus eléctrico mediante pantógrafo.

Fuente: Índice de figuras.

Otra clasificación posible, es la de los modos de carga. Esta tiene que ver con el nivel de comunicación entre el vehículo y la estación de carga. Los modos de carga para vehículos eléctricos están recogidos en determinadas normativas, como la ITC-BT-52 o la IEC 61851, ya que deben cumplir determinados requisitos de protección, seguridad y fiabilidad durante el proceso.



Figura 6.8: Normativa de instalaciones de recarga.

Fuente: Índice de figuras.

Por lo tanto, atendiendo al nivel de comunicación existente entre el vehículo y la estación, necesaria para detectar errores, programar la carga o comprobar el estado de carga, los modos de carga recogidos en la normativa son cuatro:

- **Modo 1:** Conexión del vehículo eléctrico a la red de corriente alterna, de hasta 16 A y 230 V, empleando para ello un conector convencional Schuko, por lo que la recarga de la batería es lenta. No hay conexión entre el vehículo y la red, así que no es posible controlar otros factores relacionados con la carga y su protección, siendo un modo poco seguro.
- **Modo 2:** Esta conexión es más avanzada que la anterior, ya que hay cierto control intermedio entre la alimentación y el vehículo, pudiendo actuar sobre el estado y velocidad de la carga y teniendo toma de tierra de protección. Es decir, en esta recarga el vehículo se conecta a una toma convencional mediante un cable dotado de un dispositivo de seguridad y control. La toma de corriente será monofásica de corriente alterna, con posibilidad de llegar a los 32 A. Existe alguna variante trifásica en la que se alcanzan los 400 V y 22 kW de potencia. Entre los conectores más empleados en este modo se encuentran el Yazaki o el Mennekes.
- **Modo 3:** Este modo está destinado exclusivamente a recargar vehículos eléctricos, y para ello necesita la instalación de un dispositivo llamado “Wallbox”. Este sistema

incorpora varios sistemas de protección inteligentes, necesarios para la seguridad tanto de la instalación como del vehículo. También permite al usuario actuar sobre determinados parámetros de la carga, por lo que se trata de un modo mucho más seguro, fiable y rápido que los anteriores. Se trata de una carga semi-rápida de corriente alterna, con una potencia suministrada entre 15 y 43 kW, permitiendo intensidades de hasta 62 A, siendo 32 A lo más habitual. Este junto al Modo 2 son los más extendidos. Los conectores más empleados son Yazaki, Mennekes, Scame o COMBO.

- **Modo 4:** Esta recarga se realizará en estaciones específicas que tengan instaladas un servidor de corriente continua, una de las principales diferencias con los modos anteriores. Las potencias suministradas superan los 50 kW y tensiones próximas a los 500 V, por tanto las estaciones estarán dotadas de unas medidas de seguridad adecuadas. Esta carga permite realizar cargas rápidas y ultrarrápidas según el modelo, siendo estas últimas poco aconsejables debido a la degradación que sufren las baterías. Los conectores empleados son CHAdeMO y COMBO.

6.1.3. Puntos de recarga actuales:

A principios del año 2019, en España había registradas un total de 11.609 gasolineras (según datos de la AOP), la cifra más alta de la historia, frente a las 11.495 que había en 2017. Para los propietarios de vehículos convencionales de motor térmico es impensable circular por cualquier tipo de vía o carretera y no encontrarse con una de estas gasolineras, lo que permite realizar cualquier trayecto sin miedo a quedarse sin autonomía. El elevado número de vehículos de combustión sigue favoreciendo el crecimiento del número de gasolineras. En cambio, para los propietarios de vehículos eléctricos el hecho de realizar un viaje largo y tener que circular por carretera sí que supone un problema, ya que necesitan de una planificación y estudio previo de la ruta para conseguir tener autonomía suficiente durante todo el trayecto. Además, a esto se añade que las estaciones de carga en carretera son mínimas en comparación con los núcleos urbanos. Por eso, se está intentando implantar inicialmente el vehículo eléctrico en las ciudades, para a medida que se consiguen mejoras de sus características aumentar su uso por carretera.

La mentalidad de los usuarios también frena a la movilidad eléctrica, ya que se necesita tener una visión de los beneficios que supone, a pesar de sus aspectos mejorables, para poder seguir desarrollándola y finalmente conseguir unos resultados óptimos. La mayoría de propietarios deben cambiar su mentalidad respecto al repostaje, realizar una planificación de las horas idóneas de carga, para así no sobrecargar la red eléctrica. Por eso es necesario conocer que estaciones de carga hay disponibles en todo el territorio, las horas más convenientes para la carga e introducirse de lleno en todos los sistemas tecnológicos que ayudan al usuario a moverse de la manera más cómoda y fácil posible con los vehículos eléctricos.

Está demostrado que el desarrollo de la red de puntos de carga es determinante para la expansión del vehículo eléctrico. Si se mira como es la situación en Europa, se observa que España se encuentra en décima posición en el ranking europeo de puntos de carga por habitante, con 16,97 puntos por cada 100.000 habitantes, y encabezando la lista se encuentran Países Bajos con 260 puntos y Dinamarca con 197,40 puntos. La media europea se sitúa en 52,10 puntos en el año 2018, encontrándose España muy por debajo. Además en los países líderes, la movilidad eléctrica tiene un gran peso económico, social y ambiental ya que el Estado proporciona grandes ayudas y subvenciones para favorecer el consumo de esta tecnología, llegando a ser las matriculaciones de vehículos eléctricos una quinta parte del total. [38]

En la siguiente tabla se puede observar el promedio de automóviles que optan a cada punto de carga por comunidades autónomas, según datos publicados por IDAE y REE.

Comunidades Autónomas	VE	VE/PC
1. Asturias	427	4,4
2. Castilla y León	1.061	4,6
3. Cantabria	311	6,2
4. Extremadura	523	7,6
5. Galicia	1.150	7,8
6. La Rioja	262	8,7
7. Castilla La Mancha	847	9,2
8. Aragón	1.033	9,7
9. Navarra	606	9,8
10. Región de Murcia	1.075	10,0
11. País Vasco	1.747	12,8
12. C. Valenciana	5.339	15,0
13. Andalucía	6.424	20,1
14. Cataluña	16.708	20,3
15. Madrid	21.672	55,1

Tabla 6.2: Promedio de automóviles eléctricos por puntos de carga en cada comunidad autónoma. Fuente: IDAE, [39], Y (Elaboración propia)

Viendo la tabla se observa como las comunidades con más puntos de carga, como son Madrid y Barcelona, se encuentran en la cola de la lista. Esto hace indicar que una ciudad solo porque tenga más puntos de carga no tiene por qué ser la más indicada para tener un vehículo eléctrico, ya que hay un número mayor de vehículos que “compiten” por estos puntos, sino que hay que valorar la población y el tránsito automovilístico también.

Independientemente de si la red española de estaciones de carga para vehículos eléctricos es escasa o no, lo cierto es que, para quienes tienen un vehículo eléctrico es importante saber cuáles son los puntos de recarga disponibles y donde se encuentran. Según la web

Electromaps [40], portal que contiene un mapa de puntos de carga donde los usuarios pueden ir modificando información sobre los diferentes puntos, actualmente en España hay 4.888 puntos. Pero no todos estos son públicos, ya que muchos pertenecen a establecimientos privados, empresas, hoteles y otros establecimientos. Si comparamos con otro país, Francia por ejemplo tiene 9.907 puntos y Noruega 18.273. En la siguiente imagen se muestra la distribución de estas estaciones de carga.

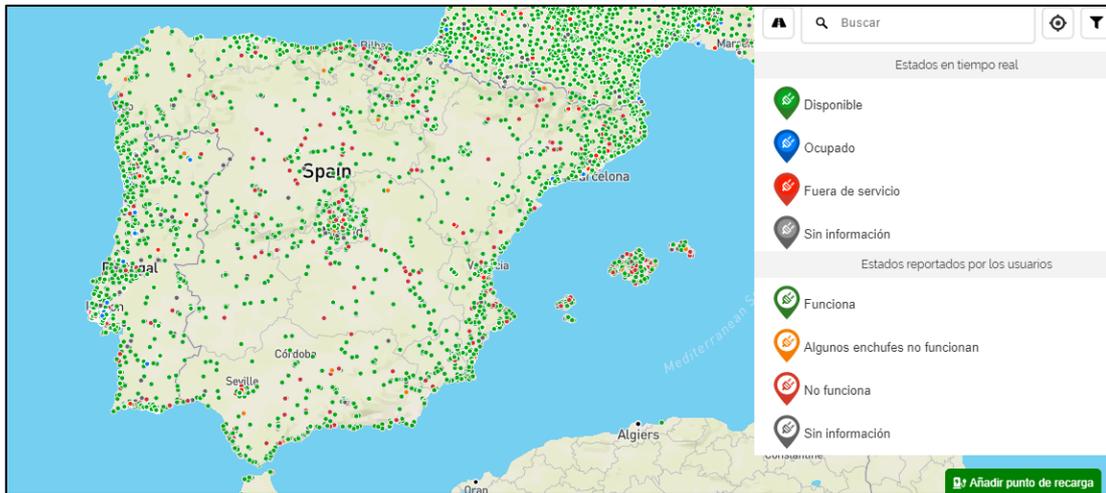


Figura 6.9: Puntos de carga en la Península Ibérica.

Fuente: [40]

Como se comentó anteriormente al inicio del capítulo, la infraestructura existente se divide en: Vinculada y Servicios de Recarga Energética. La infraestructura vinculada, es decir, los puntos que el propietario emplea habitualmente para la recarga como pueden ser la vivienda o el garaje, está llamada a ser la principal protagonista del desarrollo de infraestructura.

En esta evolución y desarrollo de la infraestructura también están interesados muchas de las principales marcas de la automoción, proveedores de electricidad e incluso algunas empresas petrolíferas, quienes quieren crear las llamadas “electrolineras”, que en un futuro reemplazarían a las gasolineras de nuestro país. El Estado a su vez ha implantado la *Ley de Cambio Climático y Transición Energética* (LCCTE), por la cual para conseguir una descarbonización de la economía española a 2050 se pretende reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 20% para 2030 respecto al año 1990, y generar el 70% de la electricidad con fuentes de energía renovables. Además, pretende dar más oportunidades a la movilidad alternativa en el país, por lo que obliga a las gasolineras que más suministro de combustibles y carburante proporcionen, a instalar al menos una infraestructura de recarga eléctrica de potencia igual o superior a 22 kW.

Esta medida favorecerá la circulación por carretera de los vehículos eléctricos, al contar en las gasolineras con una infraestructura de carga semi-rápida, incrementándose el número de estaciones de carga en todo el territorio nacional.

Iberdrola ha comenzado el despliegue de más de 200 estaciones de carga rápida y ultrarrápida, (de 50 kW a 350 kW), y distribuirá cada una de tal forma que queden a menos de 100 km de distancia entre sí por cada una de las principales carreteras españolas. Además de centrarse en las carreteras, también instalarán, antes de 2021, 25.000 puntos de carga repartidos entre hogares y empresas privadas. Endesa se sumará a esta iniciativa instalando otros 4.000 puntos de carga en distintas empresas y parkings públicos.

Por último, Tesla está desarrollando una red de supercargadores por todo el mundo, encontrándose 27 estaciones en todo el territorio español.

6.2. CARGA DE LAS BATERÍAS MEDIANTE FRENADA REGENERATIVA

Otra manera de recargar las baterías de un vehículo eléctrico o híbrido, es mediante el sistema de frenado regenerativo. Mientras que el sistema de frenado de un vehículo convencional, freno mecánico, se basa en la acción de una presión hidráulica o neumática sobre el disco o tambor de freno una vez que se pisa el pedal correspondiente. Durante el proceso de frenado, parte de la energía cinética que lleva el vehículo se convierte en energía térmica, produciendo calor en el acto.

Los vehículos eléctricos, utilizan motores de tracción eléctricos que al funcionar de manera inversa se comportan como generadores de energía eléctrica. Esto es debido a la inversión del campo magnético que genera una corriente eléctrica por los arrollamientos del generador. Por tanto, además de disponer de freno mecánico, como en los vehículos térmicos convencionales, también reducen su velocidad gracias al empleo del generador, que convierte parte de la energía cinética que tiene el vehículo en energía eléctrica para cargar las baterías. Además, muchos modelos actuales incluyen controladores electrónicos para actuar sobre el comportamiento del generador, logrando que produzca más carga durante la frenada a la vez que retiene más al vehículo. Estos controladores se encargan de controlar el papel que tienen los frenos durante la conducción, buscando la máxima optimización de la energía posible para los requerimientos que se presenten.

El empleo del motor eléctrico-generador como elemento de frenado para producir electricidad y recargar las baterías es lo que se conoce como frenada regenerativa, pero esta no es suficiente para detener el vehículo, por eso utilizan también el freno mecánico. Este sistema de frenado, debe de estar controlado por la unidad de gestión de la batería, ya que si la batería está completamente cargada no puede recibir más energía ya que podría causar daños en la misma.

Como conclusión, indicar que el sistema de frenada regenerativa es de mucha utilidad cuando se realizan múltiples frenadas y arrancadas como en los entornos urbanos, o se bajan pendientes pronunciadas, ya que parte de la energía empleada para retener al vehículo sirve para generar electricidad y por tanto, aumentar la autonomía durante la circulación.

6.3. EFECTOS SOBRE LA RED ELÉCTRICA Y EL MEDIO AMBIENTE

El sector del transporte continúa siendo altamente dependiente del petróleo, y aunque la concienciación de los usuarios sobre las consecuencias del consumo masivo de combustibles fósiles va en aumento, cada vez son más visibles los efectos negativos que la contaminación y el cambio climático producen. Para tratar de revertir estos efectos se continúa tratando de implantar fuentes de energías limpias que permitan una movilidad mucho más sostenible y conseguir una descarbonización del sector del transporte.

Pero esto no es tan sencillo, ya que para llevar a cabo estos objetivos es necesario tener una correcta infraestructura que sea capaz de proporcionar los recursos necesarios en los picos de demanda. La realidad es que no todos los países disponen de esta infraestructura de generación de recursos, por lo que sobredimensionar las actuales supondría una inversión estratosférica. Por eso la evolución de la movilidad eléctrica sigue un camino muy progresivo.

Además, los usuarios deben tener una mayor concienciación del uso de estas tecnologías, que junto con el establecimiento de ciertas medidas de gestión de demanda que incidan sobre los picos, reduciéndolos y desplazando en el tiempo los consumos, se contribuiría a lograr una mayor eficiencia del sistema eléctrico.

Lo que es seguro es que el incremento masivo de vehículos eléctricos y la recarga de sus baterías tendrán un impacto económico y social, afectando sobre todo al sistema eléctrico. Si se actuase de manera correcta y los usuarios recargasen los vehículos en las horas de menos demanda (horas valle), se podría producir un aplanamiento de la curva de la demanda eléctrica, de tal forma que la demanda de corriente en las horas valle y en los picos sean cada vez más próximos. Esto ayudaría a aprovechar la energía sobrante, constituyendo un sistema eléctrico mucho más eficiente y elevando el rendimiento de todo el sistema. Todo esto sería viable gracias a la ventaja que tienen los vehículos eléctricos e híbridos de poder consumir la electricidad en el momento elegido por el propietario, lo que permite gestionarse en beneficio conjunto del sistema eléctrico.

Ventajas de la recarga de VE en las horas valle
- Incremento del rendimiento global del sistema eléctrico, por el aplanamiento de la curva de demanda.
- Optimización de la infraestructura actual, al no necesitar una ampliación del nivel de potencia generada para atender el consumo de VE.
- Coste de la electricidad más reducido en estas horas, favoreciendo la movilidad eléctrica frente al petróleo.
- No hay riesgo de desestabilización del sistema.

Tabla 6.3: Ventaja de la recarga de VE en las hora valle del sistema eléctrico.

Fuente: [29] y elaboración propia.

Debido a la limitación actual de los vehículos eléctricos, en cuanto a autonomía se refiere, hace que estén especialmente indicados para uso diario en distancias cortas. Esto hace que los vehículos pasen conectados muchas horas al día, siendo la carga lenta una de las más habituales y que menos cambios supone a la infraestructura eléctrica. Por tanto, los

propietarios de vehículos eléctricos podrían amortizar más rápidamente la inversión realizada, aprovechándose del reducido coste de la electricidad en estas horas de escasa demanda.

Otra función interesante del vehículo eléctrico es su carácter bidireccional, incorporando la tecnología V2G (“vehicle to grid”, traducido como “del vehículo a la red”), la cual permite al propietario del vehículo vender a la red eléctrica la energía almacenada en la batería cuando no se use para el transporte.

En España, la generación de energía eléctrica alcanzó en 2018 una cifra de 260.974 GWh, pero la demanda se situó en un valor superior, 268.777 GWh, lo que convierte a España en importador de energía eléctrica. [33]

	Sistema peninsular		Sistemas no peninsulares		Total nacional	
	GWh	%18/17	GWh	%18/17	GWh	%18/17
Hidráulica	34.103	84,9	3	0,1	34.106	84,9
Turbinación bombeo ⁽²⁾	2.009	-10,7	-	-	2.009	-10,7
Nuclear	53.198	-4,2	-	-	53.198	-4,2
Carbón	34.882	-17,8	2.392	-7,9	37.274	-17,2
Fuel/gas ⁽³⁾	-	-	6.683	-4,5	6.683	-4,5
Ciclo combinado ⁽⁴⁾	26.403	-21,5	3.642	6,5	30.044	-18,9
Hidroeléctrica	-	-	24	16,9	24	16,9
Eólica	48.946	3,0	625	56,6	49.570	3,5
Solar fotovoltaica	7.374	-7,8	385	-3,1	7.759	-7,6
Solar térmica	4.424	-17,3	-	-	4.424	-17,3
Otras renovables ⁽⁵⁾	3.547	-1,5	10	-8,3	3.557	-1,5
Cogeneración	28.981	2,9	35	-3,5	29.016	2,8
Residuos no renovables	2.294	-6,7	141	-5,2	2.435	-6,6
Residuos renovables	733	0,7	141	-5,2	874	-0,3
Generación	246.893	-0,5	14.081	-0,7	260.974	-0,5
Consumos en bombeo	-3.198	-11,3	-	-	-3.198	-11,3
Enlace Península-Baleares ⁽⁶⁾	-1.233	4,6	1.233	4,6	0	-
Saldo intercambios internacionales físicos ⁽⁷⁾	11.102	21,1	-	-	11.102	21,1
Demanda (b.c.)	253.563	0,4	15.314	-0,3	268.877	0,4

Tabla 6.4: Balance de energía eléctrica en España en el año 2018.

Fuente: REE [33]

Esta condición de importadores de energía eléctrica dificultaría el progreso de la movilidad eléctrica en el país, al no poder hacer frente a la creciente demanda de electricidad, la cual podría llegar a duplicarse en un plazo medio de tiempo, fruto del incremento de vehículos eléctricos. Estos datos indican que la solución está en invertir unas cantidades astronómicas dinero en mejorar las infraestructuras generadoras de corriente eléctrica, o la segunda opción invertir ese dinero en importar la energía desde el extranjero, siendo ambas opciones muy costosas y a día de hoy, no viables. Pero según la Red Eléctrica Española, considerando la reducción de consumo de electricidad en un 30 % debido a un aumento de la eficiencia energética de los sistemas electrónicos y del transporte en el futuro próximo, solo será necesario aumentar la producción de electricidad entre un 15 y un 30 %, por lo que se prevé que nuestra red eléctrica actual tendrá capacidad en los próximos años para alimentar hasta la cuarta parte del parque automovilístico español, sin inversiones adicionales en generación y transporte, siempre que se realice una recarga inteligente en horas valle y se optimicen las eficiencias.

La red eléctrica de cualquier país no está diseñada para soportar una enorme demanda sincronizada, en la que todos los usuarios pretendan consumir grandes cantidades de energía al mismo tiempo. Si nos fijamos en la Figura que hay a continuación, en la que se muestra la demanda del país, se observa que tiene un pico y un valle, correspondientes a las horas más y menos consumo, respectivamente.

Uno de los principales beneficios que tendría la introducción del vehículo eléctrico en la sociedad, sería precisamente la mejora de la eficiencia del sistema eléctrico, provocando un aplanamiento de la curva de demanda siempre que se realice una gestión de recarga inteligente en determinadas horas. De ser así, se produciría un ahorro en la mejora y creación de instalaciones, y también facilitaría la incorporación del VE en nuestra sociedad, obteniendo grandes beneficios medioambientales.

En cambio, de no realizarse la recarga en las horas de menos demanda, es decir, en las horas punta, el impacto sobre la red eléctrica sería muy perjudicial, ya que generaría una sobretensión del sistema de generación y transporte.

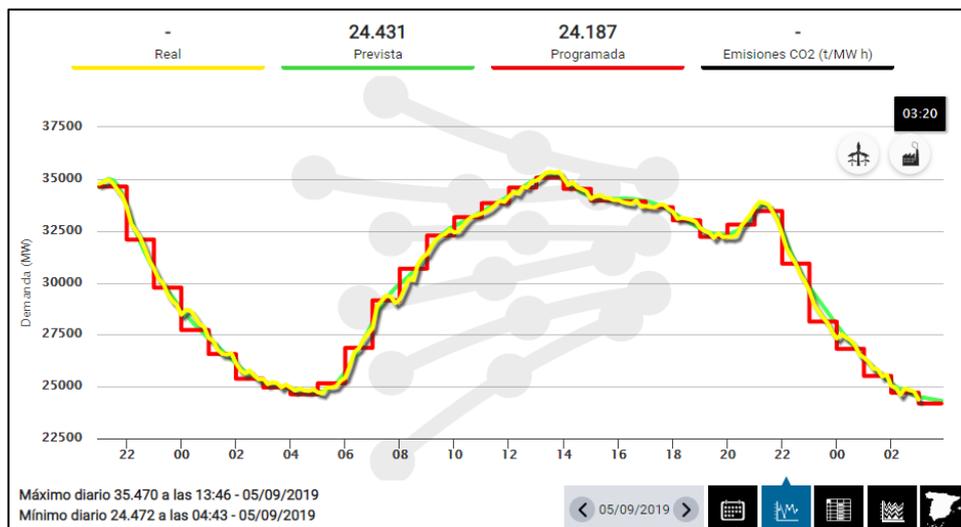


Figura 6.10: Demanda de energía en tiempo real el día 5 de Septiembre de 2019.

Fuente: (05/09/2019) REE

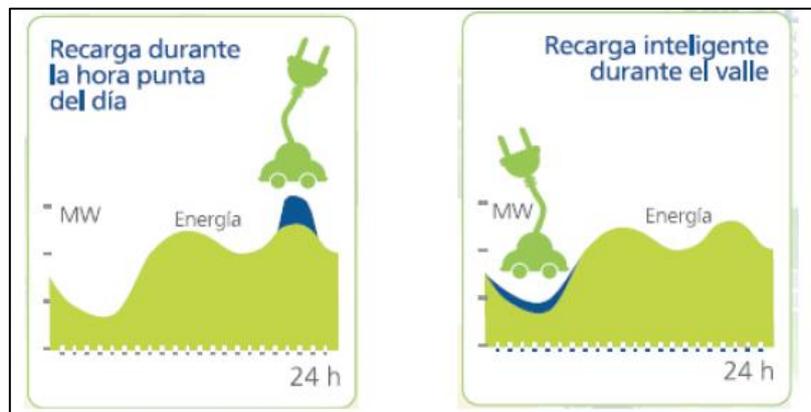


Figura 6.11: Imagen explicativa de los beneficios de la recarga nocturna para el aplanamiento de la curva de demanda. Fuente: [31]

6.4. AYUDAS E INCENTIVOS PARA LA INTRODUCCIÓN DE LOS VEHÍCULOS ALTERNATIVOS EN EL PARQUE AUTOMOVILÍSTICO

La implantación a gran escala del vehículo eléctrico en España, en especial los turismos y vehículos comerciales, pasa por el crecimiento de las flotas. Para ello se han puesto en marcha una serie de planes y ayudas que tienen como objetivo instalar en España las condiciones necesarias para el futuro implementación del vehículo eléctrico.

Y es que el elevado precio de la tecnología eléctrica en la automoción supone un inconveniente para su desarrollo, ya que el usuario que quiera adquirir un vehículo de este tipo (híbrido o eléctrico) tiene que invertir más dinero que si comprase un modelo térmico. Esto hace que, aunque el número de ventas crezca cada vez más, el número de vehículos eléctricos todavía sea muy escaso.

Para favorecer este consumo, el Gobierno ha promovido la venta de los vehículos eléctricos y la renovación del parque automovilístico español, lo que conseguiría reducir las emisiones contaminantes de toda la flota. Para incentivar este consumo ha establecido una serie de ayudas en la compra. La previsión es que a medida que aumenten las ventas, el precio de los vehículos híbridos y eléctricos se irá reduciendo, y por consiguiente también disminuiría la necesidad de dar ayudas para adquirirlos.

Los principales incentivos que se dan en España, y que son similares a los concedidos en el resto de Europa, son los siguientes:

- Plan MOVES 2019: Es la continuación del Plan anterior conocido como Plan MOVEA, lanzado en el año 2016, el cual pretendía incentivar la demanda y compra de vehículos de energías alternativas, y con ello incrementar la presencia de los mismos en el parque circulante español, pretendiendo disminuir el sobrecoste de hasta un 30% que este tipo de vehículo puede tener frente a su versión convencional. Así se conseguiría fomentar la presencia de este tipo de vehículos en el sector transporte, estando incluidos en estas ayudas los vehículos híbridos, eléctricos, híbridos de pila de combustible, de gas licuado por petróleo (GLP) y gas natural vehicular (GNV).

En Plan MOVES (Movilidad Eficiente y Sostenible), en cambio, no subvenciona la adquisición de los vehículos ligeros propulsados con GLP o GNC. Aunque reconoce el importante papel que tienen en este periodo de transición hacia un parque de cero emisiones.

El presupuesto de este Plan es de 45 millones de euros, y a pesar de ser un proyecto general a nivel nacional, estará gestionado por cada comunidad autónoma. Estará vigente hasta finales del año 2019 o hasta que se agote la cuantía anterior. Este proyecto está dirigido a incentivar la compra de vehículos alternativos y a impulsar el uso de energías alternativas, incluida la disposición de las infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos en todo el territorio nacional. Además, optarán a él tanto las personas físicas como los profesionales autónomos, las comunidades de propietario o entidades públicas vinculadas sector público.

Entre las categorías de vehículos aptas para recibir una ayuda para su adquisición, y una vez cumplidos todos los requisitos que vienen reflejados en el *Real Decreto 72/2019*, se encuentran los reflejados en la siguiente tabla:

Motorización	Categoría	MMTA (kg)	Límite precio venta vehículo – Euros	Ayuda – Euros
GLP/Autogás o bifuel.	N2	–		4.000
	N3	Menor de 18.000.		6.000
		Mayor o igual 18.000.		15.000
GNC, GNL o bifuel.	N2	–		5.000
	N3	Menor de 18.000.		7.000
		Mayor o igual 18.000.		15.000

Motorización	Categoría	Autonomía (km)	Límite precio venta vehículo (€)	Ayuda (€)
Pila de Combustible (FCV,FCHV).		–		5.500
PHEV, EREV, EV, Pila combustible (FCV,FCHV).	M1	Mayor o igual 12 y menor 32.	40.000 (45.000 para personas con discapacidad y movilidad reducida y familias numerosas).	1.300
		Mayor o igual a 32 y menor 72.		2.600
		Mayor o igual de 72.		5.500
	N1	Mayor o igual de 32.		6.000
	M2, N2		–	8.000
	M3, N3			15.000
EV.	L6e			600
	L7e			800
	L3e, L4e, L5e, con P ≥ 3kW	Mayor o igual de 70.	10.000	750

Tabla 6.5: Cuantía recibida en función de la categoría del vehículo.

Fuente: [34]

Como se aprecia en la tabla, los importes de las ayudas para vehículos oscilan entre los 700 € para motocicletas eléctricas y los 15.000 € para la compra de camiones y autobuses con propulsión alternativa. Las ayudas para la compra de vehículos ligeros eléctricos se sitúan en torno a los 5.000 €.

Por último, indicar que un porcentaje comprendido entre el 20 y el 50 % será destinado a la adquisición de vehículos alternativos, mientras que el 30-60% restante se dedicara a la implantación de infraestructuras de recarga.

- Plan MOVALT: El nombre de este proyecto es el acrónimo de Movilidad Alternativa. El programa cuenta con un presupuesto de 35 millones de euros, dedicados a la compra de vehículos alternativos, incluidos los propulsados por GLP o GNC, y a la instalación de estaciones de carga. A él pueden acceder todo tipo de propietarios, desde particulares, autónomos, empresas o el sector público. Las ayudas oscilarán entre los 5.000 y los 18.000 €, en función de la categoría del vehículo.
- Descuentos de la propia marca: Debido a que la mayor parte de las marcas están trabajando en la electrificación de sus modelos, muchas de ellas lanzan ofertas durante todo el año. Entre algunas de las destacadas se encuentra Renault y Nissan, descontando hasta 5.500 €, o Hyundai hasta 4.500 €.



También se está promoviendo la realización de otros programas de ayuda como el Plan VEA, pero no se han establecido oficialmente. Aunque se puede decir que este está destinado a todo tipo de vehículos de propulsión alternativa, incluidos GNC y GLP, y también la infraestructura de recarga de todos ellos.





CAPÍTULO 7

CRASH TEST: NISSAN E-NV200.



7. CRASH TEST: NISSAN e-NV200

7.1. DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD DONDE SE REALIZA EL ENSAYO

CESVIMAP se fundó en el año 1983, con el fin de investigar sobre la tecnología, seguridad y reparabilidad del automóvil, encaminando su esfuerzo hacia la metodología de reparación de los daños que pueda presentar como consecuencia de un accidente y la peritación de los vehículos. Busca garantizar que el vehículo mantenga la misma seguridad una vez ha sido reparado tras un accidente, así como dar una formación adecuada a sus propios peritos de MAPFRE.

Desde el año 1985 CESVIMAP pertenece al *Consejo de Investigación de Reparaciones en Automóviles (RCAR – Research Council for Automobile Repairs)*. Es un conjunto de centros de investigación que están distribuidos por todo el mundo. En la actualidad el RCAR posee 25 miembros distribuidos por 19 países. Una vez al año todos los centros se reúnen para compartir sus investigaciones, establecer los parámetros para realizar los ensayos en futuros estudios que por consenso se consideren necesarios, entre muchos otros propósitos.

El ámbito de actuación de CESVIMAP comprende el estudio de los turismos, los vehículos industriales y las motocicletas, introduciendo el de bicicletas.

Investiga en la reparación de los automóviles y motocicletas, una vez que han sido sometidos a la prueba de impacto (*Crash test*). En este tipo de análisis, la velocidad de colisión nunca supera los 16 km/h para que los vehículos resulten dañados levemente, ya que se simulan accidentes en zonas urbanas.

En la actualidad el centro se encuentra en C/ Jorge de Santayana 18, 05004 Ávila, España.



Figura 7.1: Instalaciones de CESVIMAP, en Ávila.

Fuente: Índice de figuras.

7.2. OBJETIVOS DEL ENSAYO

El objetivo de este proyecto es hacer un análisis detallado de las innovaciones técnicas con las que cuentan los vehículos eléctricos actualmente. Se trabajará tanto con componentes exteriores de carrocería como mecánicos y electromecánicos, para la correcta y detallada toma de datos que sirvan de objeto en este proyecto. Durante el trabajo con la carrocería exterior del vehículo se pretende la realización del análisis detallado de piezas y componentes. Este análisis se centra en la medición de tiempos de montaje y desmontaje de las piezas, así como informar de los puntos de unión de cada una a la estructura del vehículo y el material del que están compuestos.



Figura 7.2: Paragolpes delantero Nissan e-NV200. Material: Polipropileno + Etileno-Propileno-Monómero con carga reforzante de Talco (T) un 15%.
Fuente: Elaboración propia.

Se medirá, mediante el calibre, las holguras de todas las uniones de piezas exteriores al inicio del ensayo, para la comparación con el resultado final una vez se haya hecho la prueba de impacto.

En cuanto a los elementos mecánicos, se tomarán todas las medidas de seguridad exigidas al trabajar con elementos de alta tensión, según vienen reflejados en Real Decreto 614/2001, y se seguirá el protocolo de actuación desarrollado por el fabricante en todo momento, estando toda la actividad supervisada por el responsable de este vehículo y del departamento correspondiente.

Durante la duración del proyecto con el derivado de turismo NISSAN e-NV200, un equipo formado entre otros por chapistas, mecánicos e ingenieros técnicos, en el cual me encontraba yo, se ha encargado de realizar todo el proceso necesario para la obtención de información que será de utilidad en proyectos futuros de CESVIMAP. Esta información será empleada por el departamento de "Peritación" para desarrollar informes y protocolos de actuación para los peritos de MAPFRE. Además será empleada para analizar la viabilidad de los seguros ofrecidos por MAPFRE a los usuarios, y establecer las primas de seguro a sus clientes, entre otras cosas.

Actualmente, se hace necesario investigar en tecnologías relativas a la automoción que funcionen con energías sostenibles, debido a problemas existentes como contaminación por gases de efecto invernadero (GEI) o disminución de las reservas de combustibles fósiles. Como se ha explicado anteriormente, hay otros tipos de fuente de energía que funcionan de manera más limpia que la gasolina o diesel, y no cabe duda que la electricidad aplicada

al sector de la automoción es una tecnología que tiene un amplio margen de mejora, ya que tan solo se han asentado las bases de lo que puede llegar a ser el principio de funcionamiento de la movilidad de vehículos en el futuro más inmediato. Si bien es cierto, que para conseguir implantar una flota de vehículos completamente eléctrica se hace necesaria la mejora de la infraestructura que sostiene a estos vehículos, ya que este es uno de los principales inconvenientes que tiene la movilidad eléctrica actualmente.

En España hay 29.795.523 vehículos, de los cuales 5.045.816 están destinados al transporte de personas o mercancías (buses, camiones y furgonetas industriales) [26]. Por tanto se trata de un país en el que el sector dedicado al transporte de mercancía tiene una gran importancia.

Parque nacional de vehículos según tipo

	TURISMOS		COMERCIALES E IND.		AUTOBUSES Y AUTOCARES		TRACTORES IND.		TOTAL*	
	Nº vehículos	Var. 17/18	Nº vehículos	Var. 17/18	Nº vehículos	Var. 17/18	Nº vehículos	Var. 17/18	Nº vehículos	Var. 17/18
2013	22.024.538	-1,0%	4.887.352	-2,0%	59.892	-2,0%	182.822	-2,2%	27.617.785	-1,2%
2014	22.029.512	0,0%	4.839.484	-1,0%	59.799	-0,2%	186.060	1,8%	27.590.727	-0,1%
2015	22.355.549	1,5%	4.851.518	0,2%	60.252	0,8%	195.657	5,2%	27.883.710	1,1%
2016	22.876.830	2,3%	4.879.480	0,6%	61.838	2,6%	207.889	6,3%	28.451.448	2,0%
2017	23.500.401	2,7%	4.924.476	0,9%	63.589	2,8%	218.154	4,9%	29.142.244	2,4%
2018	24.074.151	2,4%	4.980.911	1,1%	64.905	2,1%	225.942	3,6%	29.795.523	2,2%

Tabla 7.0: Parque nacional de vehículos en España en el año 2018.
Fuente: DGT y ANFAC [26].

Esto hace que sea necesario investigar sobre vehículos industriales que ofrezcan unas prestaciones adecuadas para el uso al que están destinados pero que además supongan un medio de transporte limpio y respetuoso con el medio ambiente. Y ese es el principal objetivo de este proyecto: analizar las innovaciones actuales de un vehículo industrial eléctrico destinado al transporte de mercancía en distancias cortas como es la NISSAN e-NV200, y comparar el coste y los métodos de reparación de esta clase de vehículos con los empleados tradicionalmente.

7.3. RESUMEN DEL TRABAJO REALIZADO

Se detallará minuciosamente todo lo realizado en este proyecto de investigación llevado a cabo por el departamento de “*Vehículos Industriales*” de CESVIMAP, lo cual queda resumido en este apartado.

Inicialmente, se presentará al vehículo que es objeto de análisis mediante una descripción de las características que equipa según los manuales de usuario entregados por el fabricante y proveedor. A continuación, se analizará con detalle las características de las piezas que integra en la parte delantera, lateral y trasera del vehículo. Es decir, se desmontarán los faros, paragolpes, traviesas de impacto, puertas y portones, lunas laterales y todos lo guarnecidos y otras piezas de las que sea necesario tomar tiempos de desmontaje-montaje. Hay que tener en cuenta que esta información será proporcionada a otros departamentos como “*Baremos*” y “*Peritación*”, que se encargarán de incluirlos a determinadas bases de datos para que los peritos y otros empleados de MAPFRE puedan tener acceso y de esta forma aplicar determinadas tasas en el ámbito de la aseguradora del automóvil. Este análisis sirve, entre otras cosas, para establecer el precio que debe abonar la aseguradora al operario que deba reparar un vehículo debido a un siniestro, por ejemplo.

Una vez se hayan montado de nuevo las piezas, se procederá a realizar la prueba de impacto en una zona especializada para ello en las mismas instalaciones de CESVIMAP. Para que la prueba tenga un desarrollo correcto, es necesaria la medición de múltiples factores y parámetros que tendrán un efecto directo sobre el vehículo en el que se realiza el test, además de la comprobación de las correspondientes medidas de seguridad.

Se realizarán dos pruebas de impacto: una trasera con un carro equipado con una barrera rígida de 1.400 kg de peso, mientras el vehículo se encuentra parado en punto muerto y con el motor arrancado. Y otra delantera en el que será el vehículo el que se desplace por un carril hacia un muro rígido e indeformable de 35 toneladas de peso en el cual impactará con el 40% de la superficie frontal.

Una vez realizado el ensayo, se realizan las correspondientes mediciones (huellas sobre el pavimento, desplazamiento sufrido tras el golpe etc) y se analiza la reparabilidad de los daños producidos, utilizando para la peritación de los daños bases de datos como Audatex. Este ensayo será la base de este capítulo del proyecto, ya que se compararán los daños sufridos en este vehículo eléctrico con otro de las mismas características y modelo pero en versión térmica. De esta forma se podrán obtener las similitudes y diferencias de los accidentes, comparar los factores que hacen que un accidente provoque más daños en un vehículo u otro y analizar los índices de reparabilidad y dañabilidad de ambos vehículos. Para obtener estos índices, será necesario reparar todas las piezas y sistemas dañados durante el accidente, de tal forma que se pueda obtener una valoración de costes objetiva.

Finalmente, una vez la furgoneta esté perfectamente reparada y ensamblada se harán pruebas dinámicas, cuya finalidad será la comprobación del funcionamiento, incidiendo en la autonomía que proporciona este vehículo eléctrico según las condiciones de circulación y los índices de descarga que tiene la batería. Se analizará la transmisión eléctrica de manera detallada, desmontando todos los elementos que la forman (batería, motor, inversor,

convertor y cargador) y explicando la manera en que funcionan. Con los datos obtenidos, y tras su análisis, se obtendrán las conclusiones que servirán como objeto de este proyecto.

7.4. PRESENTACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO: Nissan e-NV200

El vehículo objeto de este capítulo, se trata de un derivado de turismo con transmisión eléctrica, cuya marca y modelo son **Nissan e-NV200**, con fecha de primera matriculación en el año 2016. Este vehículo tiene integrado los mismos elementos que el otro eléctrico de la marca versión turismo, el Nissan LEAF, con la única diferencia en chasis y carrocería para conseguir la amplitud de una furgoneta.



Figura 7.3: Nissan e-NV200.
Fuente: Nissan.

La Nissan e-NV200 es posible adquirirla en dos versiones:

- Furgón: Destinada al transporte de mercancías y que no cuenta con una segunda fila de asientos, obteniendo un espacio disponible de carga de 4,2 m³ o 760 kg.
- Combi: Se añaden los asientos traseros y ventanas con cristal en las puertas y costados laterales.

En CESVIMAP se estudiará el primer modelo de los anteriores, dedicado plenamente a la actividad industrial. Las principales características técnicas y tecnológicas que equipa este modelo se describen a continuación:

- **Motor y transmisión:** La tracción de este vehículo eléctrico es delantera. El código de identificación del motor corresponde a EM57 por el fabricante Nissan.

Motor eléctrico ubicado delantero transversal, sincrónico de corriente alterna (AC) y una tensión nominal de 360V. Posee 80 KW (109 CV) de potencia máxima de acuerdo con el Reglamento CEPE/ONU nº 85 y par máximo de 254 Nm con una aceleración de 0 a 100 en 14 s.

Instala una **batería** de Iones de Litio de 24 kWh formada con 48 celdas (192 células) montada en los bajos del vehículo y protegida con una coraza de acero, lo que no resta espacio de carga. Posee un consumo eléctrico de 165 Wh/km. Además tiene la velocidad limitada a 120 km/h para declarar una autonomía de 170 kilómetros según el ciclo NEDC. Al ser totalmente eléctrico tiene un nivel de emisiones de CO₂ de 0 g/Km.

En el centro del frontal, bajo el logotipo de la marca, se encuentra, los conectores eléctricos para la recarga, con un dispositivo de seguridad que bloquea el cable para evitar desconexiones indeseadas o posibles robos. La carga normal dura unas 6 horas mediante una toma de 16 amperios, y 8 horas con la toma de 10 amperios con enchufes convencionales de 220 voltios. Cuenta con un cargador trifásico de 6,6 kW, con toma de hasta 32 amperios que recargar por completo la batería en apenas 4 horas. También dispone de una toma de 50 kW para recarga rápida (cargador ChadeMO) que en apenas 30 minutos alcanza el 80 % de carga. Para el control de la carga, posee un monitor de pantalla táctil, que muestra información como la distancia que es posible recorrer hasta la descarga, el nivel de carga de la batería y el uso de energía, la energía consumida y la recuperada en el proceso de frenada regenerativa.

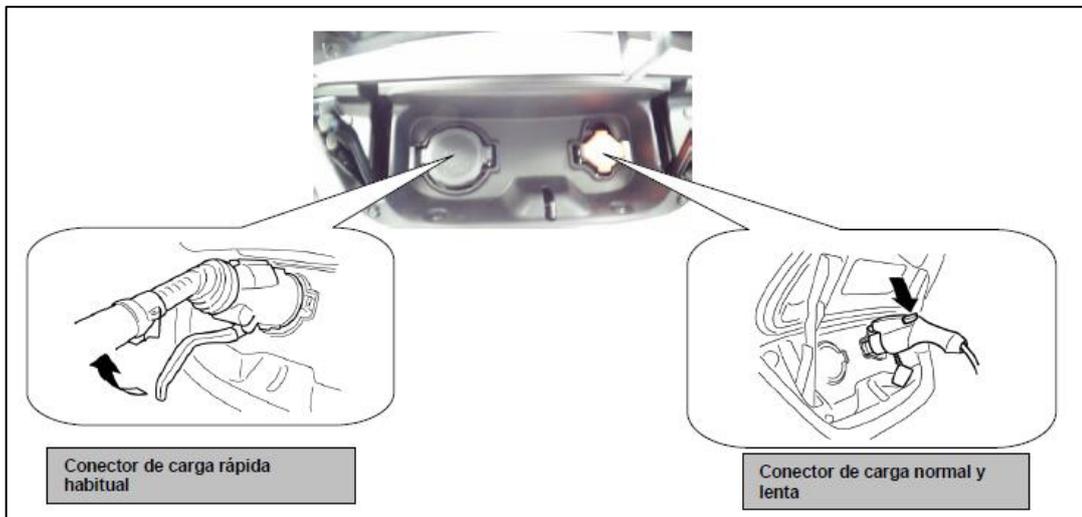


Figura 7.4: Puertos de carga de Alto Voltaje.
Fuente: Manual vehículo Nissan e-NV200.

Voltaje de la batería Ion-Litio	360 V nominal (margen permisible de 240 V- 398,4 V)
Numero de módulos de la batería	48
Capacidad de la batería	24 kWh
Dimensiones de la batería	1580 x 1102 x 292 mm
Peso de la batería	267 kg

Tabla 7.1: Resumen de características de la batería de alto voltaje.
Fuente: [41]

La transmisión es delantera con embrague automático y reductora de 1 velocidad (4 modos de conducción). En la posición “B” permite una mayor capacidad de recuperación de energía al levantar el pie del acelerador.

- **Suspensión:** Delantera tipo McPherson con barra estabilizadora. La trasera con ballestas de torsión.
- **Dirección:** Cremallera con asistencia eléctrica.
- **Frenos:** Frenos delanteros y traseros son de disco, servo-asistidos con sistema regenerativo de absorción de energía en el frenado.
- **Neumáticos:** Neumáticos: 185/65 R15 90M con llantas de 15 pulgadas (15 x 6.0J).
- **Carrocería:** Furgón con 4 o 5 puertas. Con un ancho de vía delantera de 1.530 mm y trasera de 1.530 mm. Con un ancho de ejes de 2.725 mm. Longitud de 4.560 mm, anchura total sin retrovisores de 1.755 mm y altura de 1.858 mm. Con un Voladizo posterior de 850 mm.

Dimensiones interiores de la zona de carga: Habitáculo de 1,5 m de ancho, entre pasos de rueda 1,22 m, 1,36 m de alto y 2 m de largo. Altura plataforma de carga en vacío 52,4 cm y distancia al suelo (en vacío) 15,34 cm. El volumen de carga de la versión furgón es de 4,2 m³.

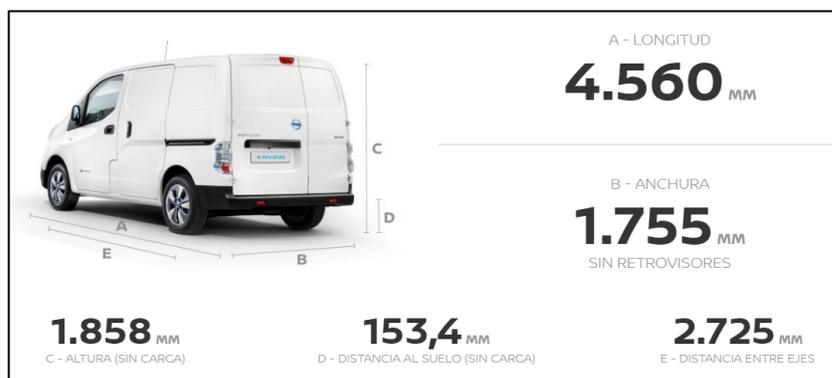


Figura 7.5: Dimensiones del vehículo.
Fuente: Web Nissan.

- **Espesores de la chapa:** Se muestran las piezas que son susceptibles de sufrir daño en el ensayo de impacto. Todas las piezas han sido desmontadas por operarios del taller y se han tomado los correspondientes tiempos de montaje y desmontaje.

- Capó delantero	0,70 mm
- Aleta delantera	0,70 mm
- Alma del paragolpes delantero	0,65 mm
- Conjunto frente delantero	1,00 mm
- Sección anterior larguero delantero	1,60 mm
- Puerta delantera	0,80 mm
- Puerta trasera	0,80 mm
- Estribo bajo puertas	0,70 mm
- Chapa portapiloto trasero	0,80 mm
- Faldón trasero	0,70 mm
- Sección anterior larguero trasero	1,20 mm

- **Materiales plásticos:** Se muestran las piezas que son susceptibles de sufrir daño en el ensayo de impacto. Todas las piezas han sido desmontadas por operarios del taller y se han tomado los correspondientes tiempos de montaje y desmontaje.

Parte delantera:

- Paragolpes delantero	>PP+EPDM-T15<
- Paragolpes delantero inferior	>PP+EPDM-T15<
- Piloto de niebla	>PET< / >PES<
- Escudo de toma de corriente	>PP-TD15<
- Anagrama de la marca	>ABS<
- Tapa conexión carga	>PC+PET<
- Guardabarros delantero	>PP<
- Cristal faro delantero	>PC<
- Parte trasero faro delantero	>PP-TD40<
- Protección inferior del motor	>P/E<

Parte central:

- Escudo interior del espejo	>ABS<
- Escudo bajo luna triangular	>ASA<
- Guarnecido inferior de pilar central	>P/E-MD10<
- Guarnecido de puerta	>PP-T25<
- Moldura protección de paño	>PP+EPDM-T23<
- Moldura protección aleta de custodia	>PP+E/P-TD20<
- Moldura entrada puerta delantera	>PP/EP<
- Moldura entrada puerta delantera	>P/E-MD10<

Parte trasera:

- Paragolpes trasero >PP+EPDM-T15<
- Piloto trasero (cristal) >PC<
- Piloto trasero (parte trasera) >PC-ABS< / >PMMA<
- Moldura entrada al maletero >PP-T10<

- **Masas:** La masa en Orden de marcha (MOM) corresponde a 1.667 kg. Siendo la masa máxima en carga admisible del vehículo en circulación (MMA) 2.220 kg, y la Masa Máxima en carga Técnicamente Admisible (MMTA) de 2.395 kg con una masa máxima autorizada en cada eje es de 1.180 / 1.200 kg. La masa máxima técnicamente admisible del conjunto (MMTAC) de 2.220 kg con una masa máxima autorizada del conjunto (MMC) de 2.220 kg.

- **Equipamientos: Furgón Basic:**

Seguridad: Airbag conductor; frenos ABS; Control Dinámico del Vehículo (VDC); Reposacabezas activos delanteros ajustables en altura; Rueda de repuesto.

Tecnología: Modo de conducción ECO y B de conducción; Frenos regenerativos; Llave inteligente; Preinstalación de radio; 2 altavoces.

Exterior: Llantas de acero 15 pulgadas; Retrovisores exteriores regulables eléctricamente; Puerta lateral izquierda deslizante panelada (versión 4 puertas); 2 puertas laterales (izquierda y derecha) deslizantes paneladas (versión 5 puertas); Laterales panelados; 2 puertas traseras paneladas.

Interior: Elevalunas eléctricos delanteros; Volante ajustable en altura; Asiento del conductor ajustable y reclinable; Bolsillo en puertas delanteras; Consola central; Guantero; Toma de corriente 12 V (bajo salpicadero); Mampara completa con ventana; Guía con anclajes deslizantes en zona de carga.

Cables: Cable de carga de 2,3 KW-10A (enchufe Schuko); Sistema bloqueador del cable de carga.

Carga: Carga Normal (2,3 kW-10A y 3,6 kW-16A).

En opción: Cargador de 6,6 kW-32A; Pack PLUS: Aire acondicionado + Radio CD con Reproductor MP3, Bluetooth®, Conector USB y iPod® + Refrigerador de batería + Carga Rápida (Toma de carga rápida de 50 kW-125A); Mampara de rejilla.

En opción: Cargador de 6,6 kW-32A; Pack PLUS: Aire acondicionado + Radio CD con Reproductor MP3, Bluetooth®, Conector USB y iPod® + Refrigerador de batería + Carga Rápida (Toma de carga rápida de 50 kW-125A); Mampara de rejilla.

Si en la Web de Nissan introducimos la configuración que equipa este modelo obtenemos que el precio de venta de este vehículo son 31.500 €, tal y como se aprecia en la imagen siguiente:

SEGURIDAD	INTERIOR	EXTERIOR	TECNOLOGÍA
<ul style="list-style-type: none">• Airbag conductor• ABS (Antibloqueo de frenos)• ESP (Sistema de control de estabilidad)• Asistencia de arranque en pendiente			<ul style="list-style-type: none">• Reposacabezas activos delanteros ajustables en altura• Rueda de repuesto• Faros con función de luz de día• Indicador de presión de neumáticos

SEGURIDAD	INTERIOR	EXTERIOR	TECNOLOGÍA
	<ul style="list-style-type: none">• Climatizador• Elevalunas eléctricos delanteros• Volante ajustable en altura• Asiento del conductor ajustable y reclinable• Asiento del acompañante abatible y reclinable• Bolsillo en puertas delanteras• Consola central		<ul style="list-style-type: none">• Guantero• Toma de corriente 12v: 1 (bajo salpicadero)• Mampara completa• Guía con anclajes deslizantes en zona de carga• Cable de carga de 2,3kW-10A (enchufe Schuko)• Cable de carga modo 3

SEGURIDAD	INTERIOR	EXTERIOR	TECNOLOGÍA
		<ul style="list-style-type: none">• Llantas acero 38 cm (15")• 2 Puertas laterales (izquierda y derecha) deslizantes paneladas• Laterales panelados	<ul style="list-style-type: none">• 2 Puertas traseras paneladas• Carga Normal: 2,3kW-10A, 3,6kW-16A y 6,6kW -32A• Carga Rápida (Toma de carga rápida de 50kW-125A)

SEGURIDAD	INTERIOR	EXTERIOR	TECNOLOGÍA
			<ul style="list-style-type: none">• Exclusivo sistema telemático NissanConnect EV permite conexión remota con el vehículo a través del móvil o PC (algunos modelos de smartphone): Control temp. interior, Arranque y monitorización de recarga, Buscador de mi coche y Análisis de conducción• Modo de conducción ECO y B• Frenos regenerativos• Refrigerador de batería

ESTE ES TU NUEVA e-NV200	
NUEVA200 NISSAN E-NV200 FURGÓN 5 puertas Profesional Autom.	31.500€ <small>PRECIO BASE</small>
COLOR Blanco Iceberg	0€
INTERIOR Textil Gris/Negro	0€
OPCIONES EQUIPAMIENTO	0€
NISSAN 5ª EXTENSIÓN DE GARANTÍA Añadir +	
NISSAN MANTENIMIENTO+ Añadir +	
PFF RECOMENDADO:	31.500€
PRECIO CON OFERTA: Con oferta para empresas	30.240€
<input type="radio"/> Con Financiación Clásica por solo...	546,4€ / MES

Figura 7.6: Precio Nissan e-NV200.
Fuente: Índice de figuras.

Este dato del precio es importante ya que a la hora de asegurar un vehículo es fundamental conocer el precio de venta de ese modelo junto con todo su equipamiento. En cuanto a su valoración tras sufrir un siniestro, es necesario conocer el valor venal del vehículo en el momento de producirse. De esta forma, es posible estimar las primas de seguro por riesgo que hay que establecer en el contrato, y si una vez ocurrido el accidente se declara al vehículo siniestro total al sobrepasar el coste de reparación el 75% del valor venal en el momento del accidente. Estos conceptos del ámbito de las aseguradoras son de interés en CESVIMAP cuando se realizan este tipo de ensayos, ya que los resultados obtenidos servirán a MAPFRE para la elaboración de determinados seguros de automóviles.

Cabe destacar que Nissan en las generaciones más modernas de este vehículo eléctrico, ha introducido baterías con mayor capacidad, las cuales llegan a los 40 kWh y por tanto la autonomía también aumenta hasta los 300 km.

7.4.1. Elementos del sistema eléctrico:

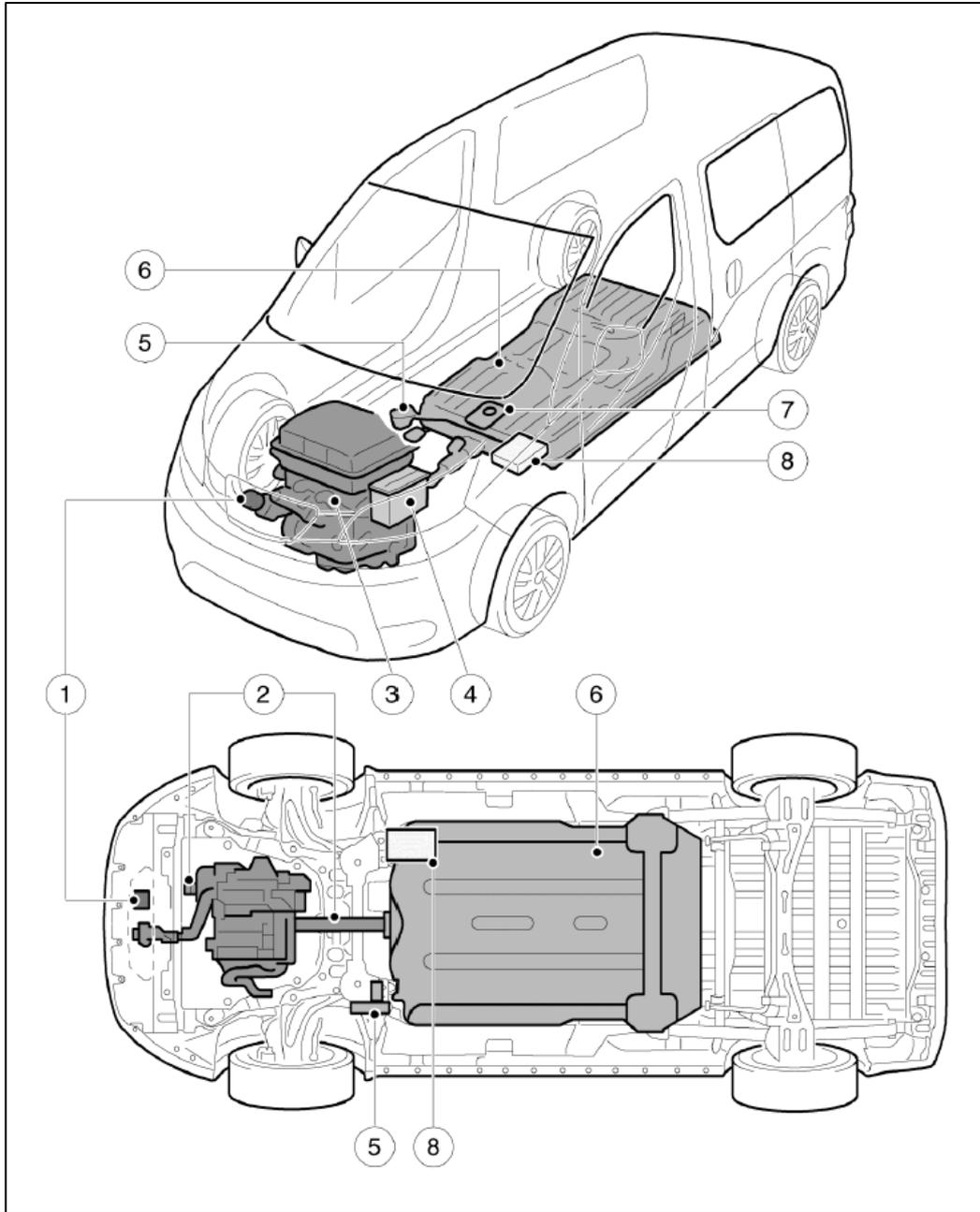


Figura 7.7: Componentes de la transmisión eléctrica de Nissan e-NV200.
Fuente: [41]

Nº	Componente	Descripción
1	Puerto de carga	Puerto de conexión del EVSE (equipo de suministro del vehículo eléctrico). Hay dos puertos disponibles: Carga normal y carga rápida.
2	Cables de alto voltaje	Cables eléctricos de color naranja que conducen corriente de alto voltaje entre cada uno de los componentes de alto voltaje.
3	Motor de tracción	Convierte la energía eléctrica CA trifásica en potencia motriz (par) para la propulsión del vehículo.
	Inversor del motor de tracción	Convierte la energía eléctrica CC almacenada en la batería de Ion-Litio en energía eléctrica CA trifásica y controla el par motor (revoluciones) regulando la corriente del motor de tracción. También convierte la energía eléctrica CA trifásica en energía eléctrica CC durante el frenado regenerativo.
	Compresor eléctrico del acondicionador de aire	Compresor del acondicionador de aire
	Módulo de distribución del suministro eléctrico (PDM). Caja de conexiones de alto voltaje (JB). -Cargador a bordo -Convertidor DC/DC	El PDM incluye un cargador a bordo, un convertidor DC/DC y una caja de conexiones de alto voltaje (J/B). El cargador a bordo convierte el suministro de CA monofásica de una toma de corriente doméstica en suministro de CC y aumenta el voltaje para cargar la batería de Ion-Litio. El convertidor DC/DC reduce el voltaje de la batería de Ion-Litio para proporcionar suministro eléctrico a la batería de 12V, con el fin de accionar los componentes eléctricos del vehículo (faros, sistema de audio, etc.). La caja de conexiones envía el suministro eléctrico de la batería de Ion-Litio a todos los componentes de alto voltaje del vehículo.
4	Batería de 12 V	Batería de plomo-ácido que proporciona suministro eléctrico a los dispositivos de bajo voltaje.
5	Calefacción para el compartimento de pasajeros	Fuente de calor eléctrica para el calentamiento del compartimento de pasajeros. Calienta el interior del vehículo.
6	Batería de Ion-Litio	Almacena y transmite el suministro eléctrico de CC (voltaje máximo de 398,4V) necesario para la propulsión del vehículo.
7	Desconexión para el mantenimiento de la batería de alto voltaje	Aísla la batería del resto del sistema eléctrico de alto voltaje.
8	Unidad de reserva de suministro eléctrico para los frenos	Unidad de reserva de suministro eléctrico para el sistema de frenos. Proporciona suministro eléctrico al sistema de frenos si se produce una avería en la batería de 12V.

Tabla 7.2: Componentes de la transmisión eléctrica de Nissan e-NV200.

Fuente: [41]

7.5. DESARROLLO DEL ENSAYO CRASH TEST

En este apartado se va a desarrollar todo el proceso seguido desde que el vehículo llega a las instalaciones de CESVIMAP y se inicia la medición del mismo para la toma de datos previos, hasta la reparación final una vez causados los daños en la prueba de impacto y la evaluación de los costes.

En todo vehículo es necesario que determinadas cotas sean mantenidas durante toda la vida útil que tenga, ya que son establecidas por el fabricante. Las más importantes son las relativas a la estructura resistente interna, compuesta por el bastidor o chasis, ya que una variación fuera de los límites fijados podría suponer un riesgo importante para el correcto comportamiento del vehículo durante su uso, así como para los usuarios que se encuentren en su interior. También son necesarias las mediciones de los huecos de las puertas y portones, y el hueco del motor, que garantizara un correcto ensamblado de todas las piezas.



Figura 7.8: Izq: medición hueco del motor con compas de varas. Der: medición hueco portón trasero. Fuente: Elaboración propia.



Figura 7.9: Izq: medición hueco puerta conductor. Der: medición hueco portón lateral de carga. Fuente: Elaboración propia.

Todas estas mediciones externas se pueden realizar de manera manual con útiles simples como pueden ser un metro, compás de varas o calibre. Sin embargo la estructura interna debe medirse con aparatos de elevada precisión, y cuya información nos facilitará averiguar si una vez realizado el golpe se ha producido algún daño interno que requiera ser reparado. Este aparato consta de una barra captadora de ultrasonidos y una serie de sensores y adaptadores, que funcionarán con el programa informático *Shark*. El proceso de medición del chasis es el siguiente: se coloca la barra captadora de ultrasonidos en el eje longitudinal del vehículo, de tal forma que quede centrada en el medio y a ella puedan llegar las señales de los sensores. Los sensores serán colocados en puntos del chasis que sean indicados por el fabricante según el esquema técnico que se muestra en la Figura 7.11, teniendo en cuenta la accesibilidad que puedan tener para el operario, pudiendo elegir entre un número adecuado de puntos. Otro aspectos a tener en cuenta para colocar los sensores es que deben estar situados en puntos donde es posible que pueda llegar a haber una modificación o alteración de los valores como causa del impacto.

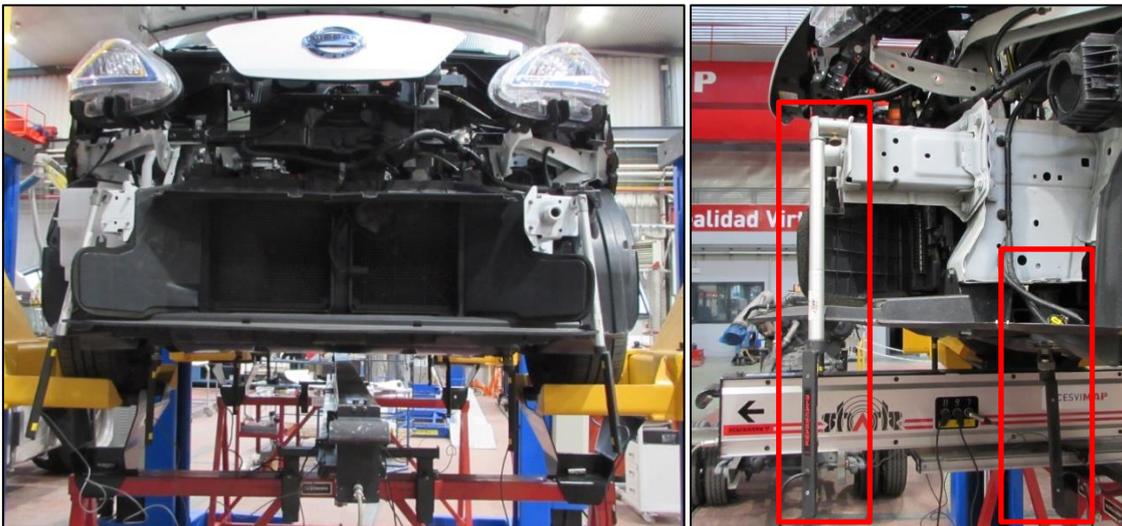


Figura 7.10: Izq: Medición estructura interna. Der: Sensor en soporte de traviesa delantera. Fuente: Elaboración propia.

El fabricante proveerá de la ficha técnica de la versión exacta de furgón, con las medidas de diseño del vehículo, dándonos un esquema del chasis con los puntos que pueden ser empleados para realizar la medición. De esta forma, mediante el programa informático *Shark*, al realizar la medición obtenemos una comparación entre las medidas de diseño del fabricante y las que tiene realmente el vehículo. Siempre que haya una tolerancia admisible no requerirá de reparación o corrección de cotas.

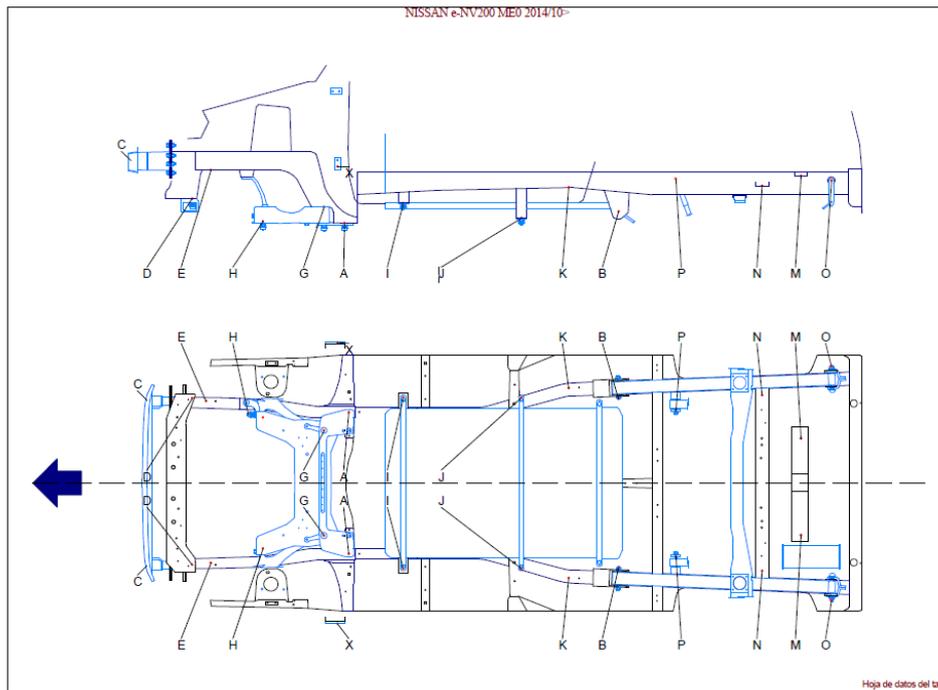


Figura 7.11: Esquema del chasis y puntos de medición.

Fuente: Nissan.

Es importante tener en cuenta que los puntos elegidos para realizar la medición después del impacto deben de ser los mismos que se han escogido antes del impacto, para así tener una comparación clara entre el estado inicial y el final. El resultado de la **medición antes del impacto** es el mostrado en la tabla siguiente:

Vehículo: [NISSAN e-NV200 ME0 2014/10](#) Día de impresión: 29 En 2019

Resultados de medida

Punto	Cara	Coordenadas de datos			Coordenadas medidas			Diferencia (D-M)		
		Longitud	Anchura	Altura	Longitud	Anchura	Altura	Longitud	Anchura	Altura
B	I	0	488	254	0	486	254	0	-2	0
B	D	0	488	254	0	486	254	0	-2	0
A	I	1567	410	187	1566	410	187	→ 1	0	0
A	D	1567	410	187	1567	410	187	0	0	0
C	I	2832	557	571	2832	557	571	0	0	0
C	D	2837	531	571	2837	531	571	0	0	0
D	I	2438	473	327	2441	474	327	← 3	1	0
D	D	2438	491	327	2437	491	327	→ 1	0	0
O	I	-1216	678	433	-1218	674	433	→ 2	-4	0
O	D	-1216	678	433	-1220	672	429	→ 4	-6	↓ 4

Tabla 7.3: Medidas antes de impacto. Puntos delanteros: C y D. Punto trasero: O.

Fuente: Programa informático Shark.

Como se ve en la tabla anterior, la variación del resultado con respecto a los datos de fábrica es muy pequeña, por lo que se da el resultado por bueno.

Una vez se ha medido el chasis, se analizan los elementos de protección que equipa el furgón, para hacer una primera estimación de los posibles daños que va a sufrir. Estas protecciones son fundamentalmente las traviesas de impacto y los absorbedores, que actúan directamente ante una colisión, y sirven para proteger elementos internos (radiador y motor) y el bastidor interno. En este caso, se observa que la parte trasera carecía de estos elementos, por lo que previsiblemente los daños que se pueden llegar a producir podrían tener una elevada dimensión.

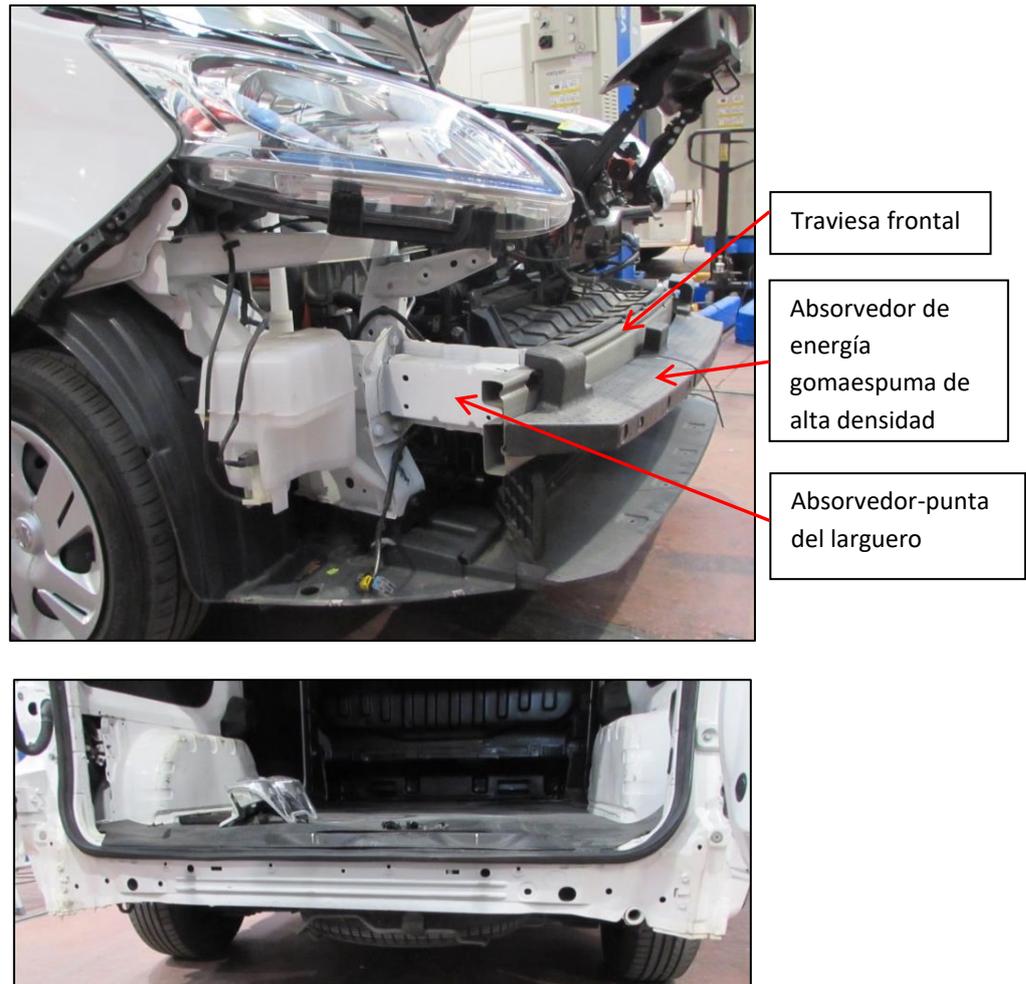


Figura 7.12: Protecciones frente a impacto delantero y trasero.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, para poder continuar con el análisis del vehículo es necesario cumplir con todas las medidas de seguridad correspondientes al riesgo eléctrico. Para ello es necesario desconectar el sistema de alto voltaje del vehículo. Este paso es de vital importancia, ya que las tensiones de funcionamiento se sitúan alrededor de los 400 V, valor que supone un grave peligro para el operario si no se siguen las medidas de seguridad exigidas. Por eso, mientras se trabaje con este tipo vehículos debe de estar indicado que existe peligro por alta tensión, por lo que tendrá que colocarse un cartel indicativo del riesgo que supone

(Figura 7.16). Para **desconectar el circuito de alto voltaje** se ha seguido el protocolo de seguridad indicado por el fabricante: [41]

- Abrir la caja de fusibles y extraer los indicados en la siguiente imagen.

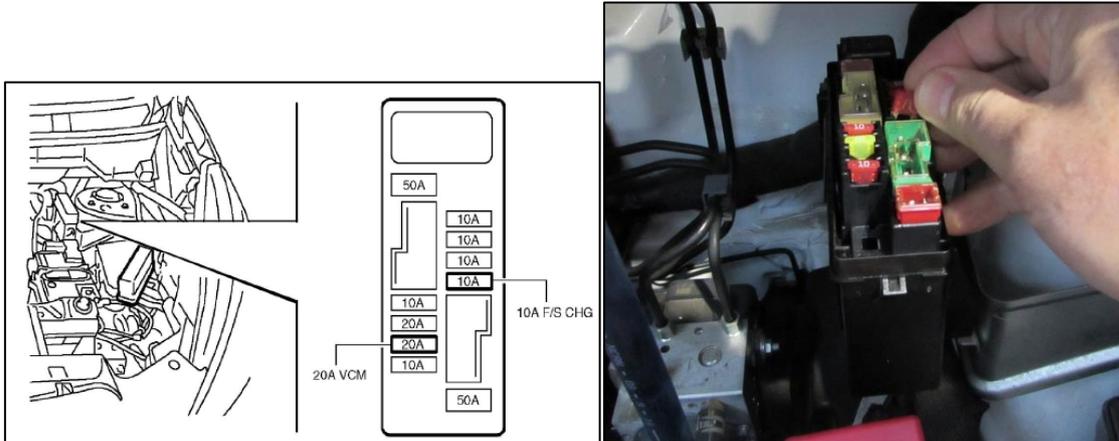


Figura 7.13: Desconexión de los fusibles del sistema de alta tensión.

Fuente: [41] y elaboración propia.

- Desconectar el cable negativo de la batería de 12V. Recubra el borne de la batería con cinta aislante.
- Localizar el punto de desconexión del conector de servicio. Este está situado en la parte delantera de la batería de alto voltaje, debe de ser extraído manualmente para interrumpir la circulación de corriente. Se accede a él retirando un guarnecido y una tapa de seguridad situada en la parte central delantera, entre los dos asientos.

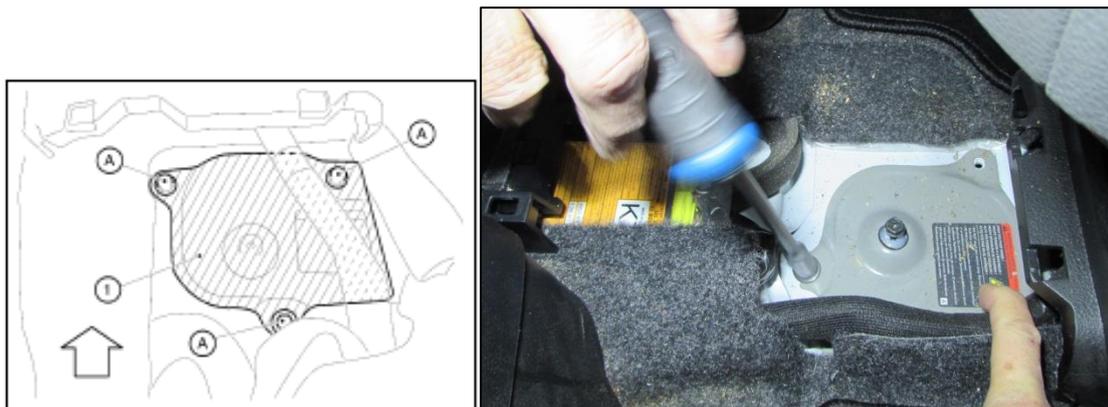


Figura 7.14: Retirada de la tapa de seguridad del conector de servicio.

Fuente: [41] y elaboración propia.

- Extraiga el conector de servicio.

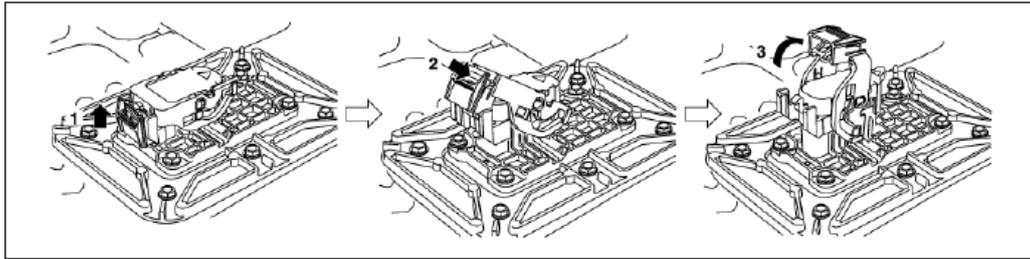


Figura 7.15: Retirada del conector de servicio.
Fuente: [41] y elaboración propia.

- Por último, esperar al menos diez minutos hasta que se descargue completamente el condensador de alto voltaje.

Una vez se ha desconectado el sistema correctamente y se ha esperado el tiempo necesario, se indicará mediante una señal que no hay riesgo o peligro por alta tensión. Por tanto, en todo espacio en el que se trabaje con riesgo eléctrico tienen que estar presentes estas dos indicaciones:

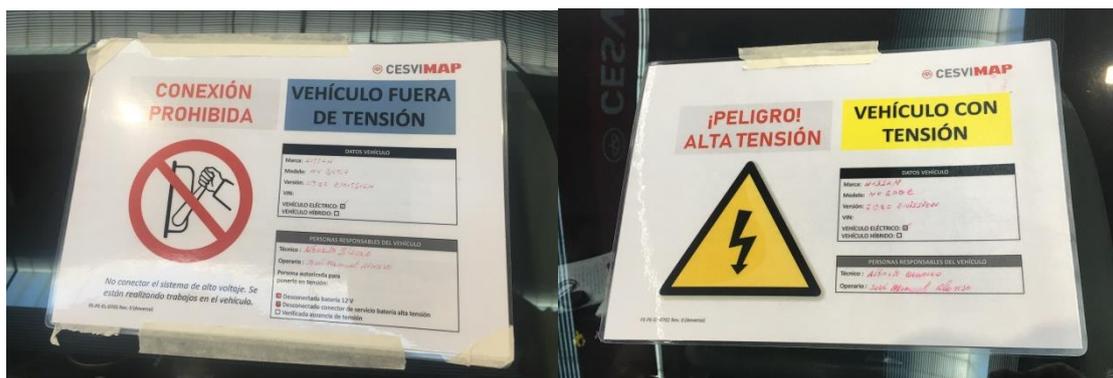


Figura 7.16: Carteles indicativos del riesgo eléctrico en el espacio de trabajo.
Fuente: Elaboración propia.

El último control que hay que hacer sobre el vehículo antes de la prueba es realizar la alineación de las ruedas, ya que en el impacto delantero el vehículo se desplazará sobre un carril, y en caso de no tener una correcta alineación podría suponer una desviación del

vehículo. Además, es frecuente que cuando un vehículo sufre un impacto fuerte puede perder la alineación lo que supondría una alteración que hay que corregir y tener en cuenta a la hora de valorar los daños.



Figura 7.17: Alineación de las ruedas en bancada.

Fuente: Elaboración propia.

7.5.1. Preparación de la zona de impactos y de los elementos que intervienen:

Como se ha indicado anteriormente, en el ensayo de Crash Test se realizarán dos impactos a una velocidad de 15 km/h, primero en la parte trasera derecha del vehículo y el segundo en la parte delantera izquierda. Al golpear el vehículo contra elementos rígidos e indeformables, se calcula que la velocidad equivalente del siniestro es aproximadamente de 30 km/h. El motivo de que se realice en estos dos lados concretamente es porque estadísticamente son los que más daños sufren durante un siniestro a esa velocidad en vías urbanas. Por tanto con estos golpes controlados a baja velocidad, se pretende simular un accidente en una zona urbana, donde los vehículos no circulan a velocidades elevadas. Además, recordar que el fin del ensayo es estudiar el coste de reparación del vehículo y no los daños sobre los pasajeros, por lo que en teoría en accidentes de esta magnitud no debería de haber un elevado riesgo para los ocupantes.

Debido a que en el golpe delantero el vehículo se desplaza arrastrado por un carro sobre un rail, se deberán fijar unas cadenas al furgón que sirvan de conexión con el carro. Es fundamental que las cadenas estén fijadas en una posición correcta para que no supongan un daño a algún elemento y tiren de manera equidistante para evitar cualquier efecto indeseado sobre la marcha. Por lo general un buen lugar para colocarlas son en las palas del eje delantero.

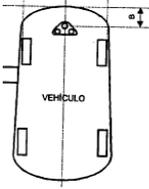
5.- Colocar las cadenas tensas y medir la distancia B ¹ .	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
La cota B = <input type="text" value="320"/> < 1100 mm		
		
6.- Desmontar los guarnecidos necesarios para la instalación de los acelerómetros, previa comunicación por parte del departamento de electromecánica ² .	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
7.- Medir las holguras entre paneles y colocar las pegatinas en las juntas entre piezas según el Anexo 11.	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
8.- Colocar las placas identificativas CESVIMAP ³ .	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
9.- Recoger el segundo juego de llaves del vehículo ⁴ .	SI	<input checked="" type="checkbox"/>



Figura 7.18: Colocación de las cadenas al eje delantero.
Fuente: Protocolo de calidad CESVIMAP y Elaboración propia.

Una vez colocadas correctamente las cadenas de tiro, se llevará el vehículo a la zona de impacto. La preparación de la zona es de vital importancia, tanto para la seguridad del equipo de trabajo como de las personas que intervienen en el proceso y la obtención de unos buenos resultados del ensayo. Para ello se debe cumplimentar un protocolo a medida que se realiza cada paso, recogiendo todas las mediciones necesarias para asegurarse que se cumplan todas las condiciones exigidas.

CESVIMAP **EN EL RECINTO DE ENSAYO:
PRUEBA DE VELOCIDAD**

FC-PE-GT-0105. Rev.0

Vehículo: NISSAN e-NV200 N° De expediente¹

<p>1. Colocar la estación de desenganche y el tope de la estación de desenganche nº 2 teniendo en cuenta que el tope debe situarse a una distancia de 500 mm desde la estación nº2 (Ver Anexo 10).</p>	Sí	<input checked="" type="checkbox"/>
<p>2. La batería del freno de la barrera móvil está cargada y correctamente conectada</p>	Sí	<input checked="" type="checkbox"/>
<p>3. El depósito de aire comprimido del freno de la barrera móvil está cargado y se ha comprobado su funcionamiento.</p>	Sí	<input checked="" type="checkbox"/>
<p>4. Medir la altura "D" del interferómetro y cumple: D = 690. mm</p>	Sí	<input checked="" type="checkbox"/>
<p>5. Colocar el medidor láser conforme a las cotas de los valores "F", "G" y "d" siguiendo las indicaciones del dibujo del Anexo 10¹. d = ...580..... mm F = ...500..... mm G = 1420.....mm</p>	Sí	<input checked="" type="checkbox"/>
<p>6. Conectar el medidor láser y comprobar su funcionamiento.</p>	Sí	<input checked="" type="checkbox"/>
<p>7. Andar la barrera móvil al carro de arrastre²</p>	Sí	<input checked="" type="checkbox"/>
<p>8. Colocar las cuñas de frenado a 3.500 mm de distancia de la estación de desenganche nº 2.</p>	Sí	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 7.19: Medidas de seguridad y mediciones. Crash test trasero.
Fuente: Protocolo de calidad CESVIMAP.

CESVIMAP **EN EL RECINTO DE ENSAYO:
PRUEBA DE VELOCIDAD**

FC-PE-GD-0105. Rev.0

Vehículo:.....NISSAN e-NV200..... Nº De expediente¹

1. Retirar, o comprobar que están retirados la estación de desenganche y el tope de la estación de desenganche nº 2 (Ver Anexo 10). SI

2. Colocar, o comprobar que está colocada, la estación de desenganche y el tope de la estación de desenganche nº 1 (Ver Anexo 10). SI

3. Medir el ancho de la parte delantera del vehículo tomando como referencia el dibujo del Anexo 10 SI

La cota A = mm.

4. Colocar el interferómetro en el vehículo, perpendicular a la trayectoria de éste y a nivel respecto al suelo¹. SI

5. Medir la altura "D" del interferómetro siguiendo las indicaciones del dibujo del Anexo 3 SI

660 mm < < 925 mm

6. Medir la cota "C" relativa a la distancia entre el frente del vehículo y el interferómetro siguiendo las indicaciones del dibujo del anexo 10 SI

C = mm

7. Calcular los valores "F", "G", y d" según las fórmulas y los datos relativos a las cotas "A", "B", "C" y "D". SI

F = C - B - 200 = 1970-320-200=1450 mm
G = (A · 0,5) + 800 mm = (1755*0,5)+800 = 1677,5 mm
d = D -100 = 800-100=700 mm

8. Colocar el medidor láser conforme a las cotas de los valores calculados "F" y "G" siguiendo las indicaciones del dibujo del Anexo 10¹. SI

Figura 7.20: Medidas de seguridad y mediciones. Crash test delantero.
Fuente: Protocolo de calidad CESVIMAP.

Se deben medir con el calibre todas las holguras que tienen las piezas exteriores de la carrocería justo antes de realizar el golpe, para comprobar qué zonas han sufrido alguna variación y posteriormente, en la reparación, corregirlo para dejarlo según las especificaciones dadas por el fabricante. Para comprobar visualmente estos descuadres de

las piezas exteriores se colocan unos adhesivos métricos situados en las juntas. No aportan información numérica pero sí sirven para tener una idea de que partes van a necesitar ser restablecidas.



Figura 7.21: Colocación de adhesivos métricos.
Fuente: Elaboración propia.

Como se ha indicado antes, en estas pruebas intervienen un gran número de técnicos de diferentes departamentos. Un papel importante le adquiere el departamento de *electromecánica* el cual se encarga de colocar una serie de **acelerómetros** por distintas zonas del vehículo y su habitáculo, con el fin de comprobar cuál ha sido su comportamiento ante el impacto y la energía que ha transmitido al habitáculo. Esta energía sería la que

sufrirían los ocupantes en un accidente de tráfico, a pesar de que el estudio que se realiza en CESVIMAP únicamente está enfocado a los daños del vehículo y no de sus pasajeros. Los acelerómetros realizarán una serie de graficas donde se observará la aceleración adquirida como consecuencia del impacto; será explicada más adelante. Pese a esto, estos accidentes controlados están estandarizados, es decir, siempre tienen que cumplir una serie de premisas y una de ellas es que en el asiento del conductor se debe de colocar un *dummy* cuya masa sea de 75 kg. Esto se debe a que actualmente la mayoría de vehículos cuentan con sensores de presencia en los asientos, pudiendo actuar determinados sistemas de seguridad para los ocupantes en caso de impacto, como pueden ser airbags o pretensores del cinturón de seguridad. Debido a esto, este departamento deberá comprobar una serie de exigencias para el correcto desarrollo de la prueba.

EN EL RECINTO DE ENSAYO ANTES DEL IMPACTO			
1.-	Las hojas del procedimiento se han recibido el día	04 / 02 / 2019	
2.-	Comunicar al Departamento de Carrocería los desmontajes a realizar para la colocación de los acelerómetros.	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
3.-	Colocar el acelerómetro en la ECU del airbag y comprobar que funciona correctamente.	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
4.-	Si se ha colocado algún otro acelerómetro, indicar dónde. Situado Situado	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
5.-	Comprobar el correcto funcionamiento de los acelerómetros.	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
6.-	Abrochar el cinturón de seguridad del lado del conductor.		
7.-	Justo antes del golpe, si el vehículo dispone de airbag, comprobar el funcionamiento correcto de su testigo de fallo.	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
8.-	Justo antes del golpe, si el vehículo posee pretensores, comprobar el correcto funcionamiento de su testigo de fallo.	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
9.-	Si el vehículo dispone de un sistema de parada automática AEB se procederá al lanzamiento con el sistema desconectado	SI	<input type="checkbox"/>
10.-	Indicar si se han desconectado los airbags:		
	Conductor	SI <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	
	Acompañante	SI <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	

Figura 7.22: Hojas a cumplimentar por el departamento de Electromecánica antes del impacto. Fuente: Protocolo de calidad CESVIMAP.



Figura 7.23: *Dummy* de 75 kg de peso. Fuente: Elaboración propia.

Los acelerómetros deben ser colocados en zonas rígidas de la carrocería. En este caso han sido colocados cuatro acelerómetros: dos en la consola central sobre la centralita (uno mide la aceleración en el eje longitudinal del vehículo y el otro en el transversal), pilar B del conductor y en el piso próximo al faldón trasero derecho. Se encargan de recoger información sobre la energía transmitida al habitáculo y con ello se puede observar la oscilación energética que ha sufrido el vehículo como consecuencia de la aceleración o deceleración por el impacto. La información que proporcionan será explicada con más detalle más adelante.



Figura 7.24: Fijación de los acelerómetros a estructura rígida del vehículo.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se detallará todo el proceso seguido en cada uno de los impactos, adjuntado muestras del informe realizado y el protocolo a seguir. El objeto de este procedimiento estandarizado es definir el método para asegurar la correcta realización de las pruebas de impacto trasera y delantera de vehículos a velocidad controlada, dentro del *Sistema de Calidad de CESVIMAP* según las directrices especificadas por el *RCAR (Research Council for Automobile Repairs)*. Este procedimiento es de aplicación en la realización de las pruebas de impacto para la elaboración de los estudios de reparabilidad y deformabilidad desarrollados por CESVIMAP.

7.5.2. Impacto trasero:



Figura 7.25: Cartel luminoso informativo.
Fuente: Elaboración propia.

Modo de ejecución: Se hará impactar una barrera móvil rígida de 1.400 kg a una velocidad comprendida entre 15 y 16 km/h contra el vehículo, estando este girado 10° en sentido horario respecto a su eje longitudinal, de tal forma que la barrera impacte en el 40% de la anchura total de su parte trasera. El vehículo se encontrará arrancado y en punto muerto y con la palanca de cambios en la posición N, ya que de esta forma el sistema estará alimentado y pueden notificarse avisos de errores o activación de algunos sistemas de seguridad, como los airbags. Una vez que el carro impacte con la Nissan e-NV200, esta adquirirá una aceleración positiva, la cual quedará reflejada en la gráfica aceleración/tiempo desarrollada por los acelerómetros. Además, la gráfica permite comprobar que tal ha sido la amortiguación del impacto por parte del vehículo, detectar si algún material ha colisionado con una rotura pronunciada o si han intervenido materiales muy rígidos de la estructura interna. Finalmente el vehículo será detenido con unas cuñas de detención situadas a unos 3,5 metros de distancia.

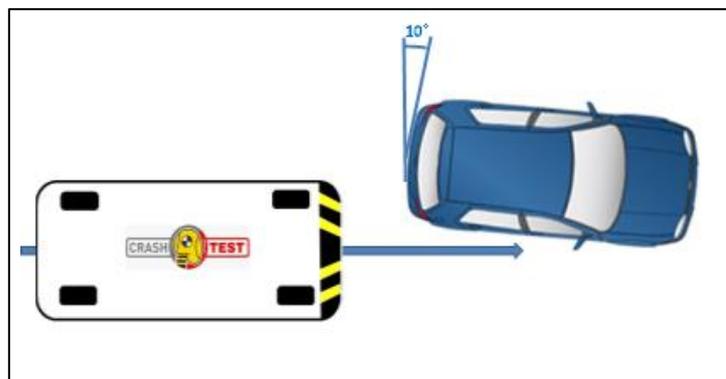


Figura 7.26: Esquema del Crash Test trasero.
Fuente: Elaboración propia.

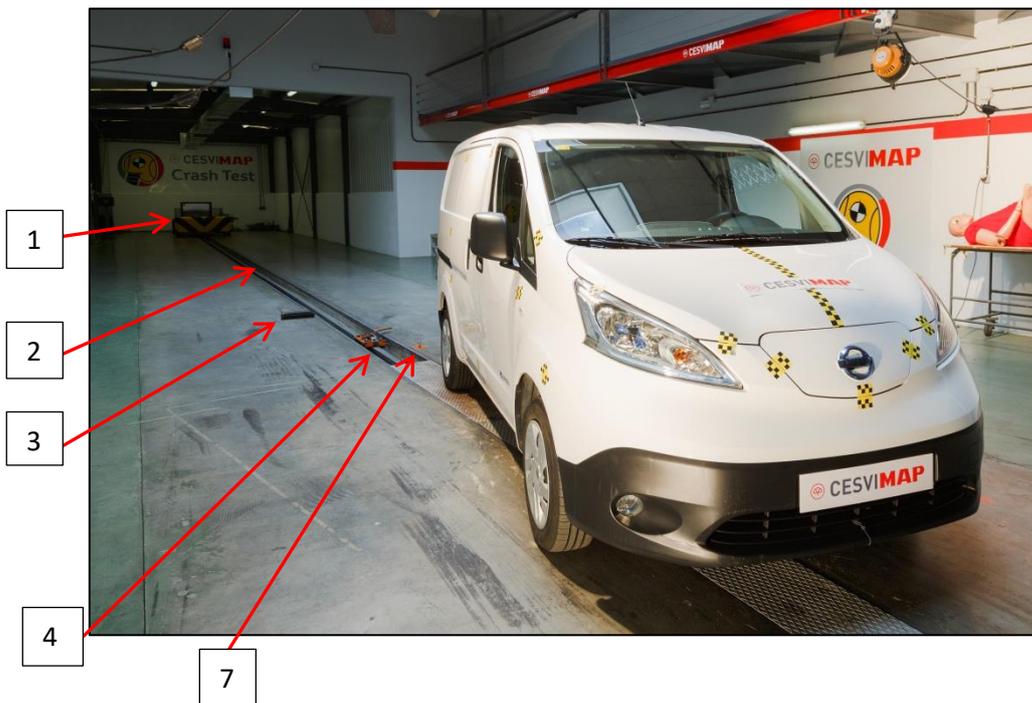


Figura 7.27: Elementos que intervienen: 1-Barrera rígida, 2-Rail, 3- Accionamiento del freno de la barrera móvil, 4-Carro de arrastre, 5-Estacion de desenganche de la cadena. Fuente: Elaboración propia.

Antes de realizar la prueba definitiva, se harán unos ensayos de lanzamiento del carro para comprobar que la velocidad de la prueba es la adecuada. Se ajustará la velocidad del cable de tiro a 15,1 km/h (velocidad teórica del carro) y mediante un interferómetro colocado justo antes del impacto se medirá la velocidad real. El interferómetro se colocará según las cotas indicadas en las Figuras 7.19 y 7.31. Se comprobará que tanto la estación de desenganche de la cadena como el freno de la barrera funcionan correctamente y se encuentran a la distancia adecuada.



Tiempo en msg.	Velocidad ajustada (Km/h)	Velocidad real $V = \frac{349,48}{T}$ (Km/h)
$T_1 = 22,99$	15,1	$349,48/22,99 = 15,20$
$T_2 = 23,05$	15,1	$349,48/23,05 = 15,16$
$T_f =$		

Figura 7.28: Realización de los ensayos de velocidad y frenada de la barrera móvil rígida. Fuente: Elaboración propia y Protocolo de calidad CESVIMAP.

Se procede a colocar el vehículo en la pista de manera exacta, y para ello ya hay una serie de marcas en el pavimento que sirven de referencia para orientarle girado 10°. En la colocación de este, fundamentalmente hay que tener en cuenta el ancho de la parte trasera del vehículo (cota A de la Figura 31) y calcular su 40% para que el impacto sea el adecuado.



Figura 7.29: Situación del vehículo en el impacto trasero.
Fuente: Elaboración propia.

Colocado el vehículo y justo antes del ensayo se realizan las últimas comprobaciones, como por ejemplo la medición de la temperatura ambiente y la temperatura de los elementos exteriores del vehículo, ya que ciertos materiales se comportan de manera diferente a temperaturas bajas y a temperaturas elevadas, como por ejemplo los plásticos. Estos, cuando la temperatura que tienen es baja se comportan de manera mucho más dura y frágil, produciéndose una rotura con múltiples fragmentos. En cambio, si tienen una temperatura más alta, soportan mejor los impactos tendiendo principalmente a deformarse. Esta temperatura puede elevarse debido a los múltiples focos de elevada intensidad que alumbran tanto el escenario donde se produce el golpe, como al propio vehículo.



Figura 7.30: Medición de la temperatura de diferentes elementos de la carrocería exterior. Fuente: Elaboración propia.

Una vez que todo haya sido medido y verificado según el Protocolo de Calidad se procede a realizar el ensayo. En las imágenes siguientes se puede ver como se prepara con elevada meticulosidad la zona de impactos para que se cumplan los procedimientos de calidad.

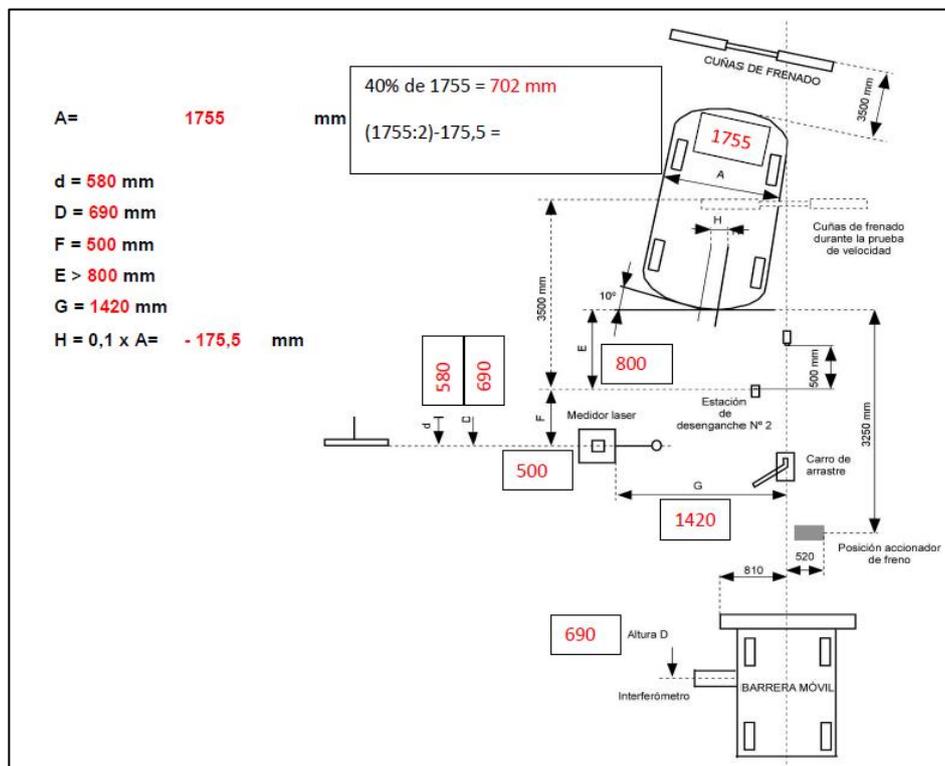
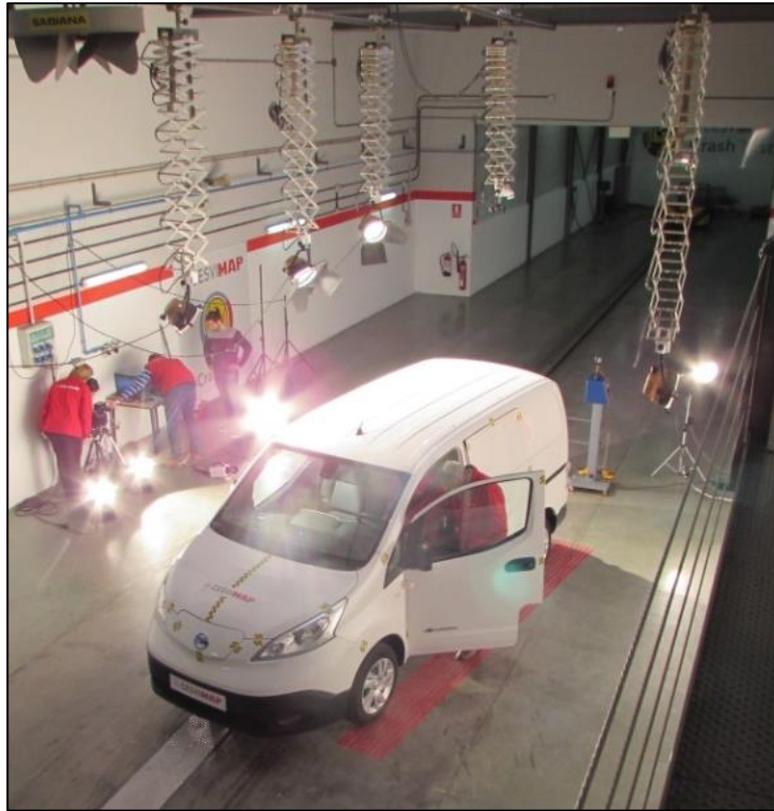


Figura 7.31: Zona de impactos en CESVIMAP.
 Fuente: Elaboración propia y Protocolo de calidad CESVIMAP.

La prueba se realizó el día 6 de febrero de 2019 en la zona de impactos de CESVIMAP.

Resumen de las condiciones del Crash Test trasero
<ul style="list-style-type: none">• Peso de la barrera móvil rígida: 1.400 kg.• Impacto de la barrera móvil sobre la parte trasera derecha del vehículo, encontrándose este girado 10° en sentido horario respecto de su eje longitudinal y afectando al 40% de la superficie trasera.• Velocidad del impacto: 15,17 km/h.

Tabla 7.4: Resumen condiciones de impacto trasero.
Fuente: Elaboración propia.

7.5.2.1. Evaluación y descripción de los daños más importantes:

Finalizado el ensayo del Crash Test trasero se procede a analizar los resultados obtenidos, midiéndose de nuevo las holguras de elementos exteriores y comprobando así los descuadres producidos. Se tomarán las debidas muestras fotográficas que sirvan de prueba para cumplimentar el informe final sobre el proyecto del vehículo. Tras el impacto trasero, en una primera observación se aprecian numerosos daños en su parte trasera derecha, tal y como se puede observar en las siguientes imágenes.





Figura 7.32: Resultado Crash Test trasero y medición de las holguras tras golpe.
Fuente: Elaboración propia.

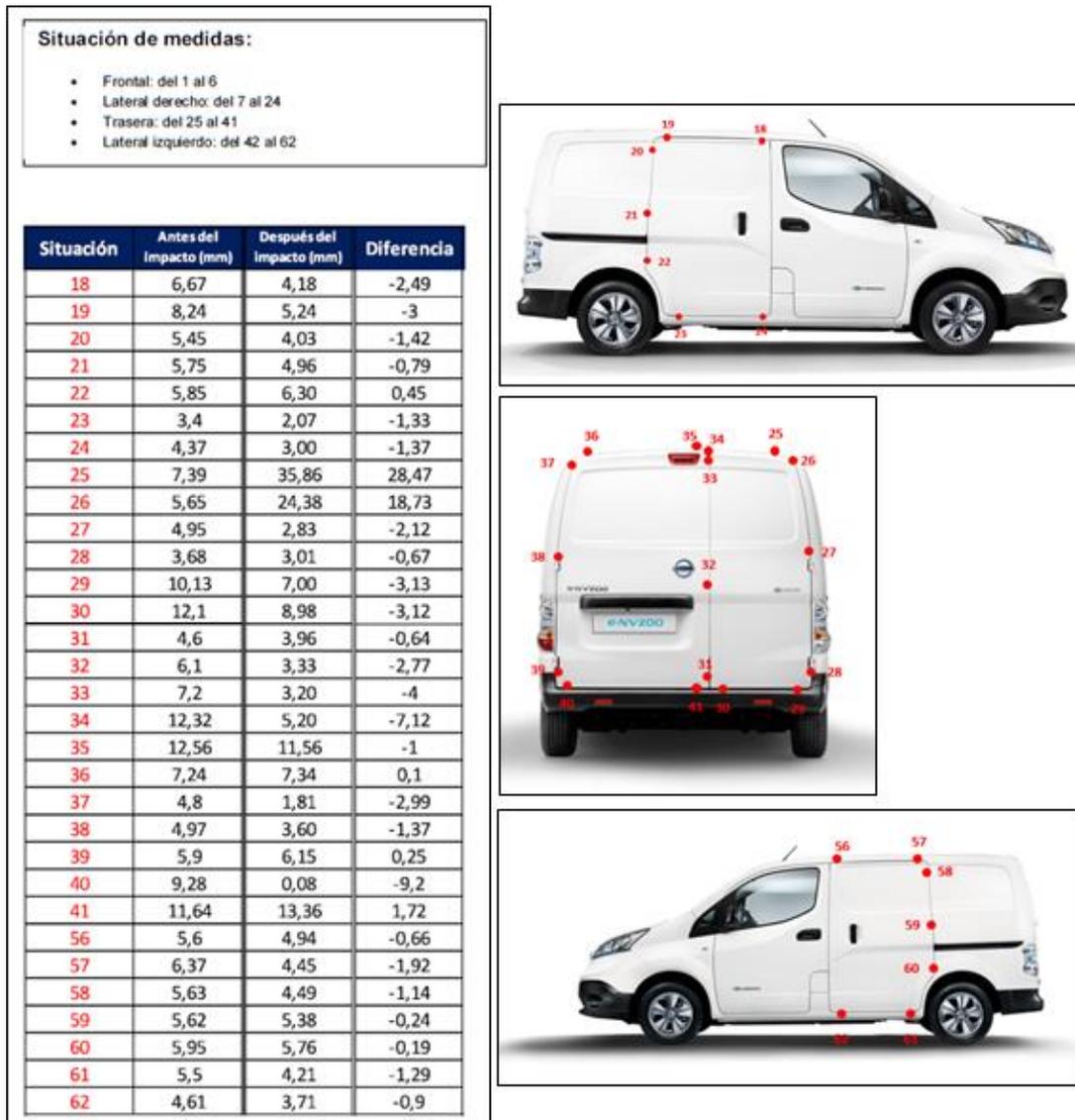


Figura 7.33: Variación de las holguras tras golpe trasero.
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla de resultados anterior, el impacto ocasionó un descuadre prácticamente de todas las piezas que componen la estructura externa del vehículo. Por eso será necesario trabajar de manera muy cuidadosa y meticulosamente para conseguir una tolerancia aceptable de valores, que no influyan en el comportamiento y funcionalidad del vehículo.

Una vez se ha hecho una primera inspección visual de los daños y antes de comenzar la reparación, se comprueba si la alineación del vehículo ha sufrido alguna alteración por el impacto. Como se observa en la siguiente imagen obtenida por el alineador, se encuentra dentro de los valores dados por el fabricante, a pesar de tener una ligera desviación de los valores en la convergencia total.

EJE TRASERO					Dato		Tolerancia - Tolerancia +	
	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.		
Convergencia total		-00°35'		-00°35'	+00°15'		-00°18'	+00°18'
Semiconvergencia	-00°25'	-00°10'	-00°25'	-00°10'	+00°07'	+00°07'	-00°09'	+00°09'
Máx dif.								
Ángulo de caída	-01°24'	-01°26'	-01°24'	-01°26'	-01°30'	-01°30'	-01°00'	+01°00'
Máx dif.		+00°02'		+00°02'	+00°00'		-00°30'	+00°30'
Desviación		-00°07'		-00°07'				
Ángulo de empuje		-00°08'		-00°08'				
Diferencia vía		-00°23'		-00°23'				

Figura 7.34: Resultado de la alineación tras impacto trasero.
Fuente: Elaboración propia.

• Descripción de los daños:

Tras el primer ensaño llevado a cabo sobre la parte trasera, y una vez llevado el vehículo al taller, se comienza a hacer un análisis más detallado de los daños ocasionados.

Se observa que los daños sufridos son importantes, ya que han resultado afectados múltiples elementos de su estructura exterior, y especialmente llamativos por su gravedad son el panel lateral trasero y el piso de la zona de carga, ambos con una arruga muy marcada con descascarillamiento de pintura. Otra de las partes más dañadas en el impacto ha sido el faldón, el cual carecía de refuerzo de protección como son las traviesas. El paragolpes también sufre una fuerte rotura y deformación. El portón trasero derecho recibió directamente el impacto en la parte baja, teniendo un daño grave, por lo que se procederá a su sustitución. Al elevar el vehículo, se pueden apreciar otras deformaciones que se deberán reparar.





Figura 7.35: Daños más importantes del Crash Test trasero.
Fuente: Elaboración propia.

- **Paragolpes trasero:** Sufre rotura y fuerte deformación, resultando necesaria su sustitución.
- **Faldón trasero:** A pesar de tener un refuerzo de varias chapas de distintos grosores, carecía de absorbedores con deformación programada y traviesa, lo que ha hecho que sufra una fuerte deformación y dado a su espesor y difícil configuración ha sido necesaria la sustitución.
- **Piso de la zona de carga:** El impacto provocó numerosas arrugas, especialmente en el lado derecho donde son muy marcadas, y la pérdida de cotas del larguero. Se ha efectuado su reparación.
- **Portón trasero derecho:** Daño importante tanto en su parte interior como exterior. Debido a la configuración que tiene el armazón ha sido necesaria su sustitución.
- **Panel lateral trasero:** Junto con el faldón son los elementos más dañados debido al impacto del carro. Presenta una deformación muy pronunciada en la parte trasera inferior, que se extiende hasta el pase de rueda. Esta pieza tiene

una gran envergadura, por lo que el operario del taller tras evaluarla y comprobar las indicaciones de reparación del fabricante, opta por realizar una sustitución parcial de la misma.

- **Bisagras del portón trasero derecho:** El portón consta de dos bisagras que le unen al vehículo y que a causa de la colisión han sufrido daños importantes, por lo que se procede a su sustitución.
- **Piloto trasero:** Sufre rotura del cristal en su parte inferior, es necesaria su sustitución.



Figura 7.36: Daños en portón, paragolpes, bisagra, piloto y panel lateral.
Fuente: Elaboración propia.

7.5.2.2. Comportamiento del vehículo frente al impacto:

Como se indicó anteriormente, en un test de este tipo intervienen diferentes técnicos y varios departamentos de la empresa. El *departamento de electromecánica*, entre otras cosas, se encarga de analizar cómo se comporta el vehículo y sus sistemas electrónicos ante determinados factores, ya sean naturales o provocados por el ser humano, como por ejemplo lluvia o niebla y una frenada de emergencia para evitar una colisión con otro usuario.

Para evaluar los diferentes sistemas electrónicos que equipan los automóviles y la transmisión de energía que se produce en el impacto, en estos ensayos colocan una serie de acelerómetros en zonas rígidas de la carrocería del vehículo, siempre en posiciones indicadas por el RCAR. En este caso se han colocado cuatro acelerómetros: dos en la consola central sobre la centralita del airbag (uno mide la aceleración en el eje longitudinal del vehículo y otro en el transversal), uno en el pilar B del conductor próximo al estribo y otro en el piso próximo al faldón derecho. En la Figura 7.24 se puede observar cómo quedan fijados a la carrocería.

Especial importancia tienen los dos colocados sobre la centralita del airbag, ya que gracias a ellos es posible conocer el umbral de salto del airbag en una colisión, lo que supondría un coste en caso de reparación. También, debido a su posición, son los que nos indican aproximadamente la aceleración que sufre un pasajero situado en los asientos delanteros al producirse un siniestro, aunque realmente estas pruebas están completamente enfocadas a la reparabilidad del vehículo, sin atender al daño o consecuencias para sus ocupantes.

Estos acelerómetros realizan una gráfica que representa la aceleración que adquieren frente al tiempo, pudiendo observarse evolución de la energía hasta que desciende completamente quedándose uniforme (vehículo completamente quieto tras impacto).

En el impacto trasero, la gráfica obtenida es la siguiente:

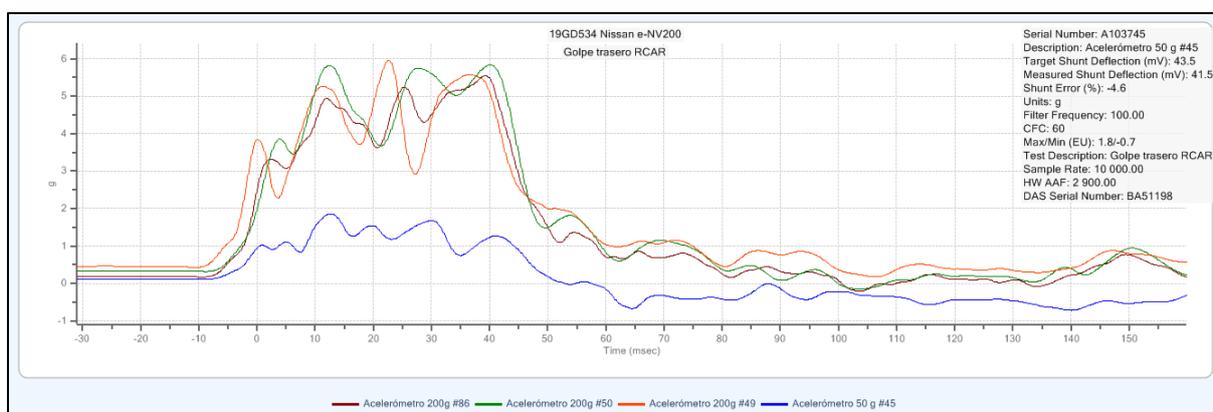


Figura 7.37: Evolución de la Aceleración/Tiempo de los acelerómetros en el impacto trasero. Fuente: Elaboración propia.

En ella podemos observar que cada acelerómetro está representado por un color. La ubicación, el color y el nombre del acelerómetro vienen indicados en la siguiente tabla, y a partir de aquí se explica el comportamiento del vehículo.

Nombre del acelerómetro	Ubicación en el vehículo	Color en la gráfica
#86	ECU centralita longitudinal	Marrón
#50	Pilar B del conductor	Verde
#49	Larguero trasero derecho	Naranja
#45	ECU centralita transversal	Azul

Tabla 7.5: Nomenclatura de los acelerómetros. Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica de la Figura 7.37 se aprecia como la duración de impacto ha sido cercana a los 80 ms, un valor que es común en este tipo de prueba en diferentes vehículos. Esta duración suele ser menor que en los Crash Test delanteros, debido que en la prueba trasera el vehículo inicialmente se encuentra parado y tras golpear la barrera los dos continúan con

velocidad, aunque la barrera la vaya perdiendo y el vehículo la adquiera, por tanto la energía a absorber será menor en este caso.

Los acelerómetros llevan implícitos un sistema de referencia X-Y, siendo las direcciones positivas hacia adelante (en el sentido de la marcha) y hacia la izquierda.

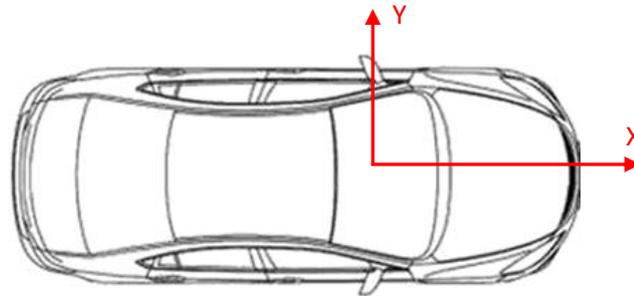


Figura 7.38: Dirección positiva de los ejes X-Y del acelerómetro.
Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, como el vehículo está parado al recibir el golpe, adquiere una **aceleración positiva** desplazándose hacia adelante. El acelerómetro #45 (mide solo en eje Y) nos da una información que es despreciable en este caso, y que tiene un valor máximo de 1 g positivo gracias al ángulo que se ha dado al vehículo para recibir el impacto, muy pequeño en comparación con el resto de valores. En cuanto a las aceleraciones en X, las otras tres, hay unas que empiezan a tomar valores antes que otras. El motivo de que el acelerómetro #49 comience a medir antes que el resto, es porque se encuentra más cerca de la zona donde se produce el impacto, entonces recibe “antes” la energía cinética transmitida por la barrera. Los otros dos, el #86 y #50, llevan cierto retardo respecto al #49 por estar más adelantados en el vehículo, pero comienzan a medir casi a la vez debido a la posición que ocupa la centralita en el vehículo, situándose en línea con el pilar B (esto no siempre ocurre). La media obtenida entre los valores de los acelerómetros #86 y #50 sería aproximadamente la aceleración que adquiriría el asiento del conductor, que no tiene por qué corresponderse con la del ocupante, ya que influirían otros factores como el peso del pasajero o la amortiguación que tenga el asiento. En nuestra prueba, los valores más elevados de aceleración adquirida se corresponden con el acelerómetro #49, situado en el larguero trasero derecho, con un valor máximo de **6 g** y estando muy próximo el valor de #50. Este valor, es muy bueno, ya que en otras pruebas efectuadas en otros vehículos se ha llegado a medir hasta 15 g.

Lo ideal en un golpe como el del ensayo es que la aceleración no fluctúe entre valores positivos y negativos, lo que indicará que se trata de un material con características plásticas capaz de absorber gran parte energía evitando que llegue al habitáculo de pasajeros y como consecuencia las deformaciones producidas serán elevadas. En cambio, si el área bajo la curva se reparte por igual entre valores positivos y negativos sería indicativo de que se trata de un elemento muy elástico, con muy poca capacidad de absorción de

energía y que actúa de manera rígida para los ocupantes, lo que conlleva un riesgo para ellos.

Las ondulaciones que se aprecian en las curvas son consecuencia de la resistencia que ofrecen los distintos materiales a ser deformados. Pero cuando se tiene una subida muy pronunciada seguida de una caída de valor también muy pronunciada y que pasa el valor de 0, es debido al colapso de algún elemento, indicando al técnico de manera visual e intuitiva que algún componente ha sufrido algún tipo de rotura o deformación grave. En este caso, la Nissan e-NV200 carecía de travesa trasera, lo que ha producido mucha deformación de material sin producirse rotura, tal y como indican las múltiples oscilaciones todas ellas con valores positivos. Además, se podría deducir que los materiales deformados tienen unas características de rigidez similares, y que no hay picos demasiado elevados unos respecto de otros.

Por tanto, el comportamiento de la Nissan e-NV200 en la prueba de impacto trasera ha sido muy correcta, ya que la deformación producida ha sido grande, llegando la energía muy atenuada al habitáculo de pasajeros. En cuanto al coste de reparación, la primera impresión es que va a ser elevada precisamente por el mismo motivo.

A partir de toda esta información y los valores obtenidos, se obtiene otra grafica en la que se representa evolución de la velocidad y la aceleración que adquiere el vehículo respecto al tiempo.

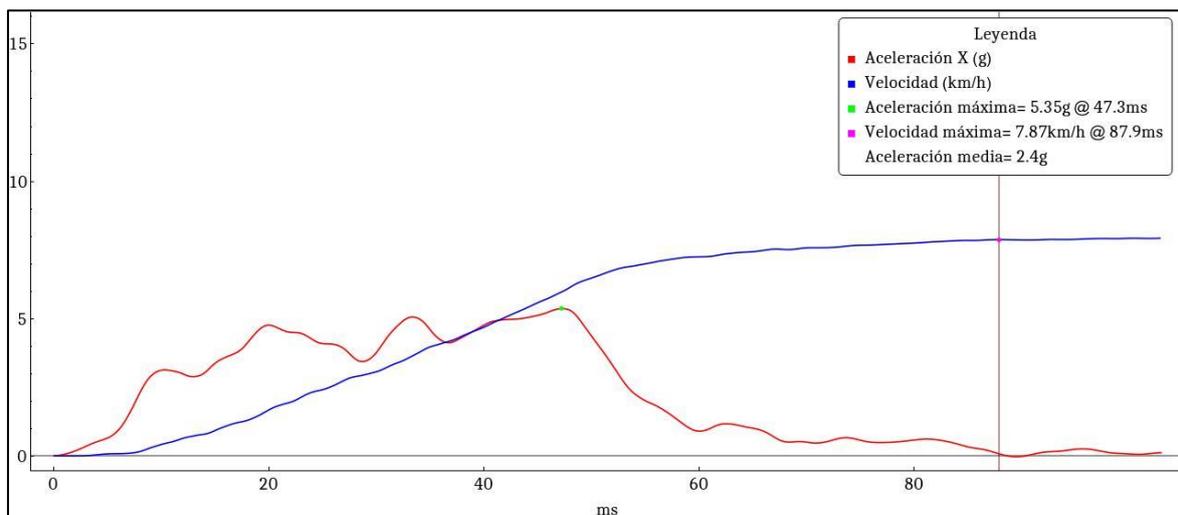


Figura 7.39: Gráfica Aceleración-velocidad frente al tiempo en el Crash Test trasero.
Fuente: Elaboración propia.

La grafica superior refleja los valores de aceleración y velocidad que adquiere el vehículo como consecuencia del impacto.

7.5.2.3. Reparación de los daños:

A continuación se describirá de manera breve y visual las principales reparaciones realizadas sobre la Nissan e-NV200.

Para comprobar si el vehículo sufrió alguna alteración de las cotas del chasis, se medirá mediante la barra captadora de ultrasonidos y se comparará el resultado con la medición antes del ensayo. Se colocaran los sensores en los mismos puntos que la vez anterior, obteniendo el siguiente resultado:

Hein Werner		ULTIMAS MEDIDAS						SharkW32			
									<i>Computerized Vehicle Measurement System</i>		
Nombre: Nissan eNV200 Alonso						Ref. trabajo					
Bastidor						Dato: UVD28A/1					
Vehículo: NISSAN e-NV200 MEO 2014/10>						Dia de impresión: 13 Feb 2019					
Resultados de medida											
Punto	Cara	Coordenadas de datos			Coordenadas medidas			Diferencia (D-M)			
		Longitud	Anchura	Altura	Longitud	Anchura	Altura	Longitud	Anchura	Altura	
B	I	0	488	254	0	487	254	0	-1	0	
B	D	0	488	254	0	487	254	0	-1	0	
A	I	1567	410	187	1567	410	187	0	0	0	
A	D	1567	410	187	1567	410	187	0	0	0	
O	I	-1216	678	433	-1217	675	433	→ 1	-3	0	
O	D	-1216	678	433	-1217	670	433	→ 1	-8	0	

Tabla 7.6: Medidas después de impacto. Punto trasero: O.

Fuente: programa informático Shark.

Se observa que en el lado izquierdo (“O Izquierdo”) en longitud esta hacia atrás 1mm, en anchura se encuentra cerrado 3 mm y en altura se encuentra a 0 mm. Todos estos valores son aceptables dentro de las tolerancias que ofrece el fabricante.

En el lado derecho (“O Derecho”) en longitud también se encuentra a 1 mm, en anchura sí que ha sufrido una deformación importante alcanzando los 8 mm hacia dentro y en altura se mantiene a 0 de nuevo.

Tras esta primera medición y viendo la deformación sufrida, sobretudo en el lado derecho, se decide realizar un estiraje de las zonas afectadas con ayuda de una bancada de torres. Se acoplarán las cadenas de tal forma que se pueda devolver las cotas a su valor de diseño. A la vez, el operario se ayudara de tas y martillo para ir conformando las distintas deformaciones tanto del costado, piso o faldón.



Figura 7.40: Estiraje mediante bancada para restablecer cotas de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Se vuelve a medir el vehículo para obtener los valores tras el estiraje.

Hein Werner		ULTIMAS MEDIDAS						SharkW32		
<i>Computerized Vehicle Measurement System</i>										
Nombre: Jose M. Alonso						Ref. trabajo				
Bastidor						Dato: UVD28A/1				
Vehículo: NISSAN e-NV200 ME0 2014/10>						Día de impresión: 19 Mar 2019				
Resultados de medida										
Punto	Cara	Coordenadas de datos			Coordenadas medidas			Diferencia (D-M)		
		Longitud	Anchura	Altura	Longitud	Anchura	Altura	Longitud	Anchura	Altura
B	I	0	488	254	0	487	254	0	-1	0
B	D	0	488	254	0	487	254	0	-1	0
A	I	1567	410	187	1566	409	187	→ 1	-1	0
A	D	1567	410	187	1567	409	187	0	-1	0
O	I	-1216	678	433	-1217	672	433	→ 1	-6	0
O	D	-1216	678	433	-1216	672	433	0	-6	0

Tabla 7.7: Medidas finales después de impacto.
Fuente: programa informático Shark.

En esta nueva medición se observa como los valores anteriores han sido modificados. En el punto O, tanto en el lado izquierdo como derecho, se han igualado las desviaciones a 6 mm cerrado, un valor que además de estar en el límite de tolerancia permitida, permite igualar la situación del chasis a ambos lados algo que resulta fundamental en una reparación. Por tanto, se da el resultado por bueno.

La siguiente operación de reparación es realizar un corte parcial en el panel lateral trasero, según las especificaciones del fabricante, a la altura de la guía de la puerta corredera. Con ello se consigue el no tener que descoser toda la pieza, ya que la deformación está en la parte baja. A continuación se realizará el mismo corte en el recambio y se acoplará mediante soldadura.



Figura 7.41: Sección parcial en el panel lateral trasero.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez se ha separado el material sobrante, se continua reparando el travesaño trasero o faldón, el cual requiere una sustitución completa. Una vez quitado, se precisará de algún tiro mediante bancada para devolver la chapa del piso y de la punta del refuerzo a su estado original.



Figura 7.42: Corte del faldón trasero y estiraje en bancada.
Fuente: Elaboración propia.

Por último, se corta el recambio del faldón y del costado, se presenta en el vehículo para comprobar su ajuste y se procede a realizar la unión mediante soldadura MIG-MAG y puntos de resistencia.





Figura 7.43: Presentación del recambio, soldadura y resultado de la reparación.
Fuente: Elaboración propia.

Por último, tras la correcta reparación se introduce el vehículo en la zona de pintura para que este departamento se encargue de reproducir el acabado original del fabricante, en color blanco (BL).



Figura 7.44: Pintado de la Nissan e-NV200.
Fuente: Elaboración propia.

Tras colocar el resto de elementos de la parte trasera como el paragolpes, pilotos o emblema del portón, se da la reparación por concluida.



Figura 7.45: Resultado final de la reparación trasera. Fuente: Elaboración propia.

7.5.2.4. Costes de la reparación:

Una vez estudiados los daños y la reparación efectuada sobre la Nissan e-NV200, resulta de vital importancia para el proyecto hacerlo también de los costes. La manera de actuar cuando es necesario realizar una reparación de tantas piezas es recurrir a determinadas bases de datos en las que estén incluidas todas las piezas de recambio, el precio que tienen y la manera de trabajar con ellas, así como la forma en la que se comercializan ya que hay determinados componentes que se venden de manera conjunta. Por tanto, hay que ser muy meticuloso a la hora de elegir el despiece adecuado ya que de ello dependerá obtener un cierto ahorro en material.

Un papel fundamental en la tasación de los daños y la elección del recambio lo tienen los peritos, quienes deben conocer las distintas técnicas de reparación para conseguir evaluar de manera eficaz si compensa realizar una sustitución o una reparación de un componente. Este técnico deberá trabajar de manera conjunta con los distintos operarios de taller (chapistas, pintores o mecánicos), para conocer en todo momento el estado de las reparaciones y buscar la mejor solución económicamente posible.

En este proyecto, las bases de datos utilizadas son la de repuestos del fabricante y Audatex. Esta última es de gran utilidad, ya que en ella están incluidas determinadas tasas que son de gran ayuda, como por ejemplo el coste de mano de obra, tiempos estimados de reparación o sustitución, coste de la pintura y referencias de las distintas piezas. Por tanto, es muy útil cuando se quiere hacer una valoración rápida y fiable. En cambio, algunas veces es necesario recurrir al despiece del fabricante por ser mucho más preciso en referencias o determinadas piezas. En este caso, se ha realizado una peritación previa mediante Audatex para estimar los costes, y se ha incluido el despiece por los documentos del fabricante.

A continuación se exponen los distintos despieces del fabricante indicando las piezas dañadas y su referencia. Además se agruparán en función de su ubicación en el vehículo, según se sitúen en:

- **Carrocería trasera:**

Nomenclatura despiece	Nombre de la pieza	Referencia Audatex	Sustitución/Reparación
76804Q	Aspirador aire	76804JX30A	Sustitución

Tabla 7.8: Recambio Nissan e-NV200 (1).
Fuente: Elaboración propia.

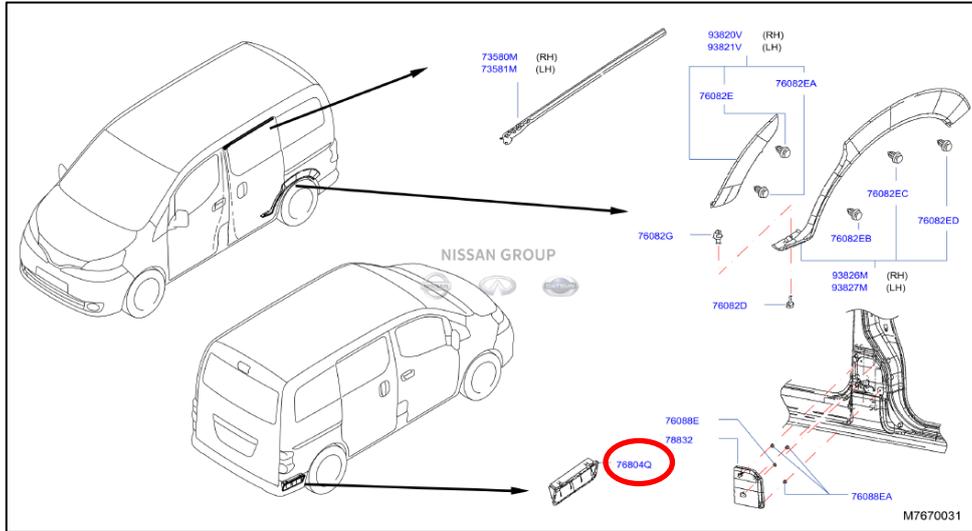


Figura 7.46: Despiece de elementos traseros (1). Fuente: Nissan.

Nomenclatura despiece	Nombre de la pieza	Referencia Audatex	Sustitución/Reparación
85090M	Absorbedor energía	85090BJ10A	Sustitución
85022N	Juego parachoques	H50224FAAH	Sustitución

Tabla 7.9: Recambio Nissan e-NV200 (2). Fuente: Elaboración propia.

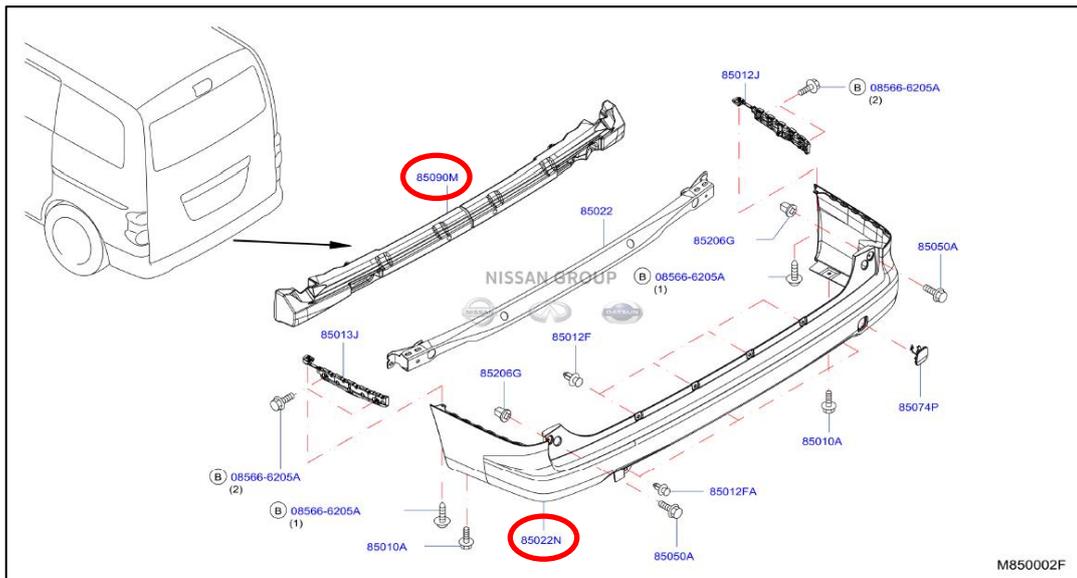


Figura 7.47: Despiece de elementos traseros (2). Fuente: Nissan.

Nomenclatura despiece	Nombre de la pieza	Referencia Audatex	Sustitución/Reparación
74882	Travesaño trasero	G5614BJ2ME	Sustitución
74881	Travesaño trasero	G5614BJ2ME	Sustitución

Tabla 7.10: Recambio Nissan e-NV200 (3).
Fuente: Elaboración propia.

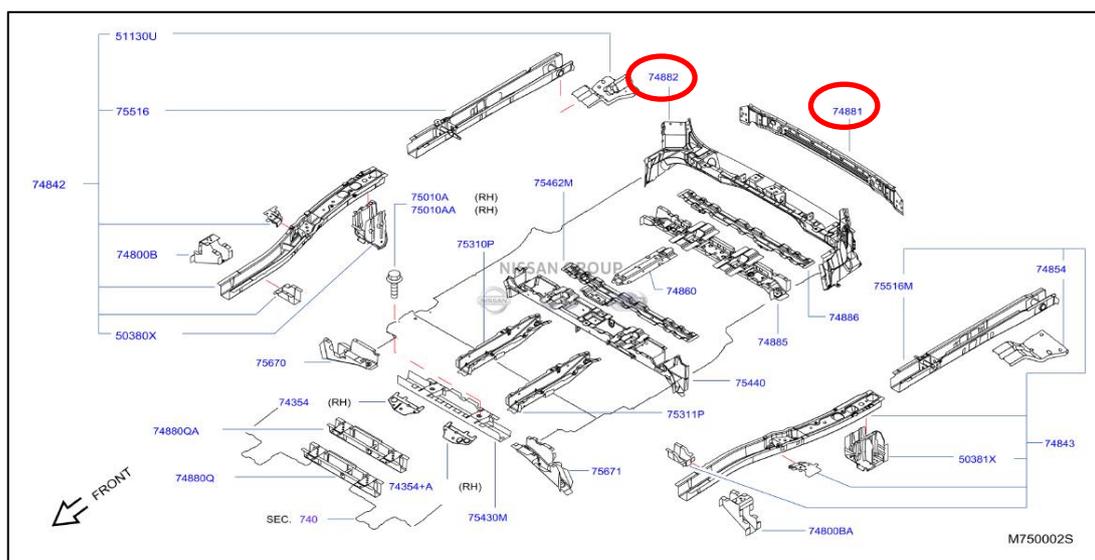


Figura 7.48: Despiece de elementos traseros (3).
Fuente: Nissan.

Nomenclatura despiece	Nombre de la pieza	Referencia Audatex	Sustitución/Reparación
90100M	Portón trasero derecho	K01003LGDD	Sustitución
90410N	Bisagra portón trasero	90410JC50B	Sustitución
90210	Burlete portón trasero	90830JX50B	Sustitución

Tabla 7.11: Recambio Nissan e-NV200 (4).
Fuente: Elaboración propia.

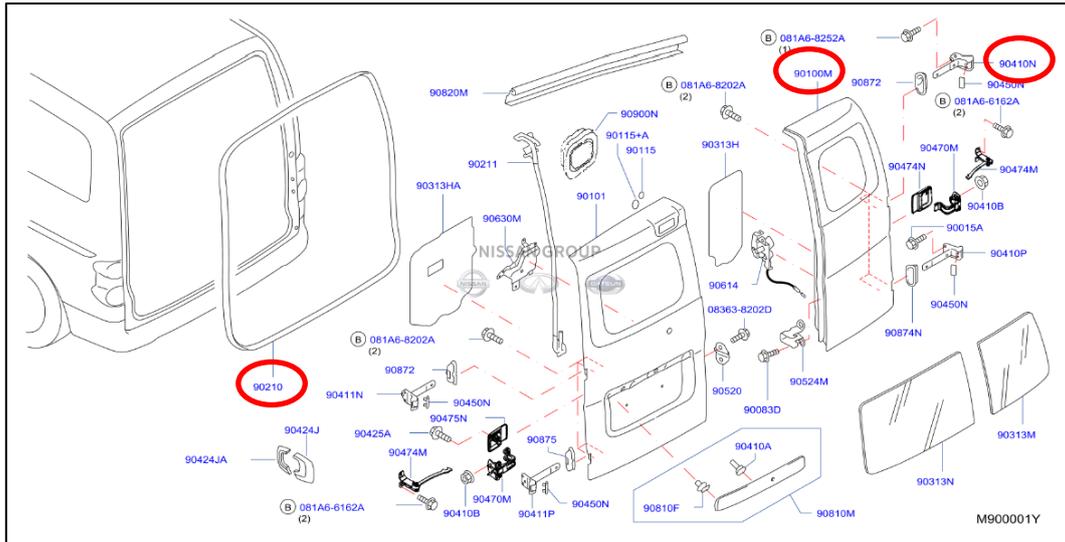


Figura 7.49: Despiece de elementos traseros (4).
Fuente: Nissan.

- Carrocería central:

Nomenclatura despiece	Nombre de la pieza	Referencia Audatex	Sustitución/Reparación
78110	Aleta trasera derecha	781104FB5B	Sustitución

Tabla 7.12: Recambio Nissan e-NV200 (5).
Fuente: Elaboración propia.

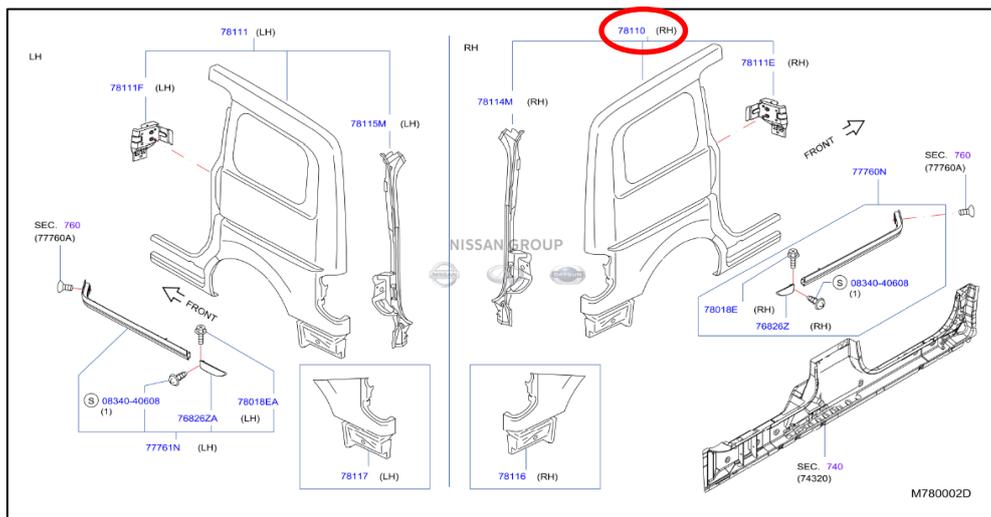


Figura 7.50: Despiece de elementos traseros (5).
Fuente: Nissan.

Nomenclatura despiece	Nombre de la pieza	Referencia Audatex	Sustitución/Reparación
84992M	Placa equipajes	84992BJ00B	Sustitución

Tabla 7.13: Recambio Nissan e-NV200 (6).
Fuente: Elaboración propia.

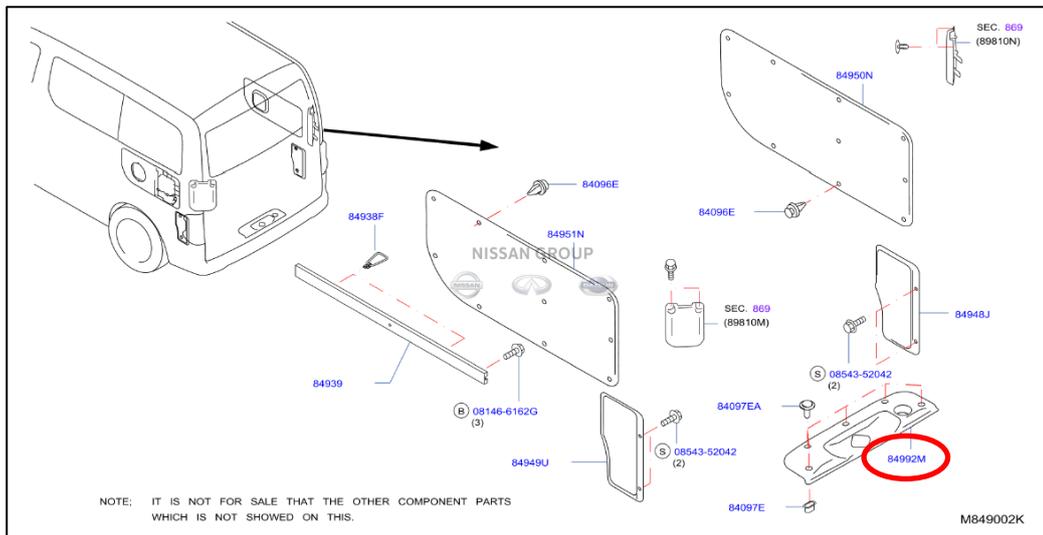


Figura 7.51: Despiece de elementos traseros (6).
Fuente: Nissan.

Nomenclatura despiece	Nombre de la pieza	Referencia Audatex	Sustitución/Reparación
76364V	Refuerzo montante	G7644BJ1BB	Sustitución

Tabla 7.14: Recambio Nissan e-NV200 (7).
Fuente: Elaboración propia.

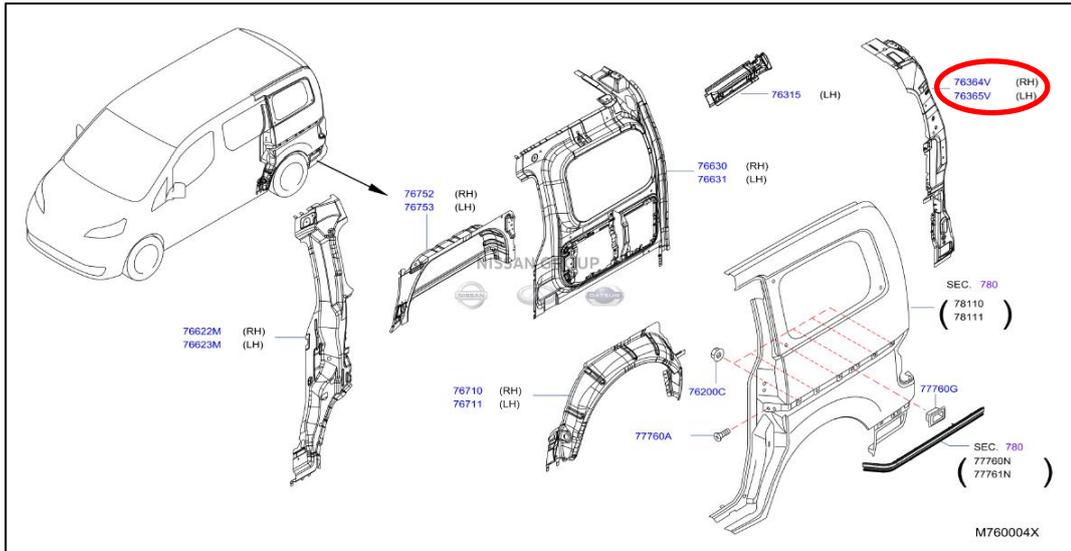


Figura 7.52: Despiece de elementos traseros (7).
Fuente: Nissan.

• Elementos sueltos:

Nomenclatura despiece	Nombre de la pieza	Referencia Audatex	Sustitución/Reparación
90100M	Lámpara combinada	265504FA0B	Sustitución
90410N	Pinza guarnición	0155305793	Sustitución
90210	Presilla	0155306753	Sustitución

Tabla 7.15: Recambio Nissan e-NV200 (8).
Fuente: Elaboración propia.

Si a cada elemento le asignamos su precio, podemos cuantificar cuanto ha sido el **coste total en piezas sustituidas**. Los precios han sido obtenidos de la base de datos de Audatex y de las facturas reales del fabricante.

GOLPE TRASERO			
Referencia	Pieza	Precio unidad Audatex (€)	Precio unidad real (€)
H50224FAAH	Juego parachoques	253,90	253,90
85090BJ10A	Absorbedor de energía	129,08	129,08
76804JX30A	Aspirador aire	53,31	53,31
K01003LGDD	Portón trasero derecho	640,21	640,21

90410JX50B	Bisagra portón trasero	81,08	81,08
908954FA0B	Emblema trasero	43,07	43,07
90830JX50B	Burlete portón trasero	69,09	64,09
781004FB5B	Aleta trasera derecha	1337,86	1337,86
G5614BJ2ME	Travesaño trasero	441,00	441,00
84992BJ00B	Placa equipajes	77,75	77,75
155305793	Pinza guarnición (6)	16,78	16,78
265504FA0B	Lámpara combinado	148,95	148,95
155306753	Presilla (10)	27,80	27,80
G56154FBMA	Travesaño trasero	233,10	233,10
G7644BJ1BB	Refuerzo montante	181,75	181,75
COSTE TOTAL EN PIEZAS:		3.734,73	3.729,73

Tabla 7.16: Coste total de las piezas de recambio trasero.
Fuente: Elaboración propia.

A este importe de coste de piezas hay que sumar el **coste de los materiales de pintura** empleados. En el caso del golpe trasero, este importe es de 167,47 €, coincidiendo el valor real de la reparación con la estimación que nos da Audatex. Esta coincidencia se debe a que Audatex emplea para su valoración en daños de pintura el *Baremo de Pintura CESVIMAP*.

COSTE TOTAL MATERIAL DE PINTURA:	167,47
---	---------------

Tabla 7.17: Coste total material de pintura trasero.
Fuente: Elaboración propia.

Lo siguiente a cuantificar es la Mano de Obra de los distintos operarios (chapistas, mecánicos y pintores). Indicar que para Audatex el tiempo de trabajo se mide en Unidades de Trabajo (UT) en vez de en horas, siendo la conversión 1HORA = 10 UT. El precio de una hora de trabajo en este sector se paga a 45,84 €/h, por tanto se han medido los tiempos de trabajo de los distintos operarios y se ha sacado el coste real de dicho trabajo. Como se ha explicado, Audatex aporta unos tiempos de reparación y sustitución estimados que son los indicados por el fabricante, pero muchas veces no se corresponden con la realidad. En la siguiente tabla podemos observar la comparación entre el tiempo real que han invertido los distintos operarios de taller de CESVIMAP con los tiempos dados por Audatex y el fabricante.

REAL	ESTIMADO (Audatex)
------	--------------------

Nº total de horas M.O:	28,97	25,43
Coste total (€):	1.327,98	1.165,71

Tabla 7.18: Comparación coste real-coste estimado, impacto trasero.
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede comprobar en la tabla, existe una variación en el tiempo de reparación y sustitución de las piezas dañadas real y el estimado por Audatex. Esto supone que la valoración real y la tasación de la reparación dada por Audatex no coincidan. En la tabla resumen (Tabla 7.20) que hay más adelante vienen desglosadas todas las valoraciones y el coste total de la reparación del golpe trasero.

A continuación se puede observar el informe que proporciona Audatex una vez realizada toda la valoración de daños, reparación y sustitución de piezas, y el coste de mano de obra junto con las Unidades de Tiempo correspondientes.



CESVIMAP					
Centro de Experimentación y Seguridad Vial Mapfre					
C/ Jorge Ruiz de Santayana, 18					
05004 Avila (España)					
Tel: +34 910 29 29 05 Fax: +34 910 29 29 05					
e-mail: cesvimap@cesvimap.com					
			NR NISSANE-NV		20/05/2019
REFERENCIA NISSAN E-NV TRAS CES					
NR CHASIS	NISSAN VSKYAAME0U0510060	E-NV200 (ME0M) MATRIC. ABJ	PROFESIONAL CÓDIGO TIPO Z8B23		
CARACT.	AIRE ACONDICIONADO FAROS ANTINEBLA REVIS.PISO CARGA LAR ELECTRICO 80KW AIRBAG ACOMPAÑANTE TRANSPORTER	ELEVALUNAS DEL.ELEC. FAROS LUZ DIURNA PARED DIVISOR.MALET. TOMA CARGA RAPIDA REGULADOR VELOCIDAD PUER.CORR.I.SIN CRIS	SISTEMA NAVEGACION SENSOR DE LLUVIA ARRANQUE SIN LLAVE CAMBIO AUTOMATICO CONTROL ESTABILIDAD PUER.CORR.D.SIN CRIS		
PIEZAS SUSTITUIDAS					
				FECHA TARIFA	01/08/2018
POS. D.B.	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CANTIDAD	DTO	PRECIO
2581	PARAGOLPES TR.	H5022 4FAAH	1,00		253,90
2644	AMORTIG.PARAGOLP.TR.	85090 BJ10A	1,00		129,08
2711	REFUERZO TR.	G5615 4FBMA	1,00		233,10
2934	PUERTA CARGA TR.D.	K0101 3LGDC	1,00		640,21
3019	ANAGRAMA MOTOR	90895 4FA0B	1,00		43,07
3052	BISAGRA TR.D.INF.	90410 JX50B	1,00		81,08
3282	PILOTO TR.D.CPL.	26550 4FA0B	1,00		148,95
3482	PANEL LAT.TR.D.CPL.	78100 4FB5B	1,00		1.337,86
3783	REJILLA VENTILAC.TR.	78804 JX30A	1,00		53,31
4857	LISTON ESTRIBO TR.	84992 BJ00B	1,00		77,75
1000	PRESILLA	0155308753	1,00		27,80 *
1000	PINZA GUARNCION	0155305793	1,00		16,78 *
1000	REFUERZO MONTANTE	G7644BJ1BB			181,75 *
1000	BURLETE PORTON T	90830JX50B			69,09 *
1000	TRAVESAÑO TRASERO	G5614BJ2ME			441,00 *
TOTAL PIEZAS					3.734,73
M.O. CHAPA/MECÁNICA 10 UT = 1 HORA PRECIO = 45,84 Euros/HORA					
NR. OPERACIÓN	DESGLASE MANO DE OBRA			UT	IMPORTE TRABAJO
POS. D.B.					
SN	TIEMPO PREPARACION UNICO			5	22,92
SN	VEHICULO SOBRE BANCADA EN SUELO: ANCLAR			10	45,84
SN	DAQOS VEHICULO: DIAGNOSTICAR EN BANCADA			5	22,92
SN	GEOMETRIA EJE DL.: VERIFICAR ALINEACION			4	18,34
SN	GEOMETRIA EJE TR.: VERIFICAR			3	13,75
4171A3	PUERTA CORREDERA D.: DES-MONTAR INCL.: AJUSTAR PUERTA CORREDERA			4	18,34
UT28A1	ANAGRAMA MODELO: DES-MONTAR			2	9,17
5010A2	PARAGOLPES TR.(DESMONTADO): SUSTITUIR			1	4,58
SN	AMORTIGUANTE PARAGOLPES TR.: DES-MONTAR			1	4,58
5540A3)	FALDON TR.: SUSTITUIR (PARAGOLPES TR.CPL.DESMONTADO) INCL.: DES-MONTAR REVESTIM.Y COMPONENTES EN ZONA DE REPARACION			30	137,52

CESVIMAP				
Centro de Experimentación y Seguridad Vial Mapfre C/ Jorge Ruiz de Santayana, 18 05004 Avila (España) Tel: 920 29 30 00 Fax: 920 29 30 05 e-mail: cesvimap@cesvimap.com				
			NR NISSANE-NV	20/05/2019
NR. OPERACIÓN	DESGLÓSE MANO DE OBRA		UT	IMPORTE TRABAJO
5001A2	PANEL LAT.TR.D.: SUSTITUIR INCL.: DES-MONTAR PARAGOL.TR.,PILOTO TR, ASIENTO TR.D., REVESTIM.Y COMPONENTES NECESARIOS		93	426,31
SN	REJILLA AIREACION TR.: DES-MONTAR		2	9,17
I 3930	PISO TR.CPL. REPARAR		13 *	59,59
TOTAL M.O. CH/MEC.			173,00 UT	793,03
PINTURA CESVIMAP(NUEVAS TECNOLOGIAS) MONOCAPA				
POS. D.B.	DESCRIPCIÓN		NV DTO.	UT MATERIAL
LE 2711	REFUERZO TR.	PINTURA SUSTITUCION		
LE 2934	PUERTA CARGA TR.D.	PINTURA SUSTITUCION		
LI1 3482	PANEL LAT.TR.D.CPL.	PINTURA DAÑO FUERTE		
LI 3930	PISO TR.CPL.	PINTURA DAÑO MEDIO		
RESUMEN M.O. PINTURA TIEMPO BASE 10 UT = 1 HORA				
			PRECIO =	45,84 Euros/HORA
				UT IMPORTE
TIEMPO M.O.				69,10 316,75
TIEMPO PREPARACION				12,20 55,92
TOTAL M.O. PINTURA				81,30 372,67
RESUMEN MATERIALES PINTURA				PRECIO
MATERIALES				161,60
CONSTANTE MATERIAL				5,87
TOTAL MATERIALES				167,47

CESVIMAP				
Centro de Experimentación y Seguridad Vial Mapfre C/ Jorge Ruiz de Santayana, 18 05004 Avila (España) Tel: 920 29 30 00 Fax: 920 29 30 05 e-mail: cesvimap@cesvimap.com				
			NR NISSANE-NV	20/05/2019
RESUMEN FINAL				Euros Euros
REPUESTOS				3.734,73
TOTAL MATERIALES				3.734,73
M.O. CHAPA/MECÁNICA	TIEMPO BASE			
CARROCERIA	166	UT X 45,84	Euros/H	
IMPORTE				760,94
ALINEACION	7	UT X 45,84	Euros/H	32,09
TOTAL M.O. CHAPA/MECÁNICA				793,03
PINTURA				
IMPORTE M.O.				372,67
MATERIAL DE PINTURA				167,47
TOTAL PINTURA				540,14
SUMA TOTAL			SIN IVA	Euros 5.067,90
			21 % IVA	Euros 1.064,26
SUMA TOTAL			CON IVA	Euros 6.132,16
SUMA TOTAL				6.132,16
			Conversión a Pts	1.020.306

Figura 7.53: Informe peritación Audatex impacto trasero.

Fuente: Audatex.

- Resumen final de costes estimados del Crash Test trasero:

Costes de materiales	
Carrocería	3.734,73 €
Pintura	167,47 €
Coste total:	3.902,20 €

Coste de Mano de Obra		
Carrocería	16,6 h	760,94 €
Mecánica	0,70 h	32,08 €
Pintura	8,13 h	372,67 €
Coste total:		1165,7 €

TOTAL VALORACION	
Materiales	3.902,20 €
Mano de obra	1165,7 €
Coste total sin IVA	5.067,9 €
Coste total con IVA (21%)	6.132,16 €

Tabla 7.19: Resumen desglosado de costes estimados
Crash Test trasero. Fuente: Elaboración propia.

- **Resumen final de costes reales del Crash Test trasero:**

Costes de materiales	
Carrocería	3.729,73 €
Pintura	167,47 €
Coste total:	3.897,2 €

Coste de Mano de Obra		
Carrocería	20,14 h	923,21 €
Mecánica	0,70 h	32,08 €
Pintura	8,13 h	372,67 €
Coste total:		1.327,96 €

TOTAL VALORACION	
Materiales	3.897,2 €
Mano de obra	1.327,96 €
Coste total sin IVA	5.225,16 €
Coste total con IVA (21%)	6.322,45 €

Tabla 7.20: Resumen desglosado de costes reales Crash Test trasero. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en las tablas anteriores, Audatex proporciona una valoración muy aproximada de los costes de reparación de un vehículo. De hecho, tan solo ha habido un **error del 3,1%** sobre los costes totales con IVA. Esto hace tener una idea al técnico encargado de la reparación del alcance de la avería. Esta información es de gran utilidad para la formación de peritos de MAPFRE.

Se ha realizado una comparación entre los costes de las piezas más significativas de la Nissan e-NV200, frente a otros vehículos de características similares. En la siguiente tabla se puede ver el resultado.

Como se observa en la Tabla 7.21, todas las piezas susceptibles de ser reparadas o sustituidas por un accidente de este tipo, son más caras en la Nissan e-NV200 que en los otros modelos recogidos, especialmente el faldón trasero, lo que supone un encarecimiento importante de los costes de reparación.

CUADRO COMPARATIVO DE RECAMBIOS						
Piezas traseras	Nissan e-NV200	Renault Kangoo Z.E.	Citroën Berling o Electric	Peugeot Partner Electric	PROMEDIO	% SOBRE PROMEDIO
Paragolpes trasero	253,9	271,3	230,32	230,32	246,46	3,02
Puerta de carga trasera derecha	640,21	635,61	585	585	611,46	4,70
Piloto trasero	151,02	117,25	74,52	74,52	104,33	44,76
Panel lateral trasero	1337,86	606,04	741,32	741,32	856,64	56,18
Refuerzo trasero	233,1	162,69	94,59	94,59	146,24	59,39
Faldón trasero	808,5	197,57	183,99	183,99	343,51	135,36
Total	3424,59	1990,46	1909,74	1909,74	2308,63	48,34

Tabla 7.21: Comparación de costes piezas traseras entre distintos vehículos.
Fuente: Elaboración propia.

7.5.3. Impacto delantero:



Figura 7.54: Cartel luminoso informativo.
Fuente: Elaboración propia.

Modo de ejecución: La Nissan e-NV200 arrastrada por un carro sobre el rail a una velocidad comprendida entre 15 y 16 km/h impactará contra un muro rígido e indeformable de 35 toneladas de peso con su parte frontal izquierda. El muro se encontrará girado 10° en sentido antihorario y deberá estar situado de tal forma que el vehículo impacte con el 40% de su anchura. El vehículo se encontrará arrancado y en punto muerto, con la palanca de cambios en la posición N, lo que permitirá que el sistema esté encendido y los sistemas de seguridad también, como por ejemplo los airbags. La velocidad a la que se produce el impacto será recogida por el interferómetro, situado según las mediciones correspondientes indicadas en el *Protocolo de Calidad* (ver Figuras 7.20 y 7.59). A medida que la Nissan e-NV200 avanza por el carril, irá adquiriendo una aceleración positiva, para posteriormente ser frenada por el muro. Este es el momento en el que los acelerómetros recogen la información sobre la energía que se produce por el impacto. En la gráfica aceleración/tiempo que desarrollan, se apreciará que el vehículo sufre una deceleración, ya que los valores se producen son negativos, pero su explicación se encuentra más adelante.

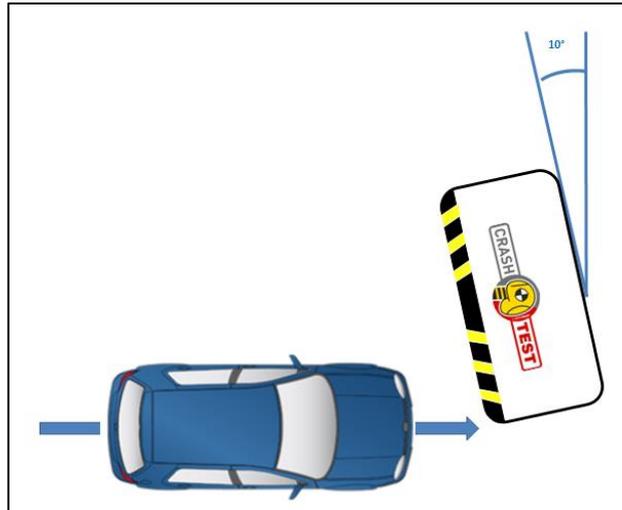


Figura 7.55: Esquema del Crash Test delantero.
Fuente: Elaboración propia.

De manera análoga al ensayo anterior, antes de realizar la prueba final y colocar el muro en la posición que debe ocupar, se realizarán unos lanzamientos del vehículo a modo de verificación, con el fin de ajustar correctamente la velocidad que es medida por el interferómetro. Se comprobará que la estación de desenganche de las cadenas se encuentra en la posición adecuada para liberar al vehículo y que este llegue libre en el momento de impactar con el muro. El interferómetro y la estación de desenganche estarán colocados según las cotas de la Figura 7.59.



Tiempo en msg.	Velocidad ajustada (Km/h)	Velocidad real $V = \frac{349,48}{T}$ (Km/h)
$T_1 = 22,73$	15,2	$349,48/22,73 = 15,37$
$T_2 = 22,16$	15,1	$349,48/22,16 = 15,77$
$T_f = 22,92$	15,1	$349,48/22,92 = 15,24$

Figura 7.56: Realización de los ensayos de velocidad.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se colocará el muro de hormigón armado con un refuerzo exterior de acero de 35 toneladas de peso, teniendo como referencia las marcas situadas en el pavimento, en función de la anchura del vehículo en su parte delantera, siendo esta medida tomada desde la parte exterior de los neumáticos. En la siguiente figura se observa el muro situado sobre las marcas del suelo y como impactará la Nissan e-NV200 con el 40% de su frontal izquierdo.



Figura 7.57: Situación del vehículo en el impacto delantero.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se coloca la iluminación y las cámaras de video que grabarán con detalle los momentos previos al impacto y se tomarán las últimas imágenes necesarias para la realización del correspondiente informe. Se medirán las temperaturas de las piezas que vayan a sufrir el impacto, así como la temperatura ambiente.

1.- Comprobar la velocidad de impacto ¹ .	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
2.- Verificar el anclaje del vehículo al carro de arrastre.	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
3.- Medir la temperatura en los principales elementos de plásticos del vehículo ² .	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
Paragolpes delantero =10,8.....°C Rejilla principal =9,9.....°C Faro izquierdo =28,5.....°C Faro derecho =10,7.....°C Frente delantero = (si es de plástico) =9,9.....°C		
4.- Medir y anotar la temperatura ambiente en la Zona de Impactos.....11,1.....C°	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
5.- Comprobar la posición y el funcionamiento del medidor láser.	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
6.- Avisar al responsable del Departamento de Carrocería.	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
7.- Están preparados los Técnicos Responsables de los Departamentos de Multimedia y Electromecánica.	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
8.- El vehículo se encuentra con el motor encendido y con los frenos inactivos	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
9.- Encender la sirena y la luz exterior de aviso.	SI	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 7.58: Comprobaciones justo antes de impacto delantero.
Fuente: Protocolo de Calidad CESVIMAP.

Tras ser todo verificado según el Protocolo de Calidad, se efectuará la prueba de impacto. En la siguiente imagen se observan todas las cotas necesarias para la colocación adecuada de los elementos que intervienen en el ensayo.

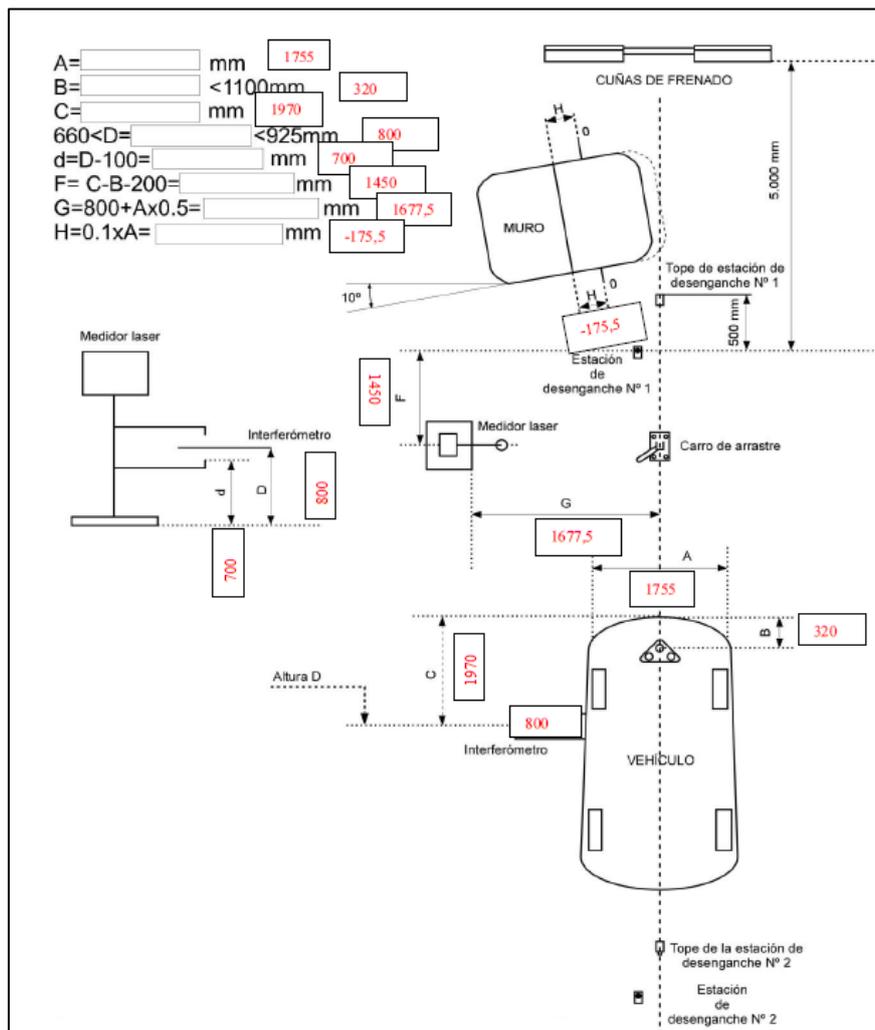


Figura 7.59: Zona de impactos en CESVIMAP.
Fuente: Elaboración propia y Protocolo de calidad CESVIMAP.

La prueba se realizó el día 8 de febrero de 2019 en la zona de impactos de CESVIMAP.

Resumen de las condiciones del Crash Test delantero
<ul style="list-style-type: none">• Impacto frontal de la Nissan e-NV200 contra un muro que se encuentra girado 10° en sentido antihorario, afectando al 40% de la parte delantera del vehículo.• Muro rígido de acero y hormigón de 35 toneladas.• Velocidad del impacto: 15,24 km/h.

Tabla 7.22: Resumen condiciones de impacto delantero.
Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.1. Evaluación y descripción de los daños más importantes:

Tras finalizar la prueba de impacto, se terminará de completar el Protocolo de Calidad y se indicará si se produjo alguna incidencia durante el ensayo. El *departamento de Electromecánica* se encargará de verificar algunos aspectos de los que son responsables, siendo algunos los recogidos en la siguiente imagen:

Formulario de comprobaciones del departamento de Electromecánica. Incluye campos para el vehículo (NISSAN e-NV200) y el número de expediente. Se detallan tres puntos de verificación (11, 12, 13) con opciones de 'Sí' o 'No' y 'x' para marcar.

RESPONSABILIDAD DEL DEPARTAMENTO DE ELECTROMECAICA	
FC-PE-GD-0103. Rev.0	
Vehículo:.....NISSAN e-NV200	Nº De expediente ¹ <input type="text"/>
DESPUÉS DEL IMPACTO	
11.- Comprobar e indicar si han funcionado correctamente los acelerómetros.	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
12.- Si el vehículo posee airbag, comprobar e indicar si han saltado los airbags.	
Conductor	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
Acompañante	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
13.- Si el vehículo posee Pretensores, comprobar e indicar si han saltado los pretensores.	
Conductor	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
Acompañante	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>

Figura 7.60: Comprobaciones *departamento de Electromecánica*.
Fuente: Procedimiento de Calidad CESVIMAP.

A continuación, se realizará una inspección visual de los daños producidos. Durante dicha inspección, se aprecia un descuadre importante del capó y paragolpes delantero, los cuales además sufren deformación, y afectan a su vez a la aleta delantera izquierda. La tapa de carga sufre una rotura importante debido a la ubicación que tiene, siendo una de las primeras piezas en impactar. En la siguiente Figura se muestra el resultado.

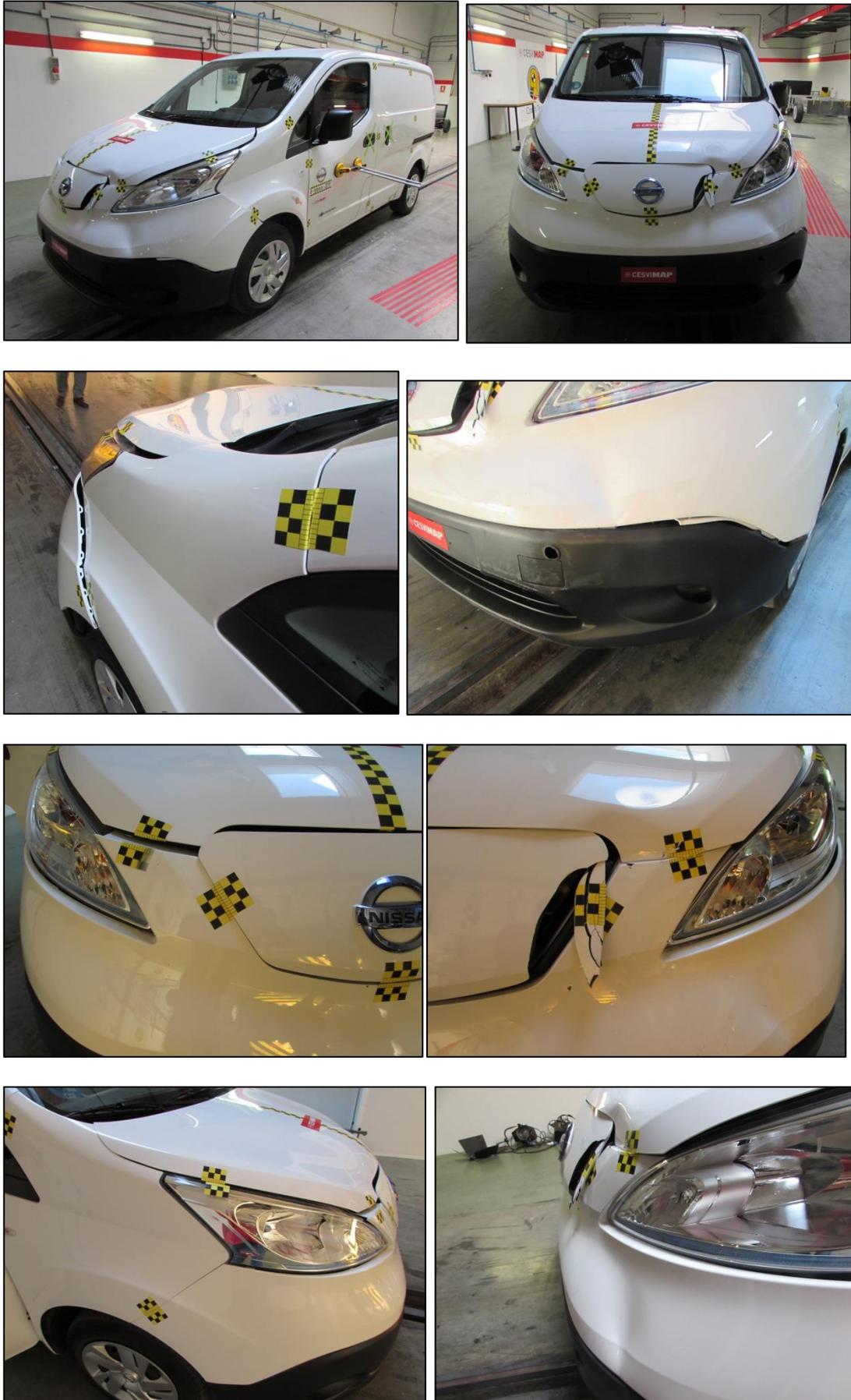


Figura 7.61: Resultado Crash Test delantero.
Fuente: Elaboración propia.

Lo primero que hay que hacer cuando un vehículo eléctrico sufre un accidente, es intentar desconectar el conector de servicio de la batería de alta tensión, para evitar fugas de corriente que supongan un grave peligro para los ocupantes del vehículo. Por tanto, se debe proceder a desconectar la batería y así aislar el circuito eléctrico. El modo de desconexión es el indicado anteriormente al inicio del Punto 7.5. Una vez se haya esperado el tiempo estimado de descarga del circuito de alta tensión, se indicará mediante el cartel izquierdo de la Figura 7.16. Así, el personal podrá manipular el vehículo de manera segura y proceder a realizar el análisis de los daños causados.

Antes de realizar la reparación de los daños delanteros, se deben medir las holguras entre las distintas piezas de la carrocería exterior, lo que nos dará cierta información sobre los daños que se han podido producir.

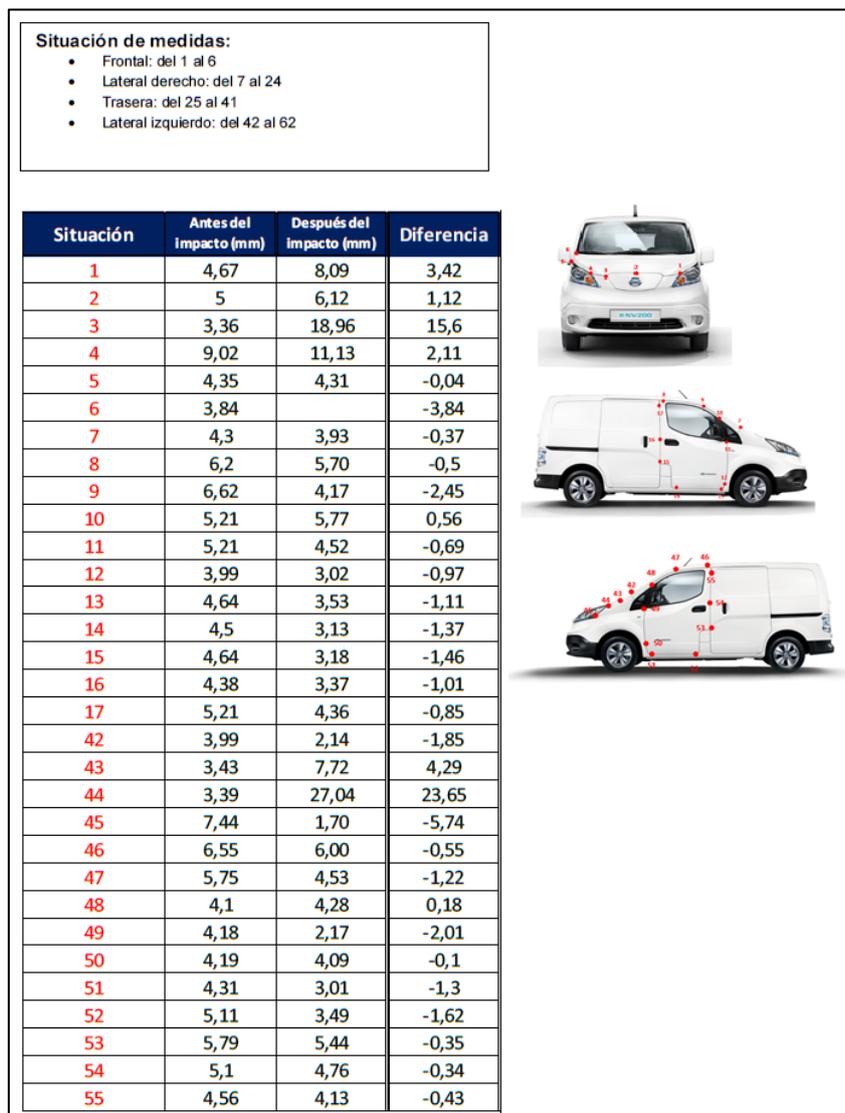


Figura 7.62: Variación de las holguras tras golpe delantero.
Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma que en la prueba anterior, se ha producido un descuadre importante en la mayoría de piezas exteriores, lo que indica que puede elementos internos dañados. Hay que tener en cuenta que la mayoría de elementos mecánicos se sitúan bajo el capo en la zona delantera, por tanto habrá que comprobar el alcance de los daños en el interior del hueco motor.

Antes de comenzar la reparación, se realiza la comprobación de la alineación del vehículo. El resultado obtenido es correcto, con unos valores que se encuentran entre las tolerancias del fabricante, aunque tiene una ligera desviación en los valores de la convergencia total y en el eje de mangueta.

Fecha:	08/02/2019	Hora:	13:48:49
Cliente:	CESVIMAP	Operador:	MANUEL BERRON
Descripción:	NISSAN NV200-E	Recorrido:	27432
Matrícula:	9172jsw	Chasis:	V.I
Nota trabajo:	COTAS DESPUES DE GOLPE DE RAMPA EN VACIO		
	Valores precedentes		Valores finales
EJE DELANTERO	Izq.	Der.	Izq. Der.
Convergencia total	+00°14'		+00°14'
Semiconvergencia	+00°05'	+00°10'	+00°05' +00°10'
Máx dif.			
Ángulo de caída	-00°16'	-00°34'	-00°16' -00°33'
Máx dif.	+00°19'		+00°17'
Ángulo de Avance	+04°58'	+04°51'	+04°58' +04°51'
Máx dif.	+00°07'		+00°07'
Eje de mangueta	+11°58'	+11°55'	+11°58' +11°55'
Máx dif.			
Ángulo incluido	+11°41'	+11°21'	+11°41' +11°22'
Dif. ángulo viraje 20°	-01°20'	-01°11'	-01°20' -01°11'
Viraje máximo interno			+40°00'
Viraje máximo externo			+34°00'
Desviación	-00°10'		-00°10'

Figura 7.63: Resultado de la alineación tras impacto delantero.
Fuente: Elaboración propia.

• **Descripción de los daños:**

Una vez se ha llevado el vehículo al taller, se procede a hacer un análisis detallado de los daños que se han producido. En esta prueba han sido dañadas múltiples piezas del frente, entre las que se encuentran el capó, la tapa de conexión de carga, el faro, el paragolpes superior e inferior, los refuerzos del paragolpes, la punta del larguero delantero y la aleta delantera izquierda, entre otras. Estas son las más fáciles de apreciar su daño visualmente. Además todos estos están considerados como elementos de la carrocería exterior, pero al ir desmontándolos se detectaran daños internos. La descripción de daños es la siguiente:

- **Capó:** Daño en la parte frontal izquierda, en la cual se aprecia una deformación. Se realizará su reparación.
- **Bisagras del capó:** Debido al impacto contra el muro el capó sufrió un desplazamiento, deformando las bisagras de unión al resto de elementos e imposibilitando la reparación, por tanto es necesario sustituirlas.
- **Aleta delantera izquierda:** Deformación leve en la zona próxima al faro. Se procederá a reparar.

- **Paragolpes delantero inferior:** Se produjo una deformación grave junto con rotura a la altura de la rejilla de aireación, no siendo posible su reparación. También se vio afectada la tapa de recubrimiento del ojal de remolcado. Se sustituirán.
- **Paragolpes delantero superior:** Presenta múltiples grietas fruto de la deformación sufrida durante el impacto. También presenta arañazos y una raja en la parte inferior izquierda, donde se une al paragolpes inferior. Algunos orificios de sujeción han resultado dañados. Se sustituye la pieza.
- **Refuerzo del paragolpes:** Presenta deformación por aplastamiento en su lado izquierdo, siendo necesaria su sustitución.
- **Absorbedor de energía:** Presenta fuerte aplastamiento especialmente en su lado izquierdo, será necesaria su sustitución.
- **Punta del larguero:** La punta izquierda en el impacto se vio fuertemente colapsada, por lo que tuvo que ser sustituida. La derecha, sufrió una deformación muy compleja de reparar, por lo que se sustituyó.
- **Guardabarros de la aleta izquierda:** Sufre rotura en un lateral, que es posible reparar.
- **Faro izquierdo:** El impacto produjo la rotura de la carcasa y las patillas de fijación, por lo que es necesaria su sustitución.
- **Tapa de conexión de carga:** Presenta una rotura importante con arrancamiento de material que imposibilita ser reparada.
- **Soporte de conexión de carga:** Presenta deformación que es posible reparar.





Figura 7.64: Daños más importantes del Crash Test delantero.
Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.2. Comportamiento del vehículo frente al impacto:

En este caso, los acelerómetros son colocados exactamente en las mismas posiciones que en el impacto trasero y funcionan de la misma manera. La gráfica aceleración-tiempo desarrollada esta vez ha sido de la siguiente forma

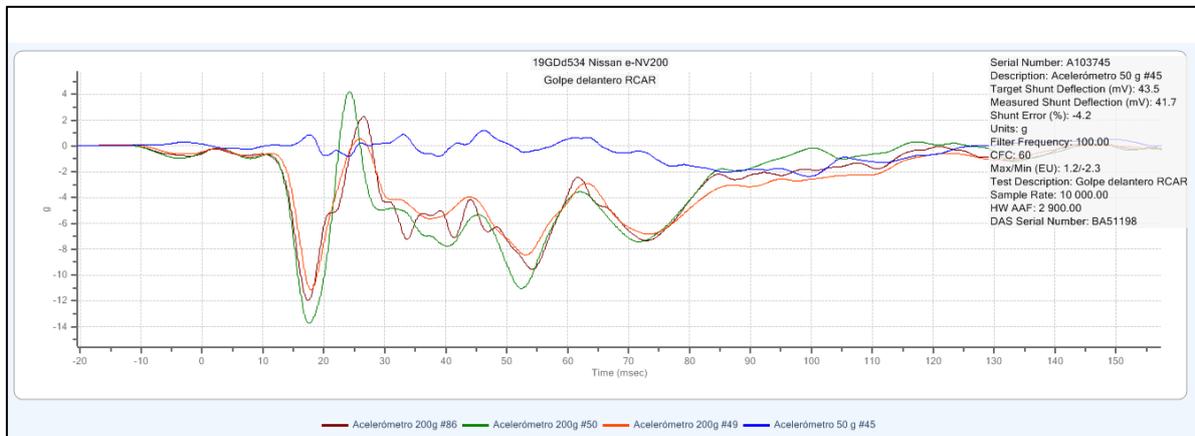


Figura 7.65: Evolución de la Aceleración/Tiempo de los acelerómetros en el impacto delantero. Fuente: Elaboración propia.

De nuevo los acelerómetros estarán situados igual y tendrán el mismo nombre que en la prueba anterior, según la Tabla 7.5.

Según la gráfica de la Figura 7.65 la duración del impacto es aproximadamente de 120 ms, un valor frecuente en este tipo de pruebas, aunque los hay que duran hasta 150 ms. La duración es mayor que en el impacto trasero debido a que al golpearse el vehículo contra el muro rígido hay un pequeño periodo de tiempo en el que únicamente se está produciendo deformación en la superficie delantera debido a la inercia que lleva el vehículo, para después realizar un pequeño rebote en dirección opuesta a la marcha.

Hay que tener en cuenta que cuanto más deformación sufra el automóvil, más duradero será el periodo del impacto. Esta deformación se traduce en una mayor seguridad para los pasajeros, lo que resulta muy conveniente, pero a la vez los costes de reparación van a ser mucho mayores. Las deformaciones y roturas en los automóviles actuales, suelen producirse siempre por zonas diseñadas específicamente para ello, de tal forma que absorban y disipen mucha energía, evitando que llegue al habitáculo de pasajeros.

En nuestro vehículo, se toma como aceptable el tiempo que dura la colisión.

De manera contraria a test anterior, se observa como la **aceleración** que recogen los acelerómetros es **negativa**, debido a que el vehículo circula hacia adelante y en el momento de la colisión, justo cuando empiezan a recoger información los cuatro dispositivos, el vehículo frena de golpe para rebotar en sentido opuesto, descendiendo bruscamente la velocidad. En este caso hubo dos acelerómetros que se dispararon un instante antes, y son el #86 y el #50, debido a su ubicación en la centralita y el pilar B del conductor, respectivamente. Después ya se disparó el #49 situado en el piso próximo al faldón trasero. El valor máximo lo ha recogido el #50, siendo de aproximadamente **14 g**, un valor de nuevo

relativamente bajo en comparación con otros modelos, en los que se llegan a alcanzar las 20 g.

Dato importante que nos muestra la gráfica, es que se ha producido el colapso de algún material, muy posiblemente de las puntas de los larguero y de la travesía frontal, al ser elementos de protección diseñadas para absorber energía. Esto lo vemos en que hay un instante en el que la aceleración pasa de ser negativa a ser positiva, indicando que el daño interno sufrido es mayor y por consiguiente también se transmite más energía al habitáculo. Tras este valor positivo, la aceleración de nuevo desciende por debajo de cero para comenzar una ondulación de signo negativo mostrando una posible de formación continua de material, algo que es muy positivo. En el impacto trasero esto no sucedió debido a la falta de materiales muy rígidos, como las travesías, que pudieran colapsar tras el golpe.

En conclusión, el comportamiento de la Nissan e-NV200 has sido correcto, debido a que el área bajo la curva negativa es muy superior al tramo de curva positiva, indicando una buena disipación de energía por parte de los distintos materiales.

7.5.3.3. Reparación de los daños:

A continuación se describirá de manera breve y visual las principales reparaciones realizadas sobre la Nissan e-NV200.

El proceso de reparación comenzó con el desmontaje de los accesorios y piezas de la zona afectada, especialmente aquellos que resultaron dañados. Una vez extraídos, se aprecia mejor el daño ocasionado y será posible tomar una decisión más adecuada de si será necesario sustituir o reparar.

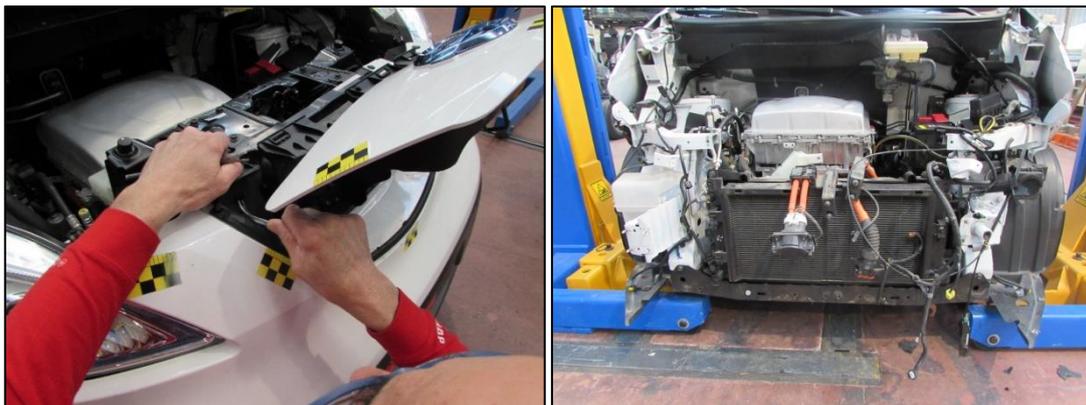


Figura 7.66: Desmontaje del frente delantero.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se mide el chasis con la barra captadora con el objetivo de comprobar si las cotas de diseño del vehículo sufrieron alguna alteración. Se tomarán los mismos puntos que en la medición antes del golpe. El esquema del chasis se puede ver en la Figura 7.11. El resultado fue el siguiente:

Resultados de medida

Punto	Cara	Coordenadas de datos			Coordenadas medidas			Diferencia (D-M)		
		Longitud	Anchura	Altura	Longitud	Anchura	Altura	Longitud	Anchura	Altura
B	I	0	488	254	0	486	254	0	-2	0
B	D	0	488	254	0	486	254	0	-2	0
A	I	1567	410	187	1566	410	187	→ 1	0	0
A	D	1567	410	187	1567	410	187	0	0	0
C	I	2832	557	571	2716	507	563	→ 116	-50	↓ 8
C	D	2837	531	571	2835	558	568	→ 2	27	↓ 3
D	I	2438	473	327	2438	473	327	0	0	0
D	D	2438	491	327	2437	490	326	→ 1	-1	↓ 1

Tabla 7.23: Medidas después de impacto delantero.
Fuente: programa informático Shark.

Se puede observar como el impacto afectó gravemente a la estructura interna, produciendo un descuadre importante de elementos del bastidor interno. El punto "C izquierdo" sufre la mayor variación de todas, un total de 116 mm hacia atrás y se cierra 50 mm. Esta desviación se encuentra en el punto de amarre de la punta del larguero, donde se acopla el "sensor C". Además, también ha bajado su altura 8 mm.

En la derecha, el punto "C derecho" se ha desplazado 2 mm hacia atrás, mientras que la anchura se desvió 27 mm hacia afuera, abriéndose el punto de acople de la punta del larguero izquierda. La altura se ha bajado 3 mm.

Para conseguir corregir esta situación, será necesario desmontar los elementos mecánicos del frente, como el condensador, radiador y ventilador, y meter el vehículo en bancada para realizar una serie de tiros mediante las torres de cadena hasta conseguir cuadrar todos los elementos.

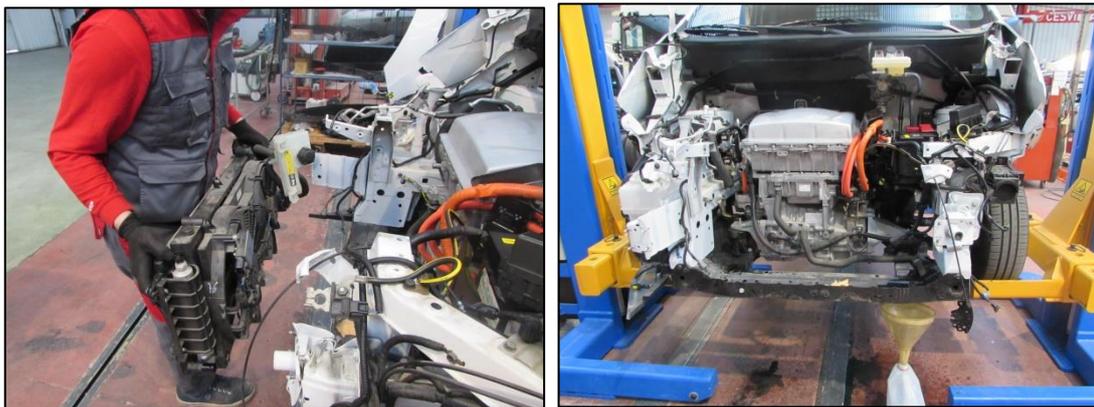


Figura 7.67: Desmontaje de elementos interiores del frente delantero.
Fuente: Elaboración propia.

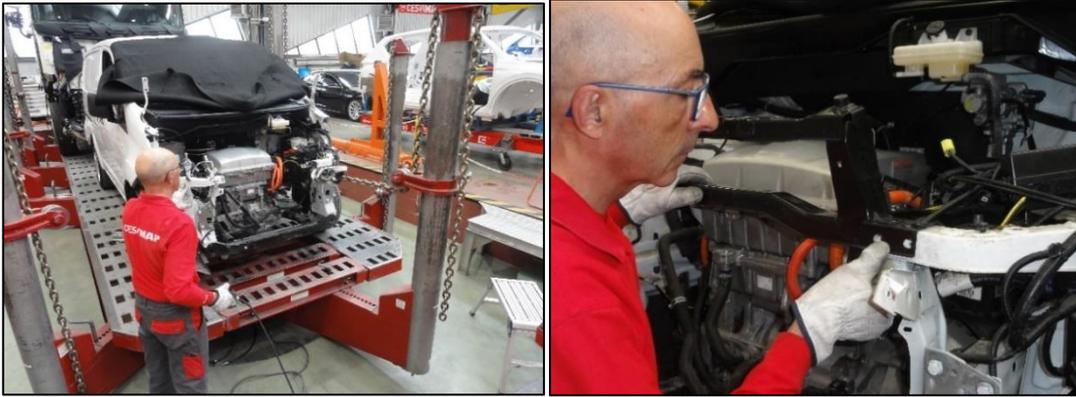


Figura 7.68: Reparación en bancada y ajuste de recambios.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez se han ajustado las medidas, se comienza la sustitución de las piezas dañadas, empleando distintas técnicas de soldadura y conformado. Algunos de los cambios realizados son: soporte del radiador, puntas de los largueros y traviesa frontal.



Figura 7.69: Presentación de las piezas sustituidas.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se inicia la reparación de la aleta izquierda, la cual sufre una deformación leve en la esquina que acopla con el faro. Para ello se conforma mediante tas y martillo. Tras ser ajustada en el vehículo, pasará a ser pintada.



Figura 7.70: Reparación de la aleta izquierda.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se reparará el capó, que debido a la deformación sufrida y el espesor que tiene (0,70mm), no ha sido fácil su reparación. También se sustituirán las bisagras dañadas.



Figura 7.71: Reparación del capó y sustitución de las bisagras.
Fuente: Elaboración propia.

Por último, se acoplarán y ajustarán el resto de piezas, como son el soporte de la cerradura, el soporte de conexión de carga y la tapa, los faros y los paragolpes.



Figura 7.72: Últimos ajustes del frente delantero.
Fuente: Elaboración propia.

Se pasa el vehículo a la zona de pintura donde se pintarán todas las piezas reparadas o sustituidas según las indicaciones del fabricante, consiguiendo un resultado óptimo.



Figura 7.73: Pintado del frente de la Nissan e-NV200.
Fuente: Elaboración propia.

Debido a que en la cámara de pintado se alcanzan temperaturas muy elevadas que supondrían un grave peligro para elementos eléctricos, como la batería, se decidió retirar esta antes del pintado. Los riesgos de introducir la batería en entornos con temperatura elevada están relacionados con la degradación de los elementos químicos de la batería y la reducción de su vida útil. Por eso, una vez haya salido el vehículo del área de pintura, se procederá a montar la batería de tracción junto con el cargador, convertidor y motor eléctrico.



Figura 7.74: Montaje de la batería de alta tensión en la Nissan e-NV200.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, una vez hayan sido conectados todos los elementos eléctricos y mecánicos del vehículo se conecta el conector de servicio de alta tensión, estando el operario con los debidos EPIS, y se realiza la carga de fluidos (refrigerante y aire acondicionado). El resultado final de la reparación es el siguiente:



Figura 7.75: Resultado final de la reparación delantera.
Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.4. Costes de la reparación:

De manera análoga al impacto trasero, se estudiarán los costes de la reparación. De nuevo se emplearán bases de datos del fabricante del vehículo y de Audatex. El objetivo es comparar los costes reales de la reparación con las estimaciones que nos aportan estas bases de datos.

A continuación se exponen los distintos despieces del fabricante, indicando las piezas dañadas y su referencia.

- **Carrocería delantera:**

Nomenclatura despiece	Nombre de la pieza	Referencia Audatex	Sustitución/Reparación
65701	Tapa completa puerto de carga	657014FB1C	Sustitución
65400	Bisagra capó motor	65400BJ00A	Sustitución
65401	Bisagra capó motor	65401BJ00A	Sustitución
296A9M	Emblema fabricante	628904NR0A	Sustitución
65100	Capo motor		Reparación

Tabla 7.24: Recambio Nissan e-NV200 (1).
Fuente: Elaboración propia.

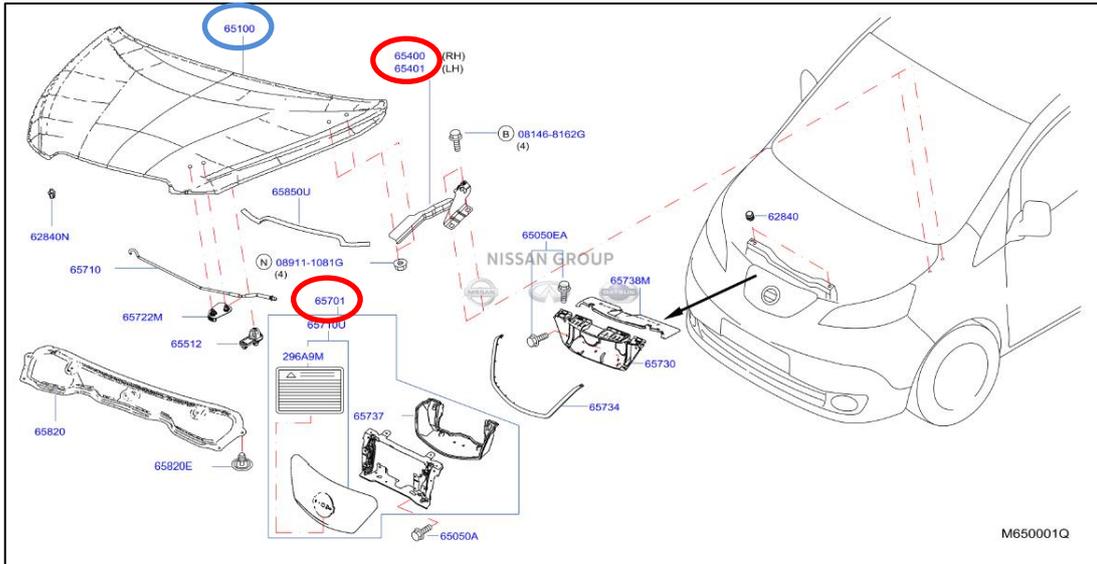


Figura 7.76: Despiece de elementos delanteros (1).
Fuente: Nissan.

Nomenclatura despiece	Nombre de la pieza	Referencia Audatex	Sustitución/Reparación
62026M	Embellecedor inferior	F20264FAMH	Sustitución
62022N	Juego parachoques	F20224FAMH	Sustitución
62090	Absorbedor de energía	620904FA0A	Sustitución
62030M	Armadura parachoques	F20304FAMA	Sustitución
62228	Recubrimiento ojal remolcado	622A04FA0A	Sustitución
62663M	Aislante delantero motor		Reparación

Tabla 7.25: Recambio Nissan e-NV200 (2).
Fuente: Elaboración propia.

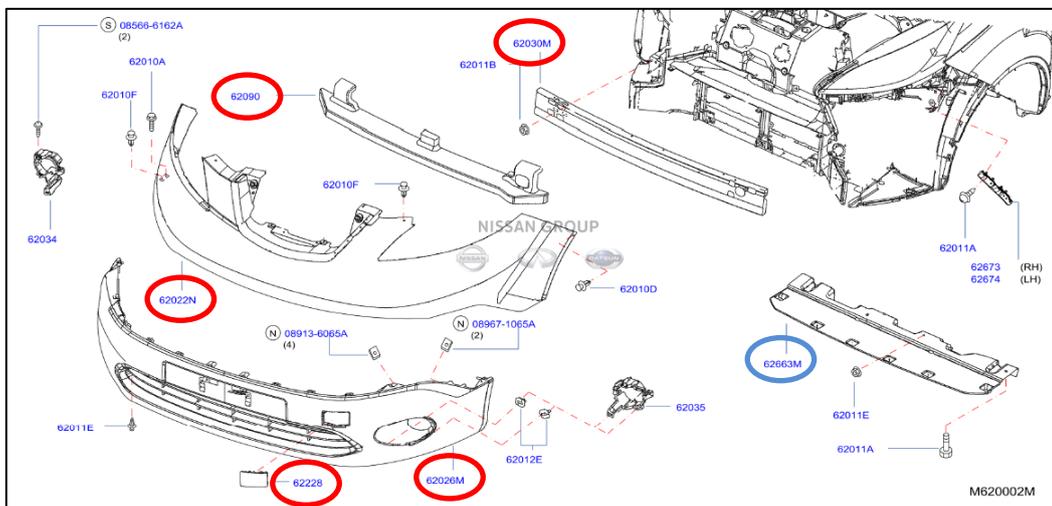


Figura 7.77: Despiece de elementos delanteros (2).
Fuente: Nissan.

Nomenclatura despiece	Nombre de la pieza	Referencia Audatex	Sustitución/Reparación
62523	Soporte núcleo	F25214FAMA	Sustitución
62550Q	Soporte conexión carga		Reparación

Tabla 7.26: Recambio Nissan e-NV200 (3).
Fuente: Elaboración propia.

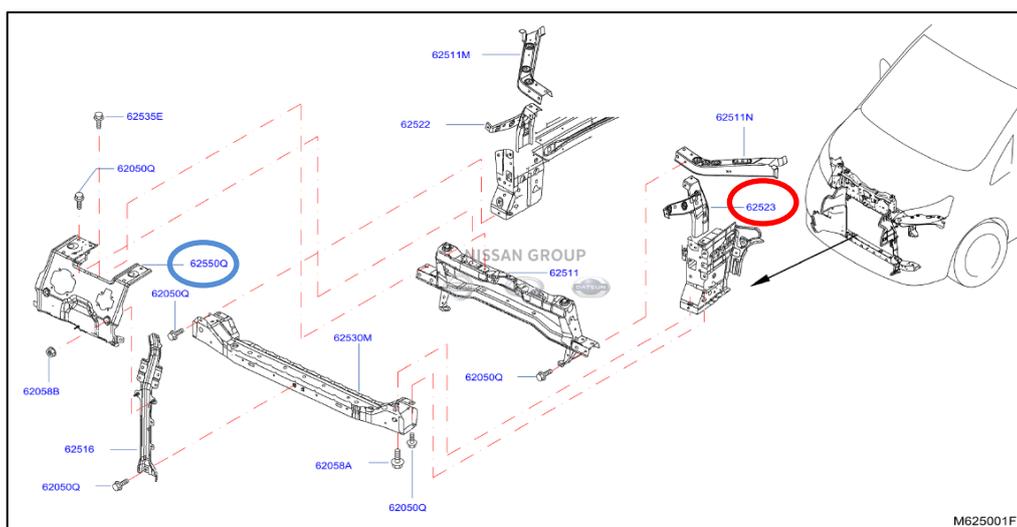


Figura 7.78: Despiece de elementos delanteros (3).
Fuente: Nissan.

Nomenclatura despiece	Nombre de la pieza	Referencia Audatex	Sustitución/Reparación
75114M	Miembro lateral	G51144FAMB	Sustitución
75115M	Miembro lateral	G51154FAMB	Sustitución

Tabla 7.27: Recambio Nissan e-NV200 (4).
Fuente: Elaboración propia.

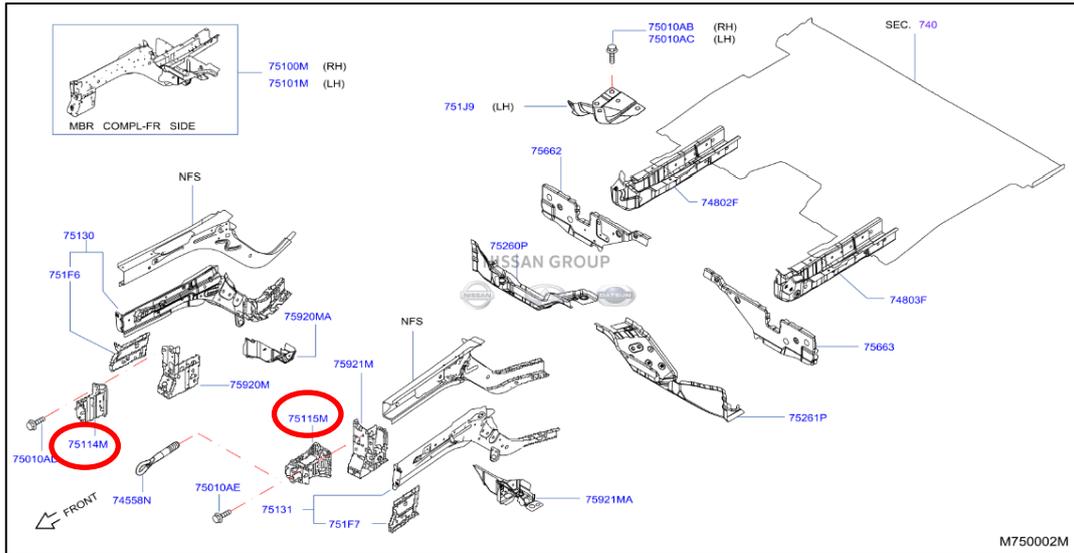


Figura 7.79: Despiece de elementos delanteros (4).
Fuente: Nissan.

Nomenclatura despiece	Nombre de la pieza	Referencia Audatex	Sustitución/Reparación
21559N	Guía de aire lateral	215594FJ0A	Sustitución
21488	Junta radiador	214984FA0A	Sustitución
21488+A	Junta radiador	21499FA0A	Sustitución

Tabla 7.28: Recambio Nissan e-NV200 (5).
Fuente: Elaboración propia.

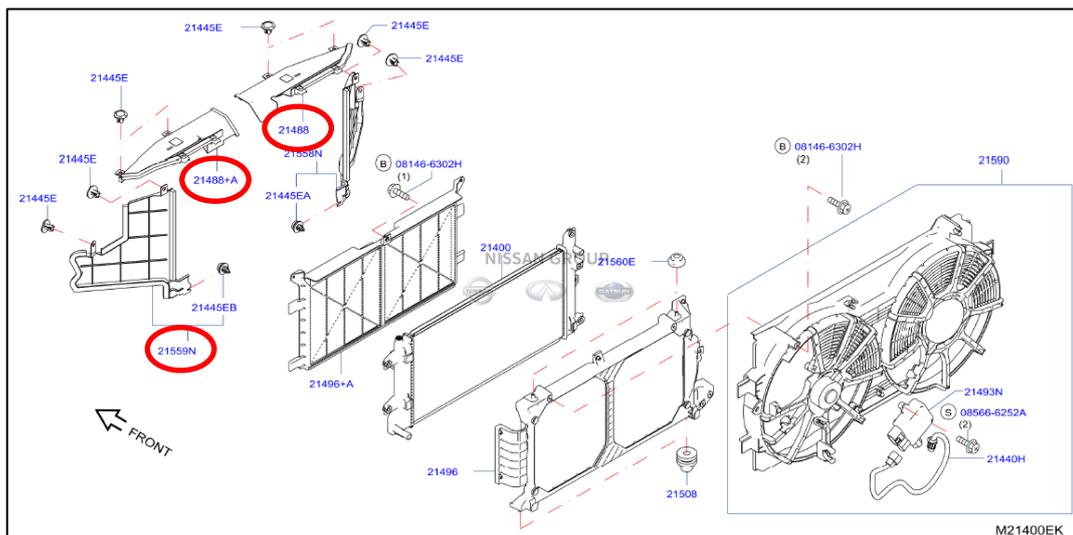


Figura 7.80: Despiece de elementos delanteros (5).
Fuente: Nissan.

Asignando a cada elemento su precio, podemos hacer la **valoración total del recambio** fruto del golpe **delantero**. Los precios han sido obtenidos de la base de datos Audatex y de las facturas reales del fabricante.

GOLPE TRASERO			
Referencia	Pieza	Precio unidad Audatex (€)	Precio unidad real (€)
620904fA0A	Absorbedor de energía	218,69	218,69
F20304FAMA	Armadura parachoques	148,29	148,29
260604FA0A	Faro izquierdo	266,88	266,88
657014FB1C	Tapa completa puerta de carga	721,96	721,96
628904NR0A	Emblema delantero	50,43	50,43
622A04FA0A	Cubierta soporte	13,33	13,33
65401BJ00A	Bisagra izquierda capó motor	31,39	31,39
65400BJ00A	Bisagra derecha capó motor	21,97	21,97
215594FJ0A	Guía aire lateral	49,90	49,90
G51154FAMB	Miembro lateral izquierdo	275,10	275,10
G51144FAMA	Miembro lateral derecho	232,05	232,05
155309321	Pinza (10)	25,00	25,00
F20224FAMH	Juego parachoques	286,97	286,97
F20264FAMH	Embellecedor inferior	149,35	149,35
214984FA0A	Junta radiador	33,63	33,63
214994FA0A	Junta radiador	33,63	33,63
657304FA1A	Soporte conexión de carga	88,86	88,86
F25214FAMA	Soporte núcleo derecho	94,75	94,75
COSTE TOTAL EN PIEZAS:		2.742,18	2.742,18

Tabla 7.29: Coste total de las piezas de recambio delantero.
Fuente: Elaboración propia.

En este caso se observa como los dos resultados de costes coinciden. A continuación se hace el cálculo del coste total de los materiales de pintura. Este coste es de 105,63 €. El coste de pintura es el mismo en la valoración de Audatex que establecida por el operario, ya que en ambos casos se trabaja con el *Baremo de Pintura CESVIMAP*.

COSTE TOTAL MATERIAL DE PINTURA:	105,63 €
---	-----------------

Tabla 7.30: Coste total material de pintura delantero.
Fuente: Elaboración propia.

Por último, hay que tener en cuenta el coste de Mano de Obra de los operarios del taller (chapistas, mecánicos y pintores). Como se indicó anteriormente, Audatex recoge los tiempos de Mano de Obra que son indicados por el fabricante, en función del tipo de reparación o sustitución que se deba hacer, pero no siempre están ajustados al tiempo real invertido por el operario. En la siguiente tabla se recoge el tiempo y coste de la mano de obra total.

	REAL	ESTIMADO (Audatex)
Nº total de horas M.O:	15,33	20
Coste total (€):	702,72	916,8

Tabla 7.31: Comparación coste real-coste estimado, impacto delantero.

Fuente: Elaboración propia.

El tiempo invertido en cada operación de trabajo, ha sido recogida mediante un sistema de fichaje por parte del operario. En la tabla se puede observar que existe una diferencia importante de coste entre el trabajo real y la valoración dada por Audatex. Esto es una muestra de la importancia que tiene realizar este tipo de ensayos para las compañías de seguros. Tras el informe de valoración de daños de Audatex que está a continuación, se encuentra el desglose de costes en la Tabla 7.33.



CESVIMAP					
Centro de Experimentación y Seguridad Vial Mapfre					
C/ Jorge Ruiz de Santayana, 18					
05004 Avila (España)					
Tlf: 920 630 000 Fax: 920 630 051		NR NISSAN-ENV		20/05/2018	
e-mail: cesvimap@cesvimap.com					
REFERENCIA NISSAN E-NV DELANT C					
NR CHASIS	NISSAN VSKYAAME0U0510080	E-NV200 (ME0M) MATRIC. ABJ	PROFESIONAL	CÓDIGO TIPO	Z8B23
CARACT.	AIRE ACONDICIONADO FAROS ANTINEBLA REVIS.PISO CARGA LAR ELECTRICO 80KW AIRBAG ACOMPAÑANTE TRANSPORTER	ELEVALUNAS DEL.ELEC. FAROS LUZ DIURNA PARED DIVISOR.MALET. TOMA CARGA RAPIDA REGULADOR VELOCIDAD PUER.CORR.I.SIN CRIS	SISTEMA NAVEGACION SENSOR DE LLUVIA ARRANQUE SIN LLAVE CAMBIO AUTOMATICO CONTROL ESTABILIDAD PUER.CORR.D.SIN CRIS		
PIEZAS SUSTITUIDAS					
			FECHA TARIFA	01/08/2018	
POS. D.B.	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CANTIDAD	DTO	PRECIO
0281	PARAGOLPES DL.	F2022 4FAMH	1,00		286,97
0283	PARAGOLPES DL.INF.	F2026 4FAMH	1,00		149,35
0299	RECUBRIM.OJAL REMOL.	622A0 4FA0A	1,00		13,33
0333	AMORTIG.PARAGOLP.DL.	62090 4FA0A	1,00		218,69
0340	REF.PARAGOLPES DL.	F2030 4FAMA	1,00		148,29
0410	TAPA CONEXION CARGA	65701 4FA2C	1,00		721,96 L
0413	SOP.CONEXION CARGA	65730 4FA1A	1,00		88,86
0431	EMBLEMA DE REJILLA	62890 4NR0A	1,00		50,43
0475	BISAGRA I.CAPO MOTOR	65401 BJ00A	1,00		31,39
0476	BISAGRA D.CAPO MOTOR	65400 BJ00A	1,00		21,97
0561	FARO I.CPL.	28080 4FA0A	1,00		268,88
1003	DEFLECTOR DL.CEN.I.	21498 4FA0A	1,00		33,63
1004	DEFLEC.AIRE DL.CEN.D	21499 4FA0A	1,00		33,63
1023	SOP.I.RADIADOR	F2521 4FAMA	1,00		94,75
1307	PUNTA LARGUERO DL.I.	G5115 4FAMB	1,00		275,10
1308	PUNTA LARGUERO DL.D.	G5114 4FAMA	1,00		232,05
1000	PINZA	0155309321	1,00		25,00 *
1000	GUIA AIRE LATERAL	215504FJ0A	1,00		49,90 *
TOTAL PIEZAS					2.742,18
L: Esta pieza puede cambiar su referencia y precio dependiendo del color suministrado.					
M.O. CHAPA/MECÁNICA 10 UT = 1 HORA PRECIO = 45,84 Euros/HORA					
NR. OPERACIÓN	DESGLOSE MANO DE OBRA	UT	IMPORTE		
POS. D.B.			TRABAJO		
SN	TIEMPO PREPARACION UNICO	5	22,92		
SN	VEHICULO SOBRE BANCADA EN SUELO: ANCLAR	10	45,84		
SN	DAQOS VEHICULO: DIAGNOSTICAR EN BANCADA	5	22,92		
SN	GEOMETRIA EJE DL.: VERIFICAR ALINEACION	4	18,34		
SN	GEOMETRIA EJE TR.: VERIFICAR	3	13,75		
1792A3	CHAPA CIERRE DEL LARGUERO DEL I.:SUSTIT.	10	45,84		

CESVIMAP					
Centro de Experimentación y Seguridad Vial Mapfre					
C/ Jorge Rutz de Santayana, 18					
05004 Avila (España)					
Tel: 920 29 60 00 Fax: 920 29 60 45					
e-mail: cesvimap@cesvimap.com					
			NR NISSAN-ENV	20/05/2019	
NR. OPERACIÓN	DESGLOSE	MANO DE OBRA	UT	IMPORTE	
POS. D.B.				TRABAJO	
1793A3	CHAPA CIERRE DEL LARGUERO DEL D.:SUSTIT.		10	45,84	
1440A3	TRAVESCQO DL.SUP.: DES-MONTAR		13	59,59	
	INCL.: DES-MON.PARAGOLPES DL.CPL., AMBOS				
	FAROS Y COMPONENTES NECESARIOS				
	REGULAR FAROS				
1420A3)	TRAVESCQO DL.INF.: DES-MONTAR		4	18,34	
SN	SOP.I.RADIADOR: DES-MONTAR		8	36,67	
2830A3	ALETA DL.I.: DES-MONTAR		7	32,09	
	(PARAGOLPES DL.DESMONTADO)				
	INCL.: DES-MONTAR CONCHA PASE RUEDA,FARO				
	Y COMPONENTES NECESARIOS				
2831A3	ALETA DL.D.: DES-MONTAR		7	32,09	
	(PARAGOLPES DL.DESMONTADO)				
	INCL.: DES-MON.CONCHA PASE RUEDA, FARO				
	Y COMPONENTES NECESARIOS				
2225A3	TAPA CONEXION CARGA: DES-MONTAR		1	4,58	
1010A3	PARAGOLPES DL.CPL.: SUSTITUIR		4	18,34	
	(PARAGOLPES DL.CPL.DESMONTADO)				
	INCL.: DES-MONTAR COMPONENTES NECESARIOS				
	O, SI PROCEDE, SUSTITUIR				
1350A3	FARO I.(DESMONTADO): SUSTITUIR		1	4,58	
2870A3	CAPO MOTOR: DES-/MONTAR		4	18,34	
1310A3	BISAGRA I.CAPO MOTOR: DES-MONTAR		1	4,58	
1311A3	BISAGRA D.CAPO MOTOR: DES-MONTAR		1	4,58	
CD10A1)	RADIADOR: DES-MONTAR		7	32,09	
7524A1)	CONDENSADOR CPL.: DES-MONTAR		6	27,50	
752813	CIRCUITO AIRE ACOND.: VACIAR-LLENAR		6	27,50	
I 0471	CAPO MOTOR	REPARAR	27 *	123,77	
I 0741	ALETA DL.I.	REPARAR	4 *	18,34	
I 0841	CONCHA PASE RUE DL.I	REPARAR	3 *	13,75	
I 1009	SOP.CONEXION CARGA	REPARAR	2 *	9,17	
I 8780	AISLANTE DL.MOTOR	REPARAR	3 *	13,75	
TOTAL M.O. CHMEC.			156,00 UT	715,11	
PINTURA CESVIMAP(NUEVAS TECNOLOGIAS) MONOCAPA					
POS. D.B.	DESCRIPCIÓN		NV DTO.	UT	MATERIAL
LE 0340	REF.PARAGOLPES DL.	PINTURA SUSTITUCION			
LI 0471	CAPO MOTOR	PINTURA DAÑO MEDIO			
L 0741	ALETA DL.I.	PINTURA DAÑO LEVE			
L 0742	ALETA DL.D.	PINTURA DAÑO LEVE			
PINTURA PIEZAS DE PLASTICO CESVIMAP (N MONOCAPA)					
LE 0281	PARAGOLPES DL.	PINT. SUST IMPRIMADO	CC		
LE 0410	TAPA CONEXION CARGA	PINT. SUST IMPRIMADO	CC		
RESUMEN M.O. PINTURA TIEMPO BASE 10 UT = 1 HORA					
PRECIO = 45,84 Euros/HORA					
TIEMPO M.O.				UT	IMPORTE
				27,30	125,14

CESVIMAP		Centro de Experimentación y Seguridad Vial Mapfre C/ Jorge Ruiz de Santayana, 18 05004 Avila (España) Tel: 920 296 300 Fax: 920 296 305 e-mail: cesvimap@cesvimap.com		NR NISSAN-ENV	20/05/2019
				UT	IMPORTE
	TIEMPO PREPARACION			16,70	76,55
	TOTAL M.O. PINTURA			44	201,69
	RESUMEN MATERIALES PINTURA				PRECIO
	MATERIALES				98,77
	CONSTANTE MATERIAL				6,86
	TOTAL MATERIALES				105,63

CESVIMAP		Centro de Experimentación y Seguridad Vial Mapfre C/ Jorge Ruiz de Santayana, 18 05004 Avila (España) Tel: 920 296 300 Fax: 920 296 305 e-mail: cesvimap@cesvimap.com		NR NISSAN-ENV	20/05/2019
RESUMEN FINAL				Euros	Euros
REPUESTOS				2.742,18	
TOTAL MATERIALES					2.742,18
M.O. CHAPA/MECÁNICA	TIEMPO BASE				
CARROCERÍA	149 UT X	45,84	Euros/H		
IMPORTE				683,02	
ALINEACION	7 UT X	45,84	Euros/H	32,09	
TOTAL M.O. CHAPA/MECÁNICA					715,11
PINTURA					
IMPORTE M.O.				201,69	
MATERIAL DE PINTURA				105,63	
TOTAL PINTURA					307,32
SUMA TOTAL				SIN IVA	Euros 3.764,61
				21 % IVA	Euros 790,57
SUMA TOTAL				CON IVA	Euros 4.555,18
SUMA TOTAL					4.555,18
				Conversión a Pts	757.918

Figura 7.81: Informe peritación Audatex impacto delantero.

Fuente: Audatex.

- Resumen final de costes estimados del Crash Test delantero:

Costes de materiales	
Carrocería	2.742,18 €
Pintura	105,63 €
Coste total:	2.847,81 €

Coste de Mano de Obra		
Carrocería	14,9 h	683,02 €
Mecánica	0,70 h	32,09 €
Pintura	4,4 h	201,69 €
Coste total:		916,8€

TOTAL VALORACION	
Materiales	2.847,81 €
Mano de obra	916,8 €
Coste total sin IVA	3.764,61 €
Coste total con IVA (21%)	4.555,18 €

Tabla 7.32: Resumen desglosado de costes estimados Cras Test delantero. Fuente: Elaboración propia.

- **Resumen final de costes reales del Crash Test delantero:**

Costes de materiales	
Carrocería	2.742,18 €
Pintura	105,63 €
Coste total:	2.847,81 €

Coste de Mano de Obra		
Carrocería	8,27 h	379,09 €
Mecánica	2,66 h	121,93 €
Pintura	4,4 h	201,69 €
Coste total:		702,72 €

TOTAL VALORACION	
Materiales	2.847,81 €
Mano de obra	702,72 €
Coste total sin IVA	3.550,53 €
Coste total con IVA (21%)	4.296,14 €

Tabla 7.33: Resumen desglosado de costes reales Crash Test delantero. Fuente: Elaboración propia.

En este caso, al contrario que en el impacto trasero, el resultado que ha proporcionado Audatex está sobrevalorado, es decir, la valoración excede un **5,69%** los costes reales obtenidos. Pese a esto, se trata de un dato muy fiable y es recomendable emplear este tipo de herramientas para la realización de valoraciones previas.

Por último se ha hecho una comparación entre vehículos de características similares, de algunas de las piezas que suelen sufrir más daños en este tipo de colisiones y su coste. En la siguiente tabla se puede observar que en el caso de los daños delanteros llama especial atención por su elevado coste la tapa de conexión de carga. Este elemento en el resto de furgones eléctricos se encuentra situado a un lateral, y tienen por lo general un tamaño más reducido. En la Nissan e-NV200, al estar situado en la parte frontal es muy propenso a sufrir daños ante cualquier colisión frontal o frontolateral, lo que encarecerá los costes de reparación de este modelo.

CUADRO COMPARATIVO DE RECAMBIOS						
Piezas delanteras	Nissan e-NV200	Renault Kangoo Z.E.	Citroën Berlingo Electric	Peugeot Partner Electric	PROMEDIO	% SOBRE PROMEDIO
Capó motor	323,28	350,87	337,84	337,84	337,46	-4,20
Paragolpes delantero superior	286,97	298,83	369,69	369,69	331,30	-13,38
Paragolpes delantero	149,35	134,25	184,35	186,55	163,63	-8,72
Absorbedor de paragolpes	218,69		55,69	55,69	110,02	98,77
Traviesa delantera	148,29	130,17	173,89	173,89	156,56	-5,28
Tapa conexión de carga	721,96	152,96	43,19	43,19	240,33	200,41
Aleta delantera	184,78	165,36	168,67	168,67	171,87	7,51
Faro	266,88	198,53	253,63	260,1	244,79	9,03
Total	2300,2	1430,97	1586,95	1595,62	1728,44	33,08

Tabla 7.34: Comparación de costes piezas delanteras entre distintos vehículos.
Fuente: Elaboración propia.

7.6. PRUEBAS DINÁMICAS CON LA NISSAN e-NV200

Durante el proyecto de investigación de vehículos eléctricos, en CESVIMAP se realizaron una serie de pruebas dinámicas con la Nissan e-NV200, para contrastar con la mayor precisión posible los datos ofrecidos por el fabricante sobre consumo, autonomía y prestaciones, con los que se pueden obtener realmente de este modelo.

Esta Nissan e-NV200 tiene 24 KW/h de almacenamiento de la batería y un consumo eléctrico de 165 Wh/km con una autonomía declarada de 170 km ciclo NEDC (*New European Driving Cycle*). Posee un motor síncrono de corriente alterna de 80 kW (109 CV)

de potencia, con 254 Nm de par motor que puede alcanzar una velocidad máxima de 123 km/h.

Para la recarga de la batería cuenta con una tapa de conexiones en la parte frontal, donde se encuentran alojado los dos puertos de carga. A la izquierda CHAdeMO, para recarga rápida en corriente continua a 50 kW de potencia, y a la derecha para recarga normal en corriente alterna hasta 6,6 kW y 32 A con un conector Tipo 1 Yazaki.

Con estas características, se han realizado diferentes recorridos con el vehículo tanto por ciudad como por carretera, y se han utilizado los diferentes modos de conducción: Normal o D, modo ECO y modo B. Este último permite generar más corriente mediante un incremento de la intensidad del frenado regenerativo. Además, se ha probado la influencia que tiene sobre la autonomía el hecho de que el vehículo esté transportando una carga pesada, realizando pruebas cargado y descargado.



Figura 7.82: Palanca de cambios Nissan e-NV200.
Fuente: CESVIMAP.

Para las pruebas realizadas se ha tenido en cuenta que la mayoría de los conductores de reparto recorren entre 65 y 130 kilómetros al día, una distancia para la que la Nissan e-NV200 es ideal.

7.6.1. Recorrido urbano:

Teóricamente, la circulación urbana es la que resulta más adecuada para los vehículos eléctricos, debido a las múltiples paradas y frenadas que hay que realizar durante la marcha. Según la autonomía de 170 km indicada por el fabricante, deberían de ser suficientes para realizar estas pruebas de manera satisfactoria.



Figura 7.83: Recorrido de la prueba de circulación urbana.

Fuente: Elaboración propia.

- **Prueba de circulación urbana con vehículo descargado. Modo de conducción D.**

Las condiciones de la prueba han sido una temperatura ambiente de 18,5 °C, un solo ocupante, vehículo sin carga y con una autonomía de partida de 138 km que representa un 100% de carga de batería.

Tras realizar un recorrido de 82,5 km por las calles de Ávila, respetando en todo momento la velocidad señalada por la vía y habiendo realizado una simulación de reparto con 22 paradas, regresamos a CESVIMAP con una carga final de batería de 43 % lo que ha generado un consumo medio de 13,4 kWh. El cuadro de mandos nos indica que tendríamos aproximadamente para recorrer 60 km hasta agotar la batería, por lo que si sumamos la distancia realizada y la autonomía restante tendríamos una autonomía real de 142,5 km, lo que representa un 16 % menos de autonomía de lo que especifica el fabricante.

Sin carga en conducción Normal D	
-	Carga inicial batería: 100 %
-	Autonomía inicial estimada: 138 Km
-	Distancia recorrida: 82,5 Km
-	Tiempo transcurrido: 198 minutos
-	Velocidad media: 24,9 Km/h
-	Consumo de energía: 13,4 kWh/100 km
-	Electricidad regenerada: 8,6 kWh un 55 %
-	Carga final de la batería: 43 %
-	Autonomía <i>estimada restante</i> : 60 Km

Tabla 7.35: Resumen circulación urbana sin carga modo D.

Fuente: Elaboración propia.

- **Prueba de circulación urbana con vehículo cargado con 500 kg. Modo de conducción D.**

Realizamos la misma prueba en las mismas condiciones, pero en esta ocasión con el vehículo cargado con 500 kg. Observamos que regresamos con 27 % de carga, lo que representa que solo tendríamos para recorrer 34 km hasta agotar la totalidad de la batería.

Con estas cifras se puede ver como con carga de 500 kg, la batería de la Nissan e-NV200 desciende aproximadamente un 15,2 % perdiendo unos 26 km de autonomía. Además el consumo de energía ha sido mayor, pasando a ser de 16 kWh, siendo provocado esto por el peso añadido al vehículo. Otro dato de interés, es que también ha aumentado la electricidad generada durante la marcha, pasando de 8,6 a 11,5 kWh.

Con carga en conducción Normal D	
-	Carga inicial batería: 100 %
-	Autonomía inicial estimada: 136 Km
-	Distancia recorrida: 81,6 Km
-	Tiempo transcurrido: 174 minutos
-	Velocidad media: 27,6 Km/h
-	Consumo de energía: 16 kWh/100 km
-	Electricidad regenerada: 11,5 kWh un 55 %
-	Carga final de la batería: 27 %
-	Autonomía estimada restante: 34 Km

Tabla 7.36: Resumen circulación urbana con carga modo D.
Fuente: Elaboración propia.

- **Prueba de circulación urbana con vehículo descargado. Modo de conducción ECO.**

Si realizamos las pruebas anteriores en modo ECO para conseguir una máxima eficiencia de la carga de la batería, obtenemos un valor mayor de autonomía. Para la prueba en ciudad, al pulsar el botón ECO el sistema eléctrico nos aporta 148 km de autonomía, 10 km más que en el caso anterior, aunque al finalizar la prueba se observa una autonomía estimada restante de 59 km, dato similar a la anterior prueba.

Sin carga en conducción ECO	
-	Carga inicial batería: 100 %
-	Autonomía inicial estimada: 148 Km
-	Distancia recorrida: 81,6 Km
-	Tiempo transcurrido: 204 minutos
-	Velocidad media: 23,8 Km/h
-	Consumo de energía: 13,3 kWh/100 km
-	Electricidad regenerada: 8,6 kWh un 55 %
-	Carga final de la batería: 42 %
-	Autonomía estimada restante: 59 Km

Tabla 7.37: Resumen circulación urbana sin carga modo ECO.
Fuente: Elaboración propia.

- **Prueba de circulación urbana con vehículo cargado con 500 kg. Modo de conducción ECO.**

Tras lastrar el vehículo, los datos obtenidos más relevantes son que el consumo de energía aumenta de 13,3 a 14,3 kWh; la electricidad regenerada durante la marcha aumenta un 2,3% respecto a la prueba anterior, y la carga final de la batería pasa a ser del 36% con lo que se han reducido 10 km.

Con carga en conducción ECO	
-	Carga inicial batería: 100 %
-	Autonomía inicial estimada: 131 Km
-	Distancia recorrida: 80,6 Km
-	Tiempo transcurrido: 176 minutos
-	Velocidad media: 27,3 Km/h
-	Consumo de energía: 14,3 kWh/100 km
-	Electricidad regenerada: 10,9 kWh un 57 %
-	Carga final de la batería: 36 %
-	Autonomía estimada restante: 49 Km

Tabla 7.38: Resumen circulación urbana con carga modo ECO.
Fuente: Elaboración propia.

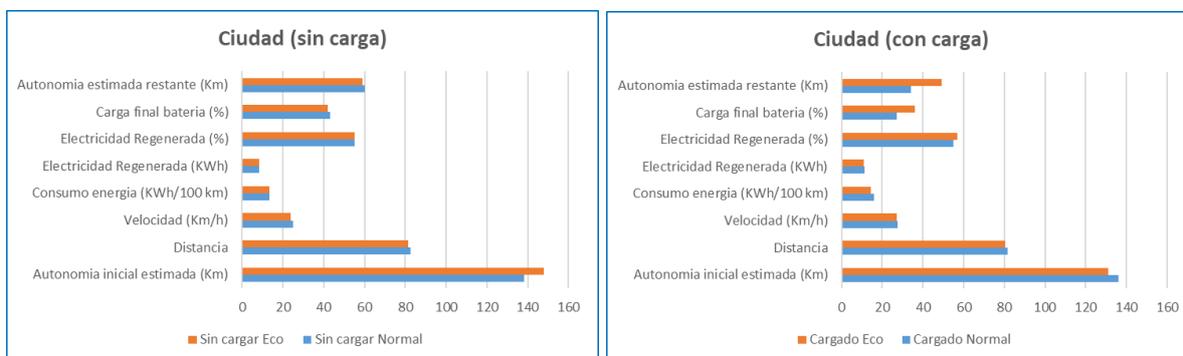


Figura 7.84: Comparación de datos obtenidos en la prueba en ciudad.
Fuente: Elaboración propia.

7.6.2. Circulación en carretera:

Para estas pruebas se escogió una carretera nacional limitada a 90 km/h, un solo ocupante y, temperatura ambiente de 16 °C. La reducida potencia del motor (80 kW) y de la capacidad de la batería (24 kWh) evidencian el limitado uso de la Nissan e-NV200 en carretera.

El recorrido de 47,1 km, presenta un perfil topográfico que va desde los 625 m a los 1.075 m de altitud, con largas rectas en las que predominan desniveles idóneos para la regeneración y con un puerto de montaña de 1.416 metros de altitud.

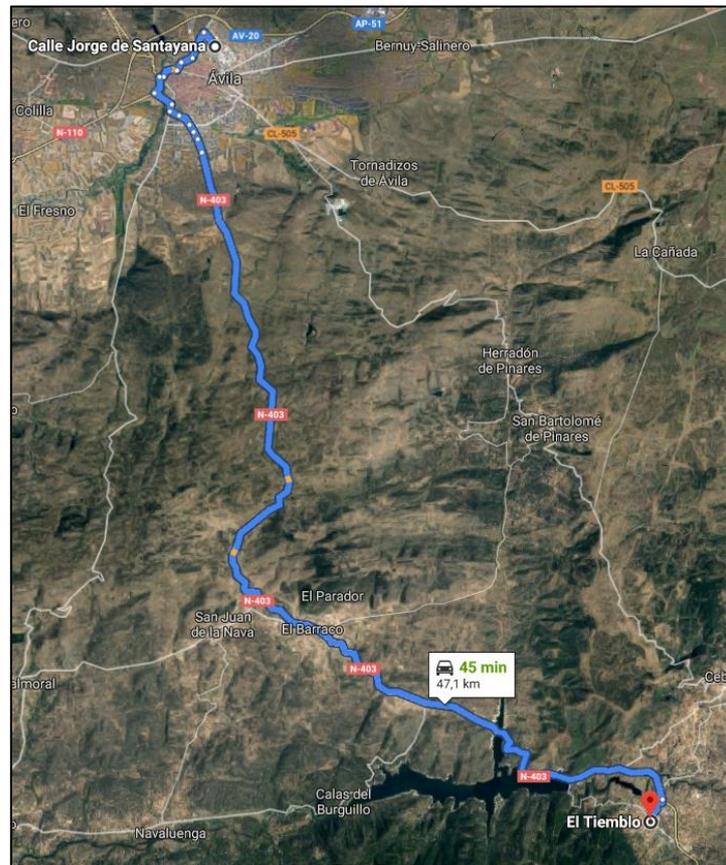


Figura 7.85: Recorrido de la prueba de circulación interurbana.
Fuente: Google Maps.

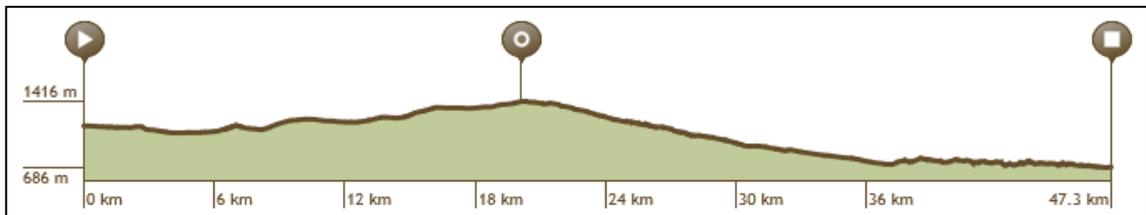


Figura 7.86: Perfil topográfico recorrido interurbano.
Fuente: Google Maps.

- **Prueba de circulación en carretera con vehículo descargado. Modo de conducción D.**

Se lograron recorrer 95,9 km, distancia total ida y vuelta, a una velocidad media de 50,6 km/h. La autonomía restante fue de 28 km, por lo que el total de kilómetros que podríamos realizar es de aproximadamente 124. Este valor dista mucho de los 170 que indica el fabricante.

Durante la conducción, se llega a tener cierto grado de incertidumbre ya que cuando estás realizando subidas con pendientes pronunciadas durante cierto tiempo, la autonomía del vehículo desciende rápidamente. Sin embargo, cuando las subidas cesan y el trayecto se

vuelve más llano o con pendientes favorables, el vehículo comienza a regenerar energía lo suficiente como para lograr el destino deseado.

Sin carga en conducción Normal D	
-	Carga inicial batería: 100 %
-	Autonomía inicial estimada: 130 Km
-	Distancia recorrida: 95,9 Km
-	Tiempo transcurrido: 113 minutos
-	Velocidad media: 50,6 Km/h
-	Consumo de energía: 14,9 kWh/100 km
-	Electricidad regenerada: 5,2 kWh un 30 %
-	Carga final de la batería: 19 %
-	Autonomía estimada restante: 28 Km

Tabla 7.39: Resumen circulación en carretera sin carga modo D.
Fuente: Elaboración propia.

- **Prueba de circulación urbana con vehículo cargado con 500 kg. Modo de conducción D.**

En el mismo recorrido pero esta vez el vehículo lastrado con una carga de 500 kg, comprobamos como el consumo ha aumentado en un 1,3% y también lo ha hecho la energía regenerada desde los 5,2 a los 5,7 kWh. Inicialmente se disponía de 144 km, 14 km más que antes, y la autonomía restante al final de la prueba ha sido de 34 km.

Con carga en conducción Normal D	
-	Carga inicial batería: 100 %
-	Autonomía inicial estimada: 144 Km
-	Distancia recorrida: 95,1 Km
-	Tiempo transcurrido: 111 minutos
-	Velocidad media: 51,1 Km/h
-	Consumo de energía: 16,2 kWh/100 km
-	Electricidad regenerada: 5,7 kWh un 31 %
-	Carga final de la batería: 24 %
-	Autonomía estimada restante: 34 Km

Tabla 7.40: Resumen circulación en carretera con carga modo D.
Fuente: Elaboración propia.

- **Prueba de circulación en carretera con vehículo descargado. Modo de conducción B.**

Esta posición de la palanca es la que más regeneración de electricidad ofrece durante la marcha. Realizando la prueba en las mismas condiciones, se obtuvo una carga final del 29% y 43 km de autonomía restante, lo que representa poder hacer unos 15 km más que en la posición D. Este aumento en la regeneración de carga es debido a que el vehículo retiene mucho más que antes si se levanta el pie del acelerador, comportándose a su vez como un freno motor en los vehículos de combustión. De esta forma, si se emplea en pendientes favorables de manera adecuada, puede suponer un ahorro en desgaste de frenos.

Sin carga en conducción B	
-	Carga inicial batería: 100 %
-	Autonomía inicial estimada: 129 Km
-	Distancia recorrida: 96 Km
-	Tiempo transcurrido: 118 minutos
-	Velocidad media: 48,4 Km/h
-	Consumo de energía: 13,9 kWh/100 km
-	Electricidad regenerada: 5,3 kWh un 33 %
-	Carga final de la batería: 29 %
-	Autonomía estimada restante: 43 Km

Tabla 7.41: Resumen circulación en carretera sin carga modo B.
Fuente: Elaboración propia.

- **Prueba de circulación urbana con vehículo cargado con 500 kg. Modo de conducción B.**

Esta vez, la carga final descendió hasta el 25% y 39 km de autonomía restante. Un valor pequeño teniendo en cuenta que se ha cargado al vehículo con 500 kg.

Con carga en conducción B	
-	Carga inicial batería: 100 %
-	Autonomía inicial estimada: 128 Km
-	Distancia recorrida: 95,1 Km
-	Tiempo transcurrido: 114 minutos
-	Velocidad media: 49,8 Km/h
-	Consumo de energía: 15,9 kWh/100 km
-	Electricidad regenerada: 7,1 kWh un 37 %
-	Carga final de la batería: 25 %
-	Autonomía estimada restante: 39 Km

Tabla 7.42: Resumen circulación en carretera con carga modo B.
Fuente: Elaboración propia.

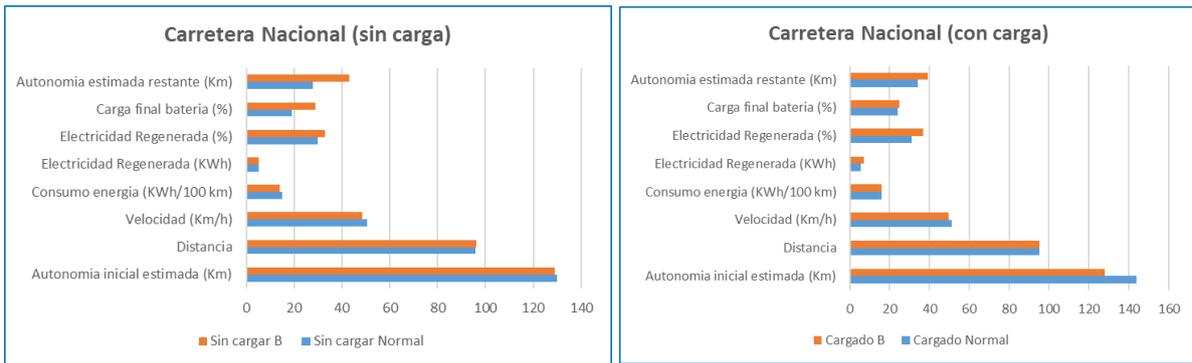


Figura 7.87: Comparación de datos obtenidos en la prueba en carretera.
Fuente: Elaboración propia.

7.6.3. Circulación Mixta:

Para esta prueba se eligieron dos recorridos distintos, uno que va desde Cesvimap Ávila a Gemuño pasando por el Fresno (localidades de Ávila) y otro que va desde CESVIMAP Ávila, al Polígono Industrial de Vicolozano (Ávila). En ambos recorridos, se intentaron conjugar dos situaciones habitualmente corrientes para muchos transportistas, un ciclo previo de circulación en ciudad con un posterior desplazamiento extraurbano, para regresar nuevamente al punto de partida.

La prueba se efectuó con un solo ocupante, la palanca de cambios en la posición normal D y una temperatura de 22° C sin aire acondicionado.

En el primer trayecto, la distancia recorrida es aproximadamente de 16,5 km de ida y otros 16,5 km de vuelta, lo que nos ha llevado un tiempo total de 51 minutos.

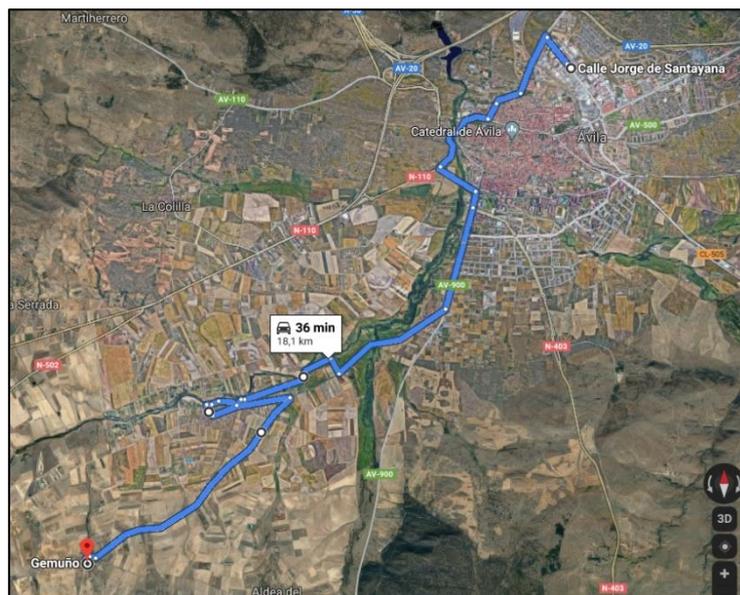


Figura 7.88: Recorrido 1 de la prueba de circulación mixta.
Fuente: Google Maps.

En el segundo trayecto, se ha recorrido una distancia total de 18,6 km (ida y vuelta), llevándonos un tiempo de 30 minutos.

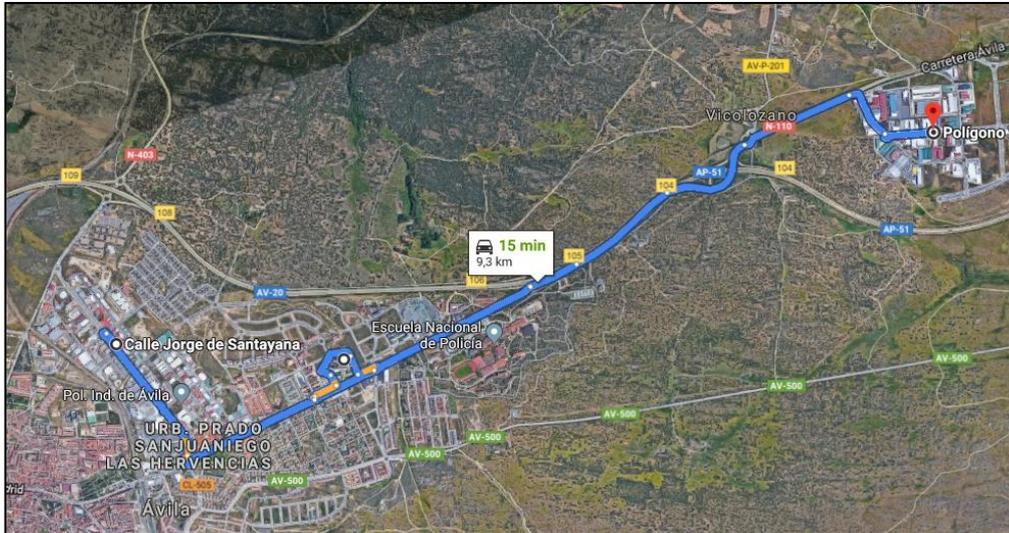


Figura 7.89: Recorrido 2 de la prueba de circulación mixta.

Fuente: Google Maps.

- **Prueba de circulación mixta con vehículo descargado. Modo de conducción D.**

Manteniendo velocidades legales tanto en ciudad como en carretera, se lograron recorrer un total de 50,6 km (ida/vuelta en los dos recorridos) en un tiempo de 1 hora y 21 minutos, restando una autonomía de 99 km y una carga final del 66 % de la batería.

Sin carga en conducción Normal D	
-	Carga inicial batería: 100 %
-	Autonomía inicial estimada: 143 Km
-	Distancia recorrida: 50,6 Km
-	Tiempo transcurrido: 81 minutos
-	Velocidad media: 37,4 Km/h
-	Consumo de energía: 14 kWh/100 km
-	Electricidad regenerada: 2,3 kWh un 28 %
-	Carga final de la batería: 66 %
-	Autonomía estimada restante: 99 Km

Tabla 7.43: Resumen circulación mixta sin carga modo D.

Fuente: Elaboración propia.

- **Prueba de circulación mixta con vehículo cargado con 500 kg. Modo de conducción D.**

Se ha realizado la misma ruta dando como resultado un mismo rendimiento de la Nissan e-NV200 al llegar al final del recorrido con una carga del 67 % de la batería lo que representa tener una autonomía restante para otros 97 km.

Con carga en conducción Normal D	
-	Carga inicial batería: 100 %
-	Autonomía inicial estimada: 146 Km
-	Distancia recorrida: 48,3 Km
-	Tiempo transcurrido: 80 minutos
-	Velocidad media: 36,2 Km/h
-	Consumo de energía: 14,1 kWh/100 km
-	Electricidad regenerada: 3,2 kWh un 37 %
-	Carga final de la batería: 67 %
-	Autonomía estimada restante: 97 Km

Tabla 7.44: Resumen circulación mixta con carga modo D.
Fuente: Elaboración propia.

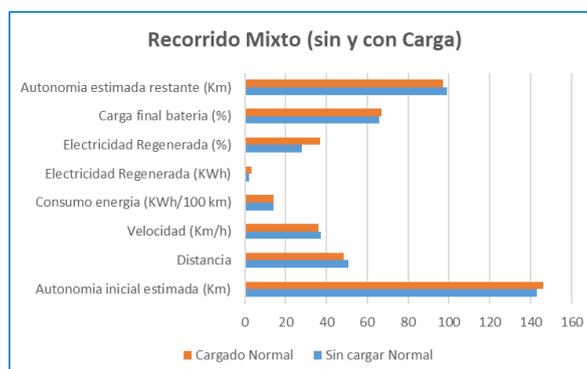


Figura 7.90: Comparación de datos obtenidos durante prueba mixta.
Fuente: Elaboración propia.

7.6.4. Conclusiones de la prueba dinámica:

Tras las pruebas de conducción realizadas, se pudo comprobar que la Nissan e-NV200 tiene una autonomía media inicial estimada de aproximadamente 136 km, lejos de los 170 km indicados por el fabricante.

Con los datos obtenidos, si añadimos la carga de hasta 500 kg, la autonomía media en ciudad es de 122,6 km y en carretera de 131,6 km. En ciudad y con el vehículo descargado, la autonomía media sería de 141,5 km y en carretera en las mismas condiciones de 131,5 km. Estos valores se verían penalizados en caso de poner en funcionamiento el climatizador

del aire o la calefacción. Como se puede observar las cifras del vehículo cargado y descargado arrojan una autonomía similar, lo que se traduce en que prácticamente la carga no penaliza demasiado a la autonomía.

En cuanto a la conducción, en el modo D (Normal), el motor retiene muy poco y al levantar el pie del acelerador se circula a modo vela (por inercia) regenerando poca energía. En el modo ECO, la potencia del motor se limita, pero a cambio se consume menos y se puede lograr un poco más de autonomía, como se ha comprobado. Mientras que el modo B el motor retiene más y se frena la furgoneta bastante (freno motor), a cambio se regenera más energía (frenado regenerativo) y proporciona algo más de autonomía.

En la prueba de carretera, se comprueba como en las subidas el consumo se incrementa mucho en todos los modos de conducción, reduciéndose considerablemente la autonomía. Sin embargo, en las bajadas, se observa cómo se regenera energía suficiente para recuperar esa autonomía perdida, siempre que la bajada sea larga y pronunciada. La posición B sin duda es la más óptima para conseguir una mayor autonomía.

En cuanto al coste de la energía para recorrer 100 km, indicar que es mucho menor si se recarga por la noche con una tarifa valle o supervalle, más económica. Los datos del coste eléctrico vienen indicados en la siguiente tabla.

Electricidad			
Iberdrola	Hora punta	Hora valle	Hora supervalle
	de 13:00 a 23:00	de 0:00 a 13:00 y de 23:00 a 24:00 h	de 1:00 a 7:00 de la mañana
	0,1928 €/kWh	0,1198 €/kWh	0,03 €/kWh

Tarifas a 23 - 05 - 2019

Tabla 7.45: Coste de la electricidad en función de la hora de carga.
Fuente: Iberdrola.

Llama especialmente la atención la ausencia total de ruido y vibraciones, y la buena respuesta del motor al pisar el acelerador, ofreciéndonos una rápida aceleración de manera instantánea. La potencia del motor es suficiente para este tipo de vehículo y el uso para el que está pensada, pudiendo satisfacer todas estas características las necesidades de un repartidor de corta distancia.

Indicar que actualmente Nissan ha sacado al mercado la e-NV200 con una batería de 40 kWh y una autonomía de 280 km, por lo que se obtendrían unos resultados mejorados.

Otras furgonetas eléctricas del mercado que podemos encontrar son modelos como la Citroën Berlingo eléctrica con una batería de 67 kWh y una autonomía de 170 Km. También encontramos la furgoneta Maxus EV80, con una autonomía de 230 km, la Volkswagen e-Crafter con batería de 35 kWh de capacidad y una autonomía aproximada de 170 kilómetros. La Peugeot Partner Electric que posee una autonomía de 170 km, la Renault Kangoo ZE con una autonomía de 165 Km y la Renault Master ZE, un furgón con una autonomía de unos 200 km.

El precio de las furgonetas eléctricas, podría parecer elevado, pero hay que tener presente el uso que se le da a este tipo de vehículos. Entre los argumentos a su favor, hay que tener en cuenta el coste total de propiedad a lo largo de su vida de trabajo, los ahorros en combustible, mantenimiento, impuestos, aparcamiento y tasas de acceso al centro de las ciudades. Por lo que puede resultar muy económico invertir en este tipo de vehículos, ya que a medio plazo se amortizaría su coste.

7.7. COMPARATIVA DE LA REPARACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO FRENTE AL CONVENCIONAL

Se ha realizado una comparativa de daños y reparación correspondientes al Crash Test delantero y trasero que se lleva a cabo en CESVIMAP, los cuales son realizados bajo el estándar RCAR (Research Council for Automobile Repair) entre el vehículo con motor térmico Nissan NV 200 1.5 DCi Combi (2010) y el vehículo con motor eléctrico Nissan e-NV 200 Furgón (2016).

Se evalúa el comportamiento de los dos vehículos, el eléctrico (e-NV 200) y el de combustión (NV 200), con objetivo de calcular la desviación que pueda existir en cuanto a piezas dañadas, coste del recambio, tiempos de reparación, etc., debido a las diferencias constructivas que presentan los vehículos con tecnología eléctrica.

NISSAN IMPACTO DELANTERO	
Piezas afectadas NV 200	Piezas afectadas e-NV 200
Piezas sustituidas Paragolpes Absolvedor de paragolpes Travesía de paragolpes Protector peatones Defector superior izquierdo de paragolpes Faro izquierdo Guardabarros izquierdo Travesaño superior del frente Defector frontal de radiadores Defector radiadores Bisagra izquierda	Piezas sustituidas Tapa puerto de carga Bisagras capó Emblema fabricante Embellecedor inferior Juego paragolpes Absolvedor de energía Armadura parachoques Recubrimiento ojal remolcado Soporte núcleo Miembros laterales Guía de aire lateral Junta radiador
Piezas reparadas Capó Punta del larguero izquierdo Aleta izquierda	Piezas reparadas Capó Aleta delantera izquierda Concha pase de rueda Aislante delantero motor Soporte conexión carga

NISSAN IMPACTO TRASERO			
Piezas afectadas NV 200		Piezas afectadas e-NV 200	
Piezas sustituidas	Paragolpes	Piezas sustituidas	Aspirador de aire
	Traviesa de paragolpes		Absolvedor energía
	Faldón		Juego parachoques
	Costado aleta		Travesaños traseros
	Piloto		Porton trasero derecho
	Bisagra portón trasero		
	Burlete portón trasero		
	Costado aleta trasera derecha		
	Placa equipajes		
	Refuerzo montante		
	Lámpara combinada		
	Presilla		
	Pinza guarnición		
Piezas reparadas	Portón	Piezas reparadas	Piso maletero
	Piso maletero		
	Larguero		

Tabla 7.46: Comparación del listado de piezas dañadas.
Fuente: Elaboración propia.

NISSAN			NV 200	e-NV200
IMPACTO DELANTERO	CARROCERÍA	MATERIALES (€)	1.760,00	2.742,18
		MANO DE OBRA (h)	8,21	8,27
	MECÁNICA	MATERIALES (€)	0,00	0,00
		MANO DE OBRA (h)	3,92	2,66
	PINTURA	MATERIALES (€)	73,36	105,63
		MANO DE OBRA (h)	3,9	4,4
COSTE TOTAL REPARACION (SIN IVA)			2.375,10	3.550,53
IMPACTO TRASERO	CARROCERÍA	MATERIALES (€)	1.115,25	3.729,73
		MANO DE OBRA (h)	21,66	20,14
	MECÁNICA	MATERIALES (€)	0,00	0,00
		MANO DE OBRA (h)	1,22	0,7
	PINTURA	MATERIALES (€)	219,00	167,47
		MANO DE OBRA (h)	12,43	8,13
COSTE TOTAL REPARACION (SIN IVA)			2.811,33	5.225,16

Tabla 7.47: Desglose de costes Nissan NV200 – e-NV200.
Fuente: Elaboración propia.

NISSAN	IMPACTO	NV200	e-NV200	DIFERENCIA	PORCENTAJE
COSTE TOTAL (€)	DELANTERO	2.375,10	3.550,53	1.175,43	49,48%
	TRASERO	2.811,33	5.225,16	2.413,83	85,86%

Tabla 7.48: Comparación costes Nissan NV200 – e-NV200.
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en las tablas anteriores, tras realizar en ambos vehículos los mismos ensayos, se comprueba que el vehículo eléctrico tiene un coste mayor en reparación que el vehículo térmico.

Hay que tener en cuenta que las pruebas en el vehículo convencional se realizaron hace unos años, cuando el coste de mano de obra era de 39,41 € en lugar de 45,84 €. Pese a eso, en la versión eléctrica se han incluido nuevos componentes sobretodo en la parte delantera, que al resultar dañados en el impacto han encarecido mucho la reparación, como pueden ser la tapa de conexión de carga y el soporte de conexión, produciendo un incremento del coste delantero del 49,48 %.

Si nos fijamos en coste del ensayo trasero, se puede observar una subida del coste del 85,86 %. Un dato que resulta muy llamativo. Este incremento se ha debido, sin duda, al mayor número de piezas de las que consta la e-NV200, ya que el daño provocado ha sido muy similar.

7.8. CONCLUSIONES DEL ENSAYO CON LA NISSAN e-NV200

Tras analizar todos los resultados que se han obtenido con la investigación del vehículo Nissan e-NV200, en las instalaciones de CESVIMAP, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Tuvo un buen comportamiento frente a los impactos trasero y delantero, produciéndose una elevada deformidad en ambos, lo que permitió amortiguar correctamente la energía de impacto y evitando que llegara en exceso al habitáculo de pasajeros. Esta elevada deformidad se traducirá en un incremento de costes de reparación. Además, ningún elemento del sistema eléctrico de alta tensión resulto dañado, lo que indica que se encuentran ubicados en zonas bien protegidas frente a posibles colisiones.
- La parte trasera tuvo un daño importante, que necesitó de un elevado tiempo de mano de obra para su reparación, encareciendo los costes incluso por encima de lo estimado por bases de datos como Audatex. Las pizas más susceptibles de sufrir daños en este tipo de accidentes pertenecientes a la Nissan e-NV200, son por lo general más caras que en vehículos de características similares.
- La parte frontal, tuvo que ser reparada debido al gran descuadre de piezas producido. No resultó dañado ningún componente eléctrico ubicado del habitáculo del motor (cargador, motor eléctrico, inversor y convertidor). Además se comprobó la seguridad de sistema de alta tensión, en el que no se produjo ningún tipo de fuga eléctrica que pusiera en peligro la integridad de los pasajeros o del operario tras el golpe, demostrando ser completamente fiable.

En cuanto a los costes, el tiempo de mano de obra real fue menor al estimado esta vez. Pese a eso, fue una reparación muy laboriosa que supuso un elevado coste de

piezas. Se observa que determinados componentes, en especial los relacionados con la instalación eléctrica, son muy caros como el caso de la tapa de conexión de carga. Además esta tapa debido a su ubicación es propensa a sufrir roturas o daños en todo tipo de impacto frontal, lo que va a encarecer enormemente la reparación de este vehículo en estos casos.

- Las pruebas dinámicas arrojaron datos de importancia para el análisis de los vehículos eléctricos en general. En ellas se puso de manifiesto el elevado tiempo de recarga o la importancia de tener una buena infraestructura de carga en todo el territorio para favorecer el uso de estos vehículos.

Con la Nissan e-NV200 resultó ser muy agradable conducir, debido a la ausencia de ruido y vibraciones. Se comprobó el buen comportamiento del motor eléctrico en la conducción, arrojando todo el par desde el primer momento. Se estudió minuciosamente el sistema de frenado regenerativo, el cual resultó ser una garantía durante la circulación tanto en ciudad como carretera proporcionando autonomía durante todas las frenadas o bajadas de pendiente, permitiendo al usuario llegar al destino marcado.

En cuanto al coste eléctrico de la carga del vehículo, si se cargase por la noche con determinadas tarifas, como la Valle, el coste sería mínimo en comparación con otras fuentes de energía, como la gasolina, diesel o gas.

La Nissan e-NV200 resultó ser un vehículo especialmente indicado para entornos urbanos e interurbanos de corta distancia, teniendo un muy buen comportamiento y siendo muy beneficioso para el medio ambiente.

- En cuanto a su comparación con la versión térmica, la conclusión más importante es que aunque el mantenimiento de los vehículos eléctricos sea menos costoso debido a la ausencia de múltiples piezas que forman la transmisión convencional, las reparaciones en caso de siniestro resultan especialmente costosas. Esto, como se indicó antes, se debe entre otros factores al elevado precio que tienen determinadas piezas relacionadas con el sistema eléctrico.





CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES.



8. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

El propósito fundamental de este trabajo ha sido analizar las características técnicas y las innovaciones tecnológicas con las que cuentan los vehículos híbridos y eléctricos actualmente, haciendo un repaso evolutivo desde su creación.

Una vez examinados todos los componentes y el funcionamiento de esta clase de vehículos, se pone de manifiesto en los importantes beneficios sociales y económicos que tienen respecto a los vehículos de combustión. Estas ventajas van desde una movilidad mucho más limpia y eficiente, hasta un ahorro económico en combustible diario, convirtiéndose en una tecnología amortizable a corto plazo. Por ello, cada vez más usuarios los adquieren, mostrando en este trabajo datos objetivos de cómo es el mercado actual del sector, el cual sigue creciendo exponencialmente año tras año. Aunque en el futuro inmediato seguirán predominando los motores térmicos.

En cuanto al mercado automovilístico, es cierto que el vehículo eléctrico no ha terminado de implantarse, pero el crecimiento que está teniendo y las cifras actuales ponen de manifiesto que han llegado para quedarse en nuestras vidas. Esto ya ha pasado con los vehículos híbridos, los cuales son una solución intermedia en esta transición hacia la movilidad 100% eléctrica, que ya gozan de gran aceptación entre los usuarios debido a las ventajas que ofrecen, consiguiendo suprimir el principal problema del vehículo eléctrico: la autonomía. Sin embargo, no es la solución definitiva, ya que aunque sus emisiones sean reducidas respecto a los vehículos convencionales, las leyes cada vez más restrictivas apuntan hacia una movilidad con cero emisiones nocivas.

Las barreras que frenan su implantación son varias. Entre las más destacadas se encuentran las siguientes:

- Falta de información y concienciación del usuario. Esta es una de las que más peso tiene, ya que la mayoría de personas no terminan de ser del todo conscientes de los beneficios que tiene para el medio ambiente, la economía y la sociedad. Para corregir esta situación, se están promoviendo cada vez más iniciativas, públicas y privadas, que se encargan de informar y ampliar el conocimiento del usuario acerca de esta tecnología. Así el cliente podrá valorar todas las posibilidades existentes y que más le puedan interesar.

En cuanto a falta de concienciación, reseñar que actualmente debido a la escasa infraestructura existente, los propietarios que adquieran uno de estos vehículos deben mirar el aspecto económico y ambiental, siendo conscientes de los beneficios que tiene la recarga en las horas valle, o en determinados modos de carga, influyendo en la red eléctrica de todo el país.

- Desarrollo de la red de infraestructuras de recarga. Viendo la progresión creciente que está teniendo esta movilidad, será necesario crear más estaciones de carga y desarrollar la red de transporte eléctrico en todo el país. Para ello, se están realizando muchas inversiones públicas y privadas, y creándose acuerdos de colaboración con distribuidores de energía.

- Elevados costes de adquisición de los VE. Debido a que su producción, aunque es creciente, no está totalmente implantada, el precio de fabricación y venta de estos vehículos es elevado. Esto provoca una reacción negativa en el usuario. Para corregir esta situación, se están produciendo acuerdos de colaboración entre los distintos miembros de la UE y los fabricantes de automóviles, realizando inversiones importantes de dinero en I+D+i, de tal forma que los costes puedan reducirse. Además, los gobiernos de la mayoría de países a su vez están estableciendo Planes de Ayuda al ciudadano para adquirir estos vehículos, como en el Plan MOVES en España. Especial influencia en los costes de los VE la tiene la batería, aunque se prevé que en los próximos años su precio se reduzca considerablemente.

Hasta que no se consiga solucionar estas limitaciones, el vehículo eléctrico no será una alternativa aceptada por muchos ciudadanos, a pesar que sus beneficios van mucho más allá del aspecto económico, como ha quedado comprobado en este proyecto.

Finalmente, se realizó un estudio económico sobre la reparabilidad y dañabilidad del vehículo eléctrico en las instalaciones de CESVIMAP, en Ávila. Para ello se realizaron dos pruebas de impacto, delantero y trasero, a una Nissan e-NV200, analizando la influencia que tiene el sistema eléctrico en los daños y los costes generados en la reparación. Los resultados contenidos en este proyecto, demuestran que el coste de reparación del vehículo eléctrico es superior al de un vehículo convencional, teniendo mucha influencia la ubicación que tengan las piezas y componentes dañados que intervienen en el sistema eléctrico en los costes finales. A pesar de que su mantenimiento es menor que en un vehículo térmico, al no tener tantas piezas y ser su funcionamiento más simple, los costes de reparación deben de ser tenidos en cuenta por el usuario que vaya a adquirir uno de estos modelos.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] “Programa vehículo eléctrico.” - CESVIMAP.
- [2] “Carga rápida de baterías de Ni-Cd y Ni-MH de media y gran capacidad. Análisis, síntesis y comparación de nuevos métodos.” – Juan Carlos Viera Pérez.
- [3] “Análisis de la viabilidad del vehículo eléctrico en una empresa de reparto de comida a domicilio.” – José Luis Dominguez Fernandez.
- [4] “Estudio de baterías para vehículos eléctricos.” – Carlos Peña Ordoñez.
- [5] “Análisis económico de un sistema de almacenamiento para la disminución de desvíos de producción en un parque eólico.” – Antonio Hernández Romero.
- [6] “Guía del vehículo eléctrico II.” – FENERCOM.
- [7] “Simulación de vehículos eléctricos.” - Christian Fernández Lanchares.
- [8] “Diseño y construcción de un prototipo de batería recargable para una bicicleta eléctrica mediante el uso de baterías recicladas de ion de litio 18650” – Dalton Rodrigo Ojeda Pereira y Lenin Fernando Ortiz Pineda.
- [9] “Impacto de la incorporación del vehículo eléctrico en la integración de energías renovables en el sistema eléctrico” – Nuria Galindo Martín.
- [10] J.David-“nickel-cadmium battery recycling evolution in Europe”. Journal of Power Sources. 1995.
- [11] “Manual de baterías y acumuladores.” – Fernando Antonio Padrón Jabib.
- [12] “Análisis técnico de los diferentes tipos de baterías comercialmente disponibles en el proyecto de una microrred aislada” – Cesar Andrés González Santacruz.
- [13] “Caracterización del tren de potencia de un vehículo eléctrico de categoría L7 tipo Smart” – Guillermo Cuesta Capellan.
- [14] “Hacia un transporte automotor racional y eficiente: Autos híbridos y eléctricos.” – ANONIMO.
- [15] “Cuaderno sobre inspección técnica de vehículos eléctricos” - Fundación Instituto tecnológico para la Seguridad del Automóvil.
- [16] “Implementación de sistema de tracción para vehículo eléctrico, basado en batería Zebra y ultracapacitores.” - Eduardo Fabián Arcos Fuentes.
- [17] “Supercondensadores: Estado del arte, aplicaciones y retos tecnológicos.” – Marcos Lafoz Pastor.
- [18] “Gestor de carga de baterías (BMS)” - Gabriel Huerta Illera.

- [19] “Estudio de hibridación de vehículo comercial ligero refrigerado para reparto.” - Gabriel de las Heras Cabezas.
- [20] “Análisis de la evolución y el impacto de los vehículos eléctricos en la economía europea.” - Ignacio Sanz Arnaiz
- [21] “Competitiveness of the EU Automotive Industry in Electric Vehicles.” - Heike, Prof. Dr. et al. (2012).
- [22] “La batería de plomo-ácido” – ANONIMO.
- [23] “Sistemas automatizados” – Diego Bueno.
- [24] “Modelado del vehículo eléctrico e híbrido paralelo por medio de Matlab y planificación de estaciones de carga mediante sistemas de información geográfica y algoritmos genéticos” – Maria Susana Alegre Buj.
- [25] “Key Issues in Life Cycle Assessment of Electric Vehicles -Findings in the International Energy Agency (IEA) on Hybrid and Electric Vehicles (HEV).” - Gerfried Jungmeier.
- [26] “Informe anual 2018. Adelantando el futuro.” – ANFAC.
- [27] “Guía del vehículo eléctrico 2009” – Fenercom.
- [28] “Hidrógeno. Pilas de combustible de tipo PEM.” – Félix Barreras, Antonio Lozano.
- [29] “Estrategia integral para el impulso del vehículo eléctrico en España.”
- [30] “Economic and Market Report. EU Automotive Industry 2018” – European Automobile Manufacturers Association (ACEA).
- [31] “Guía para la promoción del vehículo eléctrico en las ciudades.” – MOVELE, IDAE.
- [32] “Catálogo general ECOMobility” – Scame, Electrical solutions 2019.
- [33] “El sistema eléctrico español. 2018.” – REE (Red Eléctrica de España).
- [34] “Real Decreto 72/2019.” –Boletín Oficial del Estado.
- [35] <https://www.ideauto.com/>
Instituto de Estudio de Automoción.
- [36] “Making of an ‘all reason’ electric Vehicle” – Chetan Maini, Kartik Gopal, R. Prakash.
- [37] <https://www.electromaps.com/>
Electromaps Borderless Charging.
- [38] <https://movilidadelectrica.com/espana-es-de-los-paises-con-menos-puntos-de-carga-por-habitante/>



(17/09/2019)

[39] https://www.elespanol.com/reportajes/20190310/panico-coche-electrico-pocos-puntos-carga-provincia/381962287_0.html

(17/09/2019)

[41] “Guía para el personal de emergencia. Nissan e-NV200”. -Nissan

[42] “Protocolo de calidad CESVIMAP” - CESVIMAP