

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



"DETERMINACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS
ÓPTIMAS DE CARGA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE
PROCESOS DE CARGA RÁPIDA DE BATERÍAS DE
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS"

TRABAJO FIN DE GRADO

Febrero - 2022

AUTOR: Patricia Mora Olivares

DIRECTOR/ES: David Clar García

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. PREÁMBULO	4
1.2. SITUACIÓN ACTUAL.....	5
1.3. EL VEHÍCULO ELÉCTRICO ACTUAL.....	6
1.3.1. EL MERCADO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	7
1.3.2. LIMITACIONES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO ACTUAL.....	11
1.3.3. VENTAJAS VEHÍCULO ELÉCTRICO ACTUAL.....	15
1.3.4. LA CONTAMINACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	18
1.3.5. TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	19
1.3.6. ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO ACTUAL.....	21
1.3.6.1. ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO DE BATERIA (BEV).....	22
1.3.6.2. ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO DE AUTONOMÍA EXTENDIDA (EREV)	23
1.3.6.3. ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO DE PILA DE COMBUSTIBLE (FCEV)	24
1.3.6.4. ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO SOLAR.....	25
1.3.7. BATERIAS	26
1.4. RED DE CARGA	31
1.5. OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN	34
1.6. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	34
2. MATERIAL Y MÉTODOS	36
2.1. EQUIPOS UTILIZADOS	36
2.2. ENSAYOS	42
2.3. METODOLOGÍA EMPLEADA	42
3. RESULTADOS	44
3.1. Hyundai IONIQ 5	44
3.2. Tesla Model 3.....	45
3.3. Tesla Model 3 SR.....	46
3.4. Peugeot e-208.....	47
3.5. Volkswagen ID.3.....	48
3.6. Volkswagen ID.4.....	49
3.7. Mercedes EQA	50
3.8. BMW iX3	51

3.9.	Citroën ëC4	52
3.10.	Hyundai Kona.....	53
3.11.	Audi eTRON GT	54
3.12.	Renault ZOE	55
3.13.	Ford Mustang Mach-E	56
3.14.	Tesla Model S.....	57
3.15.	Volvo XC40.....	58
3.16.	Jaguar I-Pace.....	59
3.17.	MG ZS.....	60
3.18.	Nissan Leaf.....	61
4.	CONCLUSIONES	62
5.	ANEXOS	68
6.	REFERENCIAS	107



- Figura 1. Crecimiento y previsión del mercado de vehículos eléctricos en el mundo.
- Figura 2. Ventas anuales de vehículos ligeros por tipo de tecnología en el escenario de Blue Map.
- Figura 3. Cuota de mercado: vehículos eléctricos nuevos en la UE-28
- Figura 4. Matriculaciones expedidas por la DGT de vehículos eléctricos en España.
- Figura 5. Estimación de precio de un BEV de medio tamaño
- Figura 6. Mapa actual de puestos de carga en España.
- Figura 7. Histograma de vehículos por cada punto de carga en España
- Figura 8. Estructura de generación de energía del sistema nacional español en 2020. Comparación respecto a 2019.
- Figura 9. Tabla comparativa de las distintas tecnologías
- Figura 10. Funcionamiento del vehículo solar.
- Figura 11. Propiedades de diferentes tipos de baterías de iones de litio.
- Figura 12. Curva de autonomía en función de la temperatura
- Figura 13. Relaciones entre el estado de la batería, duración de la carga y temperatura.
- Figura 14. Histórico de número de puntos de carga en España desde 2008 hasta 2020.
- Figura 15. Distribución de los conectores en los puestos de carga de España.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PREÁMBULO

A lo largo de la historia, desde el siglo XIX, se han ido desarrollando diversos tipos de automóviles. El primer modelo de automóvil fue eléctrico, diseñado por Robert Anderson en 1832, diseñado previamente al primer vehículo de combustión interna por Lenoir en 1860. El vehículo diseñado por Anderson se trataba de un carruaje equipado con un motor eléctrico, que alcanzaba hasta los 6 km/h, y con una pila no recargable, que limitaba su autonomía. Pero fue en 1859, cuando Gastón Planté inventó la batería de Plomo-Ácido, y que, actualmente, se usa como base para el diseño de las baterías para automóviles. Entonces, el coche eléctrico empezó a mejorar sus características. Además, en 1881, Camille Alphonse Faure mejoró este último modelo para que fuera más eficiente aumentando la capacidad de carga de la batería de Planté.

Con la mejora de Faure, se facilitó la fabricación de la batería recargable a nivel industrial, lo que tuvo un gran éxito entre los coches eléctricos de la época. Así que, con el paso del tiempo y los nuevos avances en el sector automovilístico, los vehículos eléctricos fueron mejorando y adquiriendo fama a nivel mundial.

A partir del siglo XX, con las mejoras en las baterías, el coche eléctrico se fabricaba a nivel mundial para ser utilizado como un coche de ciudad ya que alcanzaba como máximo los 32 km/h. Era el vehículo ideal para la ciudad porque no contaminaba y tenía la autonomía suficiente para circular durante el día y cargarlos por la noche. En 1910, se vendieron el mayor número de vehículos eléctricos a nivel mundial.

Fue en la segunda revolución industrial cuando se frenó su desarrollo. Debido a la época de guerras, se necesitaba un medio de transporte que pudiera recorrer largas distancias a altas velocidades, por lo que el coche de combustión interna, que disponía

de mayor autonomía, y el ferrocarril, que fue el transporte por excelencia debido a su alta velocidad, frenaron el mercado del vehículo eléctrico a nivel mundial. [16]

1.2. SITUACIÓN ACTUAL

El cambio climático ya es una realidad en la época en la que vivimos. Las emisiones de gases nocivos están provocando cambios en la atmósfera con consecuencias desastrosas como puede ser el cambio de temperaturas, el deshielo de los polos, aumento del nivel del mar, condiciones meteorológicas extremas... que afectan a la vida en la Tierra. Esta problemática existe desde hace años, pero es ahora, cuando comenzamos a buscar soluciones y a proponer planes para disminuir con urgencia las emisiones de gases de efecto invernadero.

Una de las soluciones, que actualmente se encuentra en un mercado de crecimiento, es el vehículo eléctrico. Se presenta como una alternativa viable para la descarbonización del modelo energético actual, ya que es uno de los sectores con más emisiones de gases de efecto invernadero. En 2020, el nivel de emisiones en España fue un 27.7% el transporte, seguido de las actividades industriales con 21.4 %, la generación de electricidad con 10.3 % y la agricultura con un 14.1 %. [1]

La Unión Europea impuso un plan para adoptar medidas urgentes en todos los sectores clave, como es el del transporte, para reducir drásticamente las emisiones de CO₂. Además, se suman los objetivos del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) [19] 2021-2030: fomentar la movilidad sostenible a través del vehículo eléctrico, perseguir una reducción de un 23% de emisiones de gases de efecto invernadero respecto a 1990 y cuya meta es que el 74 % de toda la generación eléctrica española de 2030 sea de origen renovable. Actualmente, las energías renovables alcanzan el 43,6 % de la generación de energía eléctrica en 2020 en España. [17]

Dentro del sector de la automoción, ya se comercializa el vehículo eléctrico, pero la realidad, es que las limitaciones de los vehículos eléctricos son mayores que las de los vehículos de motor de combustión interna, por lo que su desarrollo en el mercado es aún bastante inferior en comparación a los coches convencionales, a pesar de las grandes ventajas que podemos obtener de ellos.

El tema más complicado es la aceptación social de estos vehículos: su alto coste de adquisición es una barrera para los consumidores y, su bajo coste de funcionamiento y mantenimiento tiene poca visibilidad. Normalmente, los consumidores sienten un rechazo hacia aquellas tecnologías que no conocen.

1.3. EL VEHÍCULO ELÉCTRICO ACTUAL

La visión del vehículo eléctrico ha cambiado notablemente en un periodo muy corto de tiempo. Hasta hace 10 años, no encontrábamos la viabilidad de este tipo de vehículos por su alto coste de adquisición debido al alto precio de las baterías, sus bajas autonomías en comparación con los coches de combustión interna, el bajo desarrollo de una red de carga eléctrica... por lo que simplemente, eran proyectos en desarrollo con una comercialización muy limitada.

Actualmente, el vehículo eléctrico ya compite en el mercado automovilístico. Cada vez más consumidores apuestan por esta nueva tecnología mucho más eficiente y respetuosa con el medio ambiente. La mayoría de las marcas ofrecen, al menos, un modelo de vehículo eléctrico.

A pesar de ello, sigue siendo una tecnología muy cambiante, que experimenta muchas mejoras continuamente. Numerosos proyectos trabajan para mejorar la autonomía, disminuir el tiempo de carga, aumentar el tiempo de vida de las baterías, desarrollar una red eléctrica de carga más extensa....

Aunque sea un mercado en crecimiento, es cierto que, aún tiene desventajas, y por ello las marcas ofrecen soluciones para promocionar su venta como, por ejemplo: instalar el punto de carga en el domicilio gratis, coche de sustitución para trayectos muy largos, garantías de las baterías muy extensas, traslado gratis de tu coche hasta el concesionario o al punto de carga más cercano e incluso carga in situ... [2]

1.3.1. EL MERCADO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

A día de hoy, el vehículo eléctrico es una realidad, aunque si es cierto, que su compra frente a los vehículos convencionales es minoritaria, ya se aprecia un aumento gradual de sus ventas.

La venta de vehículos electrificados, híbridos y de gas en España (turismos, cuadriciclos, vehículos comerciales e industriales y autobuses) en abril de 2021, ha aumentado un 104,7% con respecto a 2019, teniendo en cuenta que en 2020 con la pandemia del COVID-19, las ventas en la mayoría de los sectores y los desplazamientos cayeron significativamente. [25]

En 2020 se vendieron 2.3 millones de vehículos eléctrico en el mundo, un 41% más que en 2019, pese a la caída del sector a causa de la pandemia. Además, Europa superó a China como primer mercado en ventas, a pesar de que todas las previsiones hasta 2030 apuntaran a China como el líder en el mercado del vehículo eléctrico. [26]

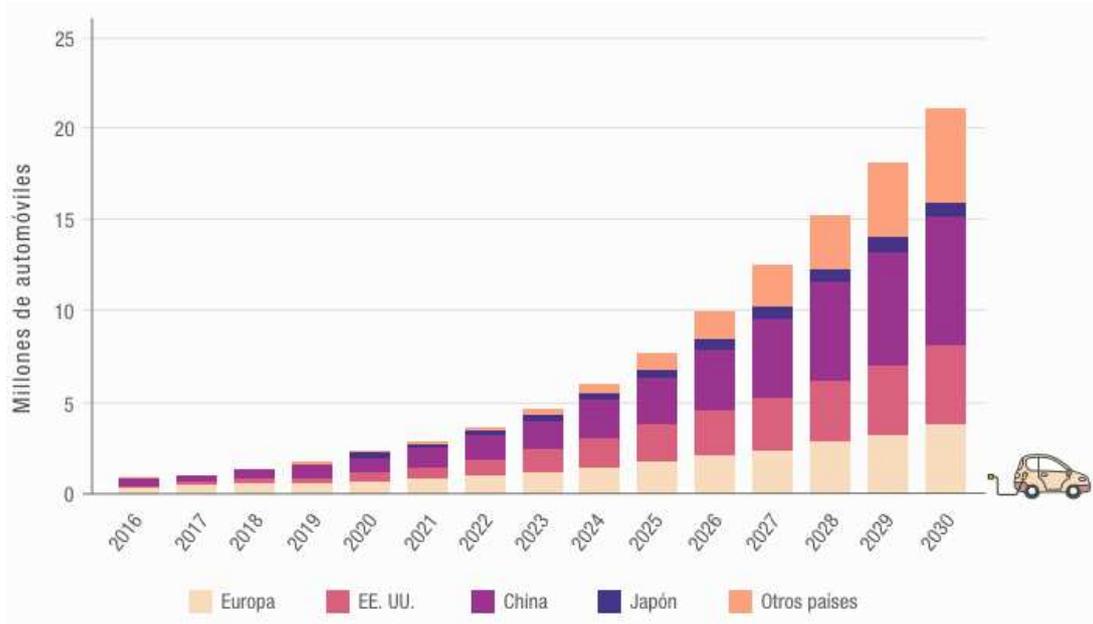


Figura 1. Crecimiento y previsión del mercado de vehículos eléctricos en el mundo [3]

Desde la IEA¹ en 2009, se estableció el “Blue Map” dónde se muestra una previsión de ventas anuales hasta 2050 según el tipo de vehículo cumpliendo el objetivo de reducir las emisiones en 2050 a la mitad. Se predice que, para ese mismo año, los vehículos de pila de hidrógeno y los eléctricos, serán los vehículos más vendidos.

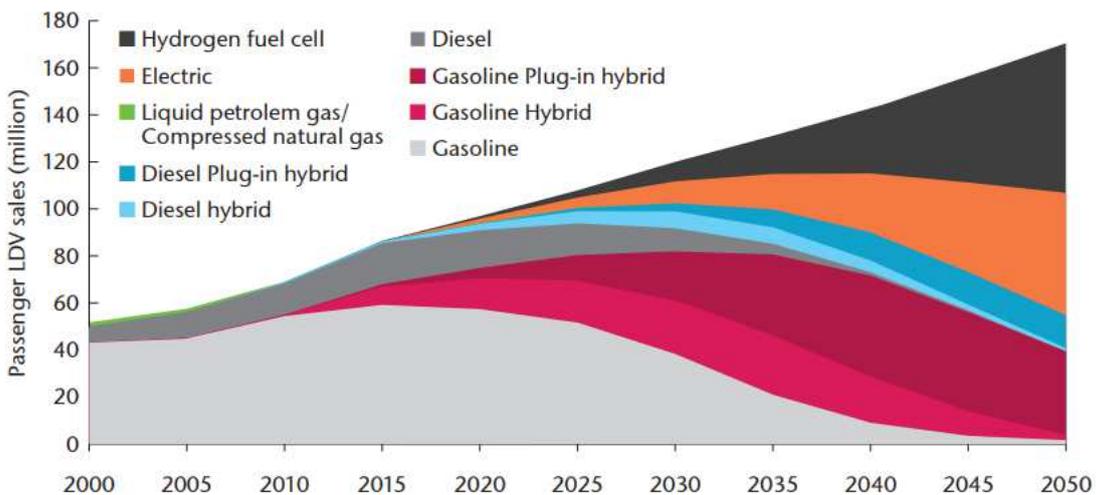


Figura 2. Ventas anuales de vehículos ligeros por tipo de tecnología en el escenario de Blue Map [4]

¹ International Energy Agency

Las ventas de coches eléctricos en 2020 superaron las expectativas de la IEA¹ a pesar de la pandemia del COVID-19. Respaldo por el apoyo de políticas existentes y el fomento de este tipo de vehículos, la estimación de la IEA es que las ventas de automóviles eléctricos en todo el mundo aumentaron a más de 3 millones y alcanzaron una cuota de mercado de más del 4%, lo que convierte al 2020 en un año récord para la movilidad eléctrica, aunque la participación de los vehículos eléctricos en las ventas totales de automóviles sigue siendo solo una décima parte de la de las ventas de SUV convencionales. [22] Por lo que, se observa que la estimación del Blue Map de la IEA¹ se acerca bastante a la realidad: en 2020, se estimó que los vehículos eléctricos seguirían siendo minoritarios en el mercado, aunque con un aumento significativo respecto años anteriores, en especial en los vehículos híbridos.

Respecto al mercado en Europa, según la Agencia Europea del Medio Ambiente, el vehículo eléctrico (híbridos enchufables y eléctricos de batería) supuso alrededor del 1,5% de todas las matriculaciones de vehículos nuevos en la EU-28² en 2017. En la Figura 3, se muestra un histórico en ventas de vehículos eléctricos e híbridos en Europa. Destaca que el número de híbridos es mayor que el número de eléctricos, ambos en aumento constante desde 2011 [21].

² Unión de 28 países de la Unión Europea (Bélgica, Bulgaria, República Checa, Dinamarca, Alemania, Estonia, Irlanda, Grecia, España, Francia, Croacia, Italia, Chipre, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Hungría, Malta, Países Bajos, Austria, Polonia, Portugal, Rumanía, Eslovenia, Eslovaquia, Finlandia, Suecia, Reino Unido) que opera como único bloque económico y político.

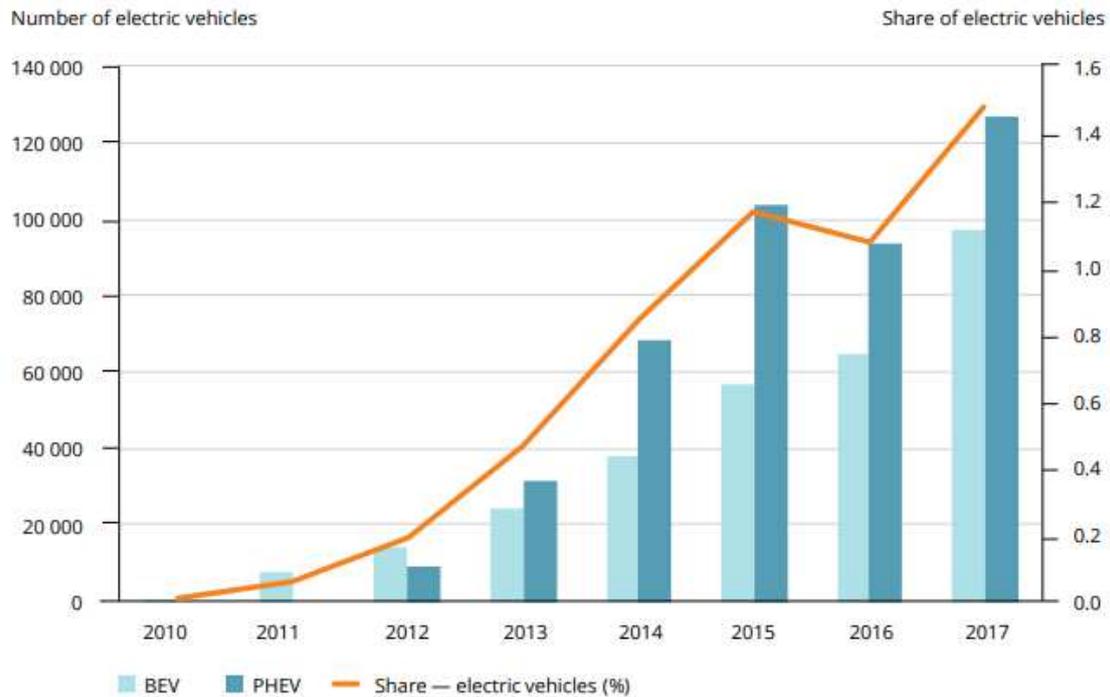


Figura 3. Cuota de mercado: vehículos eléctricos nuevos en la UE-28

[23] Respecto al mercado español, ha seguido, de manera general, la tendencia del mercado europeo. El número de ventas y matriculaciones de vehículos eléctricos ha ido aumentando de manera exponencial. Partimos del año 2011 con 568 matriculaciones en España al año 2020 con más de 35000 matriculaciones.

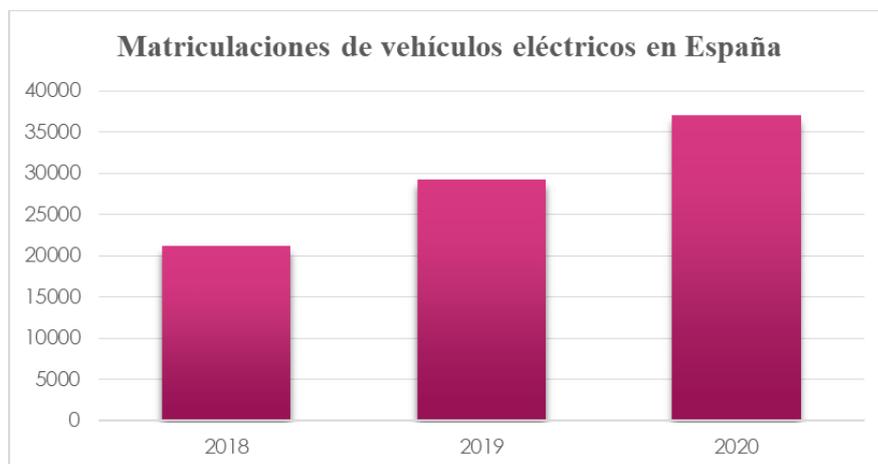


Figura 4. Matriculaciones expedidas por la DGT de vehículos eléctricos en España. [23]

Por lo que podemos concluir afirmando que el mercado del vehículo eléctrico a nivel nacional, europeo e intercontinental es un mercado en crecimiento exponencial, que cada año supera con creces al anterior, y que cumple los objetivos propuestos por las políticas de los planes de descarbonización para disminuir la huella de carbono.

1.3.2. LIMITACIONES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO ACTUAL

Una de las principales limitaciones del vehículo eléctrico actual es su autonomía, y aunque ha ido mejorando a lo largo de los años, pudiendo realizar tanto trayectos cortos como largos, sigue siendo una de las principales limitaciones frente al vehículo de combustión interna. Actualmente, el modelo alternativo con más autonomía en el mercado es de tecnología de pila de combustible (FCEV): el Hyundai Nexo con 666 km aproximadamente. El modelo de vehículo eléctrico (BEV) con mayor autonomía es Tesla Model S con 663 km de autonomía bajo el ciclo WLTP³ (estándar europeo para determinar los niveles de contaminantes, emisiones de CO₂ y consumo de combustible de los coches tradicionales, híbridos, y automóviles eléctricos puros).

Otra de las grandes limitaciones es el tiempo de carga de las baterías. A lo largo del tiempo, muchas investigaciones en el mercado de las baterías han permitido desarrollar tiempos de carga muy cortos para cargar la mayoría de la capacidad de carga. Por ejemplo, el Porsche Taycan en un punto de recarga de 350 kW y en condiciones óptimas de temperatura y SoC⁴ de la batería, puede cargar el 80% de la batería en 22 minutos aproximadamente. Pero, es cierto, que el tiempo de recarga de un vehículo eléctrico sigue siendo mayor que el de repostaje de un vehículo de combustión interna. Actualmente, la mayoría de los vehículos son capaces de cargar el 80% de su batería en menos de 40 minutos aproximadamente en un punto de carga de 150 kW, como, por ejemplo:

³ World Harmonized Light-duty Vehicle Test Procedure

⁴ State of Charge

Modelo EV	Tiempo (min)	Autonomía (km)
Volkswagen ID4	36	260
Citroen ëC4	32	208
Hyundai IONIQ 5	30	320

Las mejoras de prestaciones, que se han ido desarrollando a lo largo de los años, no han facilitado la disminución de su precio y, aunque en Europa, nos consideramos líderes en ventas en el mercado de vehículos eléctricos, el precio de un vehículo eléctrico sigue siendo mayor que el precio de un vehículo convencional. Un vehículo eléctrico de características similares de hoy en día cuesta igual o menos que uno de 2012. Por ejemplo: [18]

Modelo y año	Nissan Leaf 24 kWh 2012	Nissan Leaf 40 kWh 2020
Diseño		
Precio	37.000€	34.620€
Potencia	109 CV	150 CV
Par motor	254 Nm	320 Nm
Batería	Iones de Litio 24 kWh	Iones de Litio 40 kWh
Ciclo	NEDC ⁵	WLTP
Autonomía	199 km	270 km
0 a 100 km/h	10.2 s	7.9 s

⁵ New European Driving Cycle

Ahora bien, se predice que, en 2025 los coches eléctricos ya serán más baratos que los equivalentes de gasolina. Este es uno de los motivos por los cuales las ventas han ido aumentando cada año y se debe, principalmente, a la caída de precios en las baterías. De acuerdo con BNEF⁶, el precio de este tipo de baterías ha pasado de 1.100\$ por kilovatio hora (kWh) en 2010 a 156 \$ en 2019 (-87 %) y se espera que en 2024 baje de los 100 \$. [3]

En la siguiente imagen, se muestra otro estudio de previsión de costes realizado en 2017 por el Centro de investigación avanzada de motores y combustibles (CAPF), del Departamento de Ingeniería Mecánica, Aeroespacial y Civil de la Universidad Brunel de Londres. Se trata de una estimación del precio medio de un BEV de medio tamaño en función de sus distintos elementos. Destaca la batería como el elemento más caro de la parte específica del coche eléctrico, y como hemos mencionado anteriormente, se estima una bajada de precio progresiva en el coste total y debido a la bajada de precio de la batería.

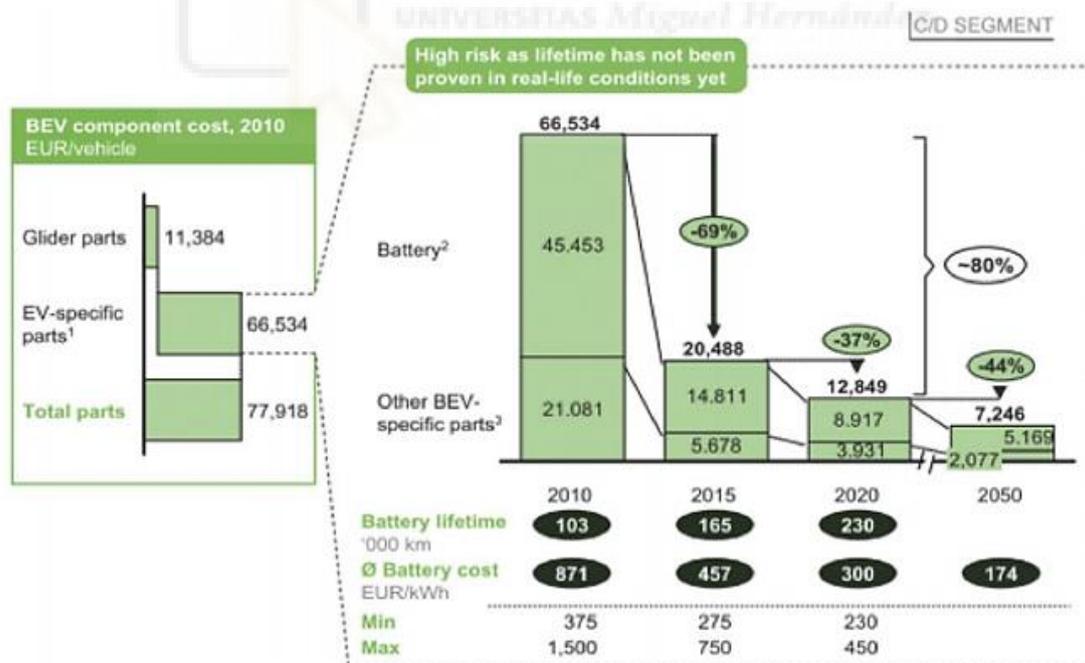


Figura 5. Estimación de precio de un BEV de medio tamaño. [5]

⁶ Bloomberg New Energy Finance

Otro aspecto que debemos considerar como una limitación, es el desarrollo de los puntos de carga. Actualmente, los puestos de repostaje superan con creces a los puestos de carga, aunque es cierto que muchas empresas han invertido en proyectos de desarrollo para aumentar el número de puntos de carga ultra rápida.



Figura 6. Mapa actual de puestos de carga en España [6]

Esta última limitación cada día supone menos una desventaja para el conductor, debido al aumento exponencial de instalaciones de puntos de carga por España. Actualmente, en España hay instalado un punto para cada 11 vehículos, un dato que ha ido aumentando debido al incremento del número de puntos actuales instalados y el alto número en ventas de vehículos eléctricos hasta la fecha. [27]

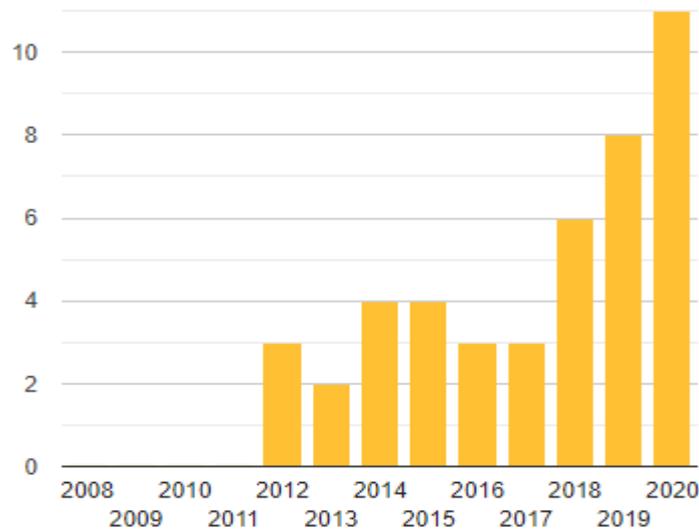


Figura 7. Histograma de vehículos por cada punto de carga en España [27]

1.3.3. VENTAJAS VEHÍCULO ELÉCTRICO ACTUAL

En primer lugar, y como ventaja más importante es la sostenibilidad de este tipo de coches. Se trata de vehículos que durante su funcionamiento no emiten ningún tipo de gas a la atmósfera, ya que sustituimos la gasolina o el diésel por electricidad, pero no implica que su uso sea 0% contaminante.

El hecho de que este tipo de vehículos no sea 0% contaminante en su conjunto es debido a que la electricidad que recarga las baterías, la tomamos de la red eléctrica de las viviendas y de los puntos de carga, y que no toda ella proviene de energías renovables. Es importante saber que, la electricidad, según la previsión realizada el 11 de diciembre de 2020 por la Red Eléctrica de España sobre la generación de energía del sistema eléctrico español en 2020, el 43.6% proviene de renovables, en comparación con el 37.5% del año anterior. [20]



Figura 8. Estructura de generación de energía del sistema nacional español en 2020. Comparación respecto a 2019. [20]

Por lo que, a pesar de que la producción de energía a partir de energías renovables aumenta cada año, no podemos confirmar al 100% que el uso de los coches eléctricos emita 0% de gases dañinos a la atmósfera: su fabricación, la fabricación de las baterías, el transporte, la generación de la electricidad emiten gases de efecto invernadero de manera indirecta.

Actualmente, muchas más empresas y personas apuestan por energías renovables, de esta forma se han desarrollado otros proyectos como vehículos solares. Por lo que podemos considerar que, el vehículo eléctrico, es uno de los motivos por los que se potencia actualmente el desarrollo y la expansión de las energías renovables.

Por otro lado, es destacable que el avance del vehículo eléctrico desde 1832, con el modelo de Robert Anderson, es verdaderamente notable. Actualmente, podemos obtener vehículos eléctricos con una eficiencia aproximadamente del 77%, siendo incluso muy superior que la eficiencia de un coche de combustión interna.

TECNOLOGÍA	RENDIMIENTO	kWh/100km	€/l	kWh/l	€/kWh	€/100km
GASOLINA E6	18%	83.3	1.31	9.23	0.14	11.8
DIESEL E6	21%	71.4	1.22	10.26	0.12	8.5
GLP	15%	100	0.71	7.73	0.09	8.8
GNC	18%	83.3	0.89*	15.75*	0.06	4.7
BIOMETANO	18%	83.3	1.1*	12.3*	0.09	7.5
FCEV	42%	35.7	9.5	33.33	0.29	10.2
BEV	77%	19.5	0	0	0.088	1.7

Figura 9. Tabla comparativa de las distintas tecnologías. [23]

Al mismo tiempo, es un coche mucho más sencillo, tiene menos componentes que un vehículo convencional y, por lo tanto, necesita mucho menos mantenimiento y obtenemos un mayor espacio útil para el habitáculo del coche. Además, se trata de un vehículo con contaminación acústica casi inexistente.

Si, además, de todas las ventajas nombradas anteriormente, sumamos el gran número de subvenciones por parte del gobierno, el bajo coste de los impuestos y que la electricidad es mucho más barata que la gasolina, incluso que podría ser generada por el propio consumidor mediante placas solares fotovoltaicas, llegamos a la conclusión de que, aunque es más caro adquirir un vehículo eléctrico actualmente, a la larga, es mucho más barato mantenerlo.

A continuación, se estudia la viabilidad de un vehículo eléctrico frente a un vehículo de combustión interna. En este caso se analizarán dos modelos de Hyundai Kona: gasolina y eléctrico. En el *Anexo 4: Estudio de viabilidad del Hyundai Kona Eléctrico* se detallan los datos y métodos realizados para el siguiente estudio.

	Hyundai Kona 2021 1.0 TGD 120 CV Klass	Hyundai Kona Eléctrico 100 kW (136 CV) Maxx
Potencia (CV)	120	136
Consumo	5,8 L/100 km	14,3 kWh/100 km
Precio base	22.390 €	35.650€
Distancia (km)	200.000	
Energía	11600 L	28600 kWh
Coste energía	18.270,00 €	858,00 €
Mantenimiento básico	1.500,00 €	- €
Precio ITV	141,24 €	103,23 €
Coste	42.301,24 €	36.611,23 €

1.3.4. LA CONTAMINACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, el vehículo eléctrico no es 0% contaminante. La producción de este tipo de vehículos y la generación de electricidad contaminan, pero no es comparable con la contaminación del vehículo de combustión interna.

La contaminación de los vehículos de combustión interna comienza con la extracción del petróleo. Para ello, en tierra, se usan bombas de varilla que consumen electricidad, tanta que un Tesla Model S podría desplazarse hasta 56.000 km con la electricidad que consumen en un mes. Todo eso, sin contar la contaminación por extracción de petróleo marina, que se realiza a través de generadores diésel, muy contaminantes para la fauna marina. El combustible de los vehículos es necesario tratarlo previamente, por lo que es necesario desplazar el petróleo a las refinerías. Normalmente se hace por barco, ya que es la forma más económica. Estos barcos

también contaminan, ya que el combustible que utiliza para su desplazamiento es un combustible barato y muy poco eficiente. Este combustible contamina tanto que hay países que no les permiten operar dentro de un radio cerca de la costa, por lo que muchas veces, el barco que transporta el petróleo tiene que ser remolcado.

Una vez llega a las refinerías, la producción de los derivados del petróleo, entre ellos la gasolina, emite grandes cantidades de gases de efecto invernadero, además del gran consumo energético que suponen.

Una vez listo el combustible, se lleva a los puntos de repostaje o gasolineras a través de camiones diésel, que también emiten gases nocivos. Si, además, una vez lo quemamos en nuestro coche, solo aprovechamos un 30% de su energía, dado que el 70% se pierde en forma de calor, podríamos afirmar que la contaminación del vehículo eléctrico no es comparable con la del vehículo de combustión interna, y que por tanto el vehículo eléctrico sí es una solución viable y respetuosa con el medio ambiente.

1.3.5. TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Una primera clasificación de los vehículos eléctricos sería [8]:

1. HEV (Híbridos): combina un motor de combustión interna y uno o varios motores eléctricos. No necesitan conectarse a la red eléctrica para que la parte eléctrica funcione. Esto ofrece una autonomía eléctrica limitada, pero permite que la batería se pueda recargar sólo con la energía extraída de las deceleraciones. Por ejemplo: [Toyota Corolla](#).
2. PHEV (Híbridos “Plug-in”): se trata de un vehículo híbrido eléctrico cuyas baterías pueden ser recargadas enchufando el vehículo a una red de energía eléctrica. Por ejemplo: [Mercedes A 250 e Progressive](#).

3. Eléctricos: Su funcionamiento únicamente se debe a un sistema eléctrico. Podemos clasificarlos según de dónde se obtiene la energía eléctrica que hace mover el motor:

3.1. BEV (Battery Electric Vehicle): Se trata de los vehículos 100% eléctricos. Su desplazamiento se debe a uno o varios motores eléctricos alimentados por una batería que puede ser recargada en la red eléctrica. La mayoría de estos vehículos incorporan un sistema de frenado regenerativo capaz de recuperar energía en la frenada mediante la electrónica de potencia del motor que puede convertirse en un generador de corriente capaz de introducir energía en la batería. Por ejemplo: [Renault Zoe](#).

3.2. FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle): Vehículos movidos por pila de combustible de hidrógeno. La diferencia entre un vehículo 100% eléctrico y estos, es que la energía que utilizan sus motores eléctricos no proviene de una batería sino de una reacción química que se produce en la pila de combustible, alimentada por hidrógeno: H_2 se oxida perdiendo electrones que se capturan para generar una corriente eléctrica que mueve el motor eléctrico. Este tipo de baterías, normalmente, no tiene la opción de ser recargadas conectándose a la red. Por ejemplo: [Hyundai Nexó](#).

3.3. EREV (extended-range electric vehicles): vehículos eléctricos de autonomía extendida. Cuentan con una mecánica compuesta también por un motor de combustión y varios eléctricos. La diferencia con los anteriores es que el motor de combustión no mueve en ningún caso las ruedas del coche, solo funciona como un generador eléctrico que recarga una batería, que, a su vez, alimenta el motor eléctrico que se encarga de mover las ruedas. Además esta batería tiene la posibilidad de

conectarse a la red para ser recargada. Cuando la batería tiene suficiente carga el motor de gasolina se encuentra parado y el vehículo se mueve sin emisiones. Cuando la batería requiere energía se pone en marcha el motor de combustión para recargarla y mover el motor eléctrico. Son vehículos complejos por lo que los modelos en el mercado que la utilizan este sistema son escasos. Por ejemplo: [BMW i3](#).

- 3.4. Solar: Se trata de un tipo de vehículo eléctrico muy escaso y caro en el mercado actual. Se trata de un vehículo 100% eléctrico que funciona con uno o varios motores eléctricos alimentados por una o varias baterías que son recargadas por la energía que se obtiene de las placas solares que incorpora el vehículo. Por ejemplo: [Lightyear One](#).

1.3.6. ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO ACTUAL

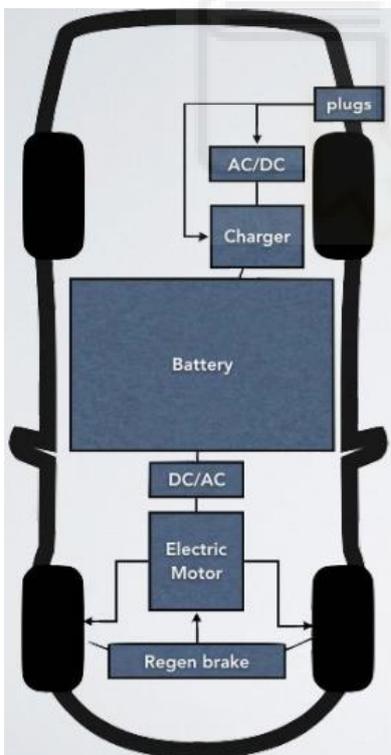
Como hemos mencionado anteriormente, en el apartado “1.5. Objeto de la investigación”, el objetivo es analizar las estrategias de carga óptimas para coches eléctricos, es decir, que los coches híbridos, quedan fuera del objeto del proyecto. Por lo tanto, analizaremos la estructura de cada tipo de vehículo eléctrico.

Es cierto que todos los vehículos eléctricos tienen una estructura similar, pero su funcionamiento es diferente según el tipo. Los elementos que todos tienen en común son los siguientes: [9]

- Batería. Es el medio por el que se alimenta todo el coche eléctrico y, por ello, en los coches que tienen un motor eléctrico de corriente continua, esta batería va directamente conectada al motor. En caso de que tuviéramos un motor de corriente alterna, tendríamos un inversor previo. Almacenan la energía en forma de corriente continua.

- Los sistemas de conversión e inversores. Los conversores son equipos que transforman la corriente alterna de la red en corriente continua. Los inversores sirven para transformar la corriente continua que cede la batería principal en corriente alterna.
- Motor eléctrico. Generan el movimiento de las ruedas. Los motores pueden ser de corriente continua o de corriente alterna.
- Sistema de frenado regenerativo. Este sistema de frenado actúa al disminuir la velocidad para acumular parte de la energía cinética que tiene el vehículo de manera aprovechable. El freno de los coches eléctricos genera nuevamente energía eléctrica y carga las baterías.

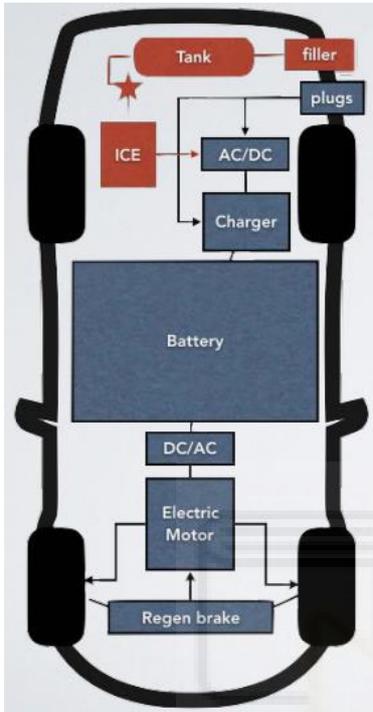
1.3.6.1. ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO DE BATERIA (BEV)



En la imagen se muestra la estructura de un vehículo eléctrico tipo BEV. Distinguimos todos los elementos nombrados anteriormente: Batería, convertidor, inversor, motor y sistema de frenado regenerativo.

Partimos de un cargador externo, dónde enchufamos nuestro coche eléctrico a la red. Esa energía pasa por un convertidor que convierte la corriente alterna de la red en continua para ser almacenada en la batería. Posterior a la batería, un inversor que convertiría nuestra corriente continua en alterna para ser usada en el motor eléctrico, en este caso de corriente alterna. Tenemos conectado al motor, el sistema de frenado regenerativo, para aprovechar esa energía cinética del frenado.

1.3.6.2. ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO DE AUTONOMÍA EXTENDIDA (EREV)



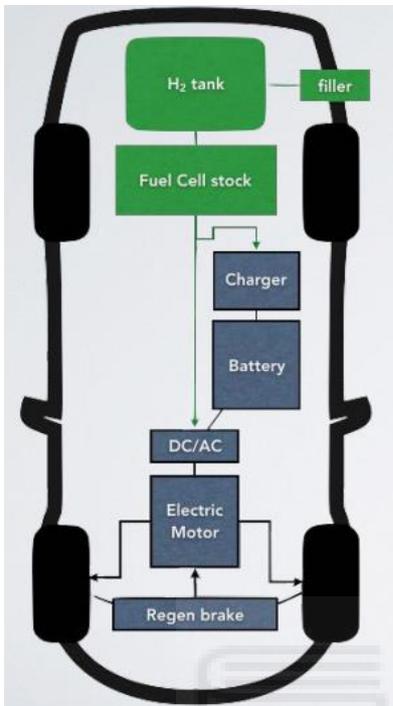
Como bien hemos comentado anteriormente, este tipo de vehículos sí contiene un motor de combustión interna, pero no es este motor el que hace mover el coche.

Es por ese motivo que en la estructura podemos observar un tanque de combustible y un sistema de llenado del mismo.

Este motor de combustión interna (ICE) se utiliza para alimentar la batería y al motor eléctrico. Estas baterías tienen la opción de recargarse en la red eléctrica también.

Por lo que, a pesar de tener un motor de combustión interna, el motor eléctrico es el que desempeña la función principal de mover el coche y generar la tracción.

1.3.6.3. ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO DE PILA DE COMBUSTIBLE (FCEV)

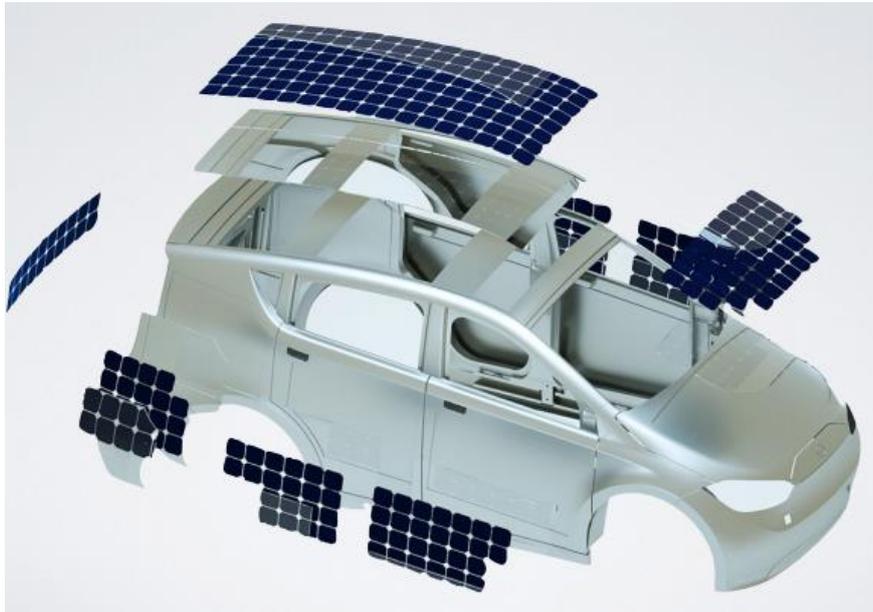


Este tipo de vehículos eléctricos tiene una gran diferencia frente a los anteriores, y es que es la significativa reducción del tamaño de la batería. Ahora la batería ya no es la fuente principal de energía.

La energía necesaria para que el motor eléctrico pueda generar la energía la obtenemos de una reacción química. Usan una pila de combustible alimentada con hidrógeno para generar energía eléctrica. Por ello, en la imagen se muestra un tanque de hidrógeno.

Para la reacción que se produce en la pila, hidrógeno como agente reductor y el oxígeno del aire como oxidante. Se trata de una reacción exotérmica que genera calor, y el único producto que obtenemos es agua.

1.3.6.4. ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO SOLAR



Este tipo de vehículos se diferencian por la obtención de energía. No necesitamos conectar el vehículo a la red para cargar las baterías, si no que la energía necesaria para que el motor eléctrico genere tracción se obtiene de la luz solar.

Como no hay luz solar durante todo un día, la energía obtenida a través de las placas solares cuando hay luz, se reparte para cargar una batería y hacer mover el motor. Si es de noche, el vehículo funcionará con la electricidad almacenada en la batería, y si es de día, con la energía obtenida directamente del sol.

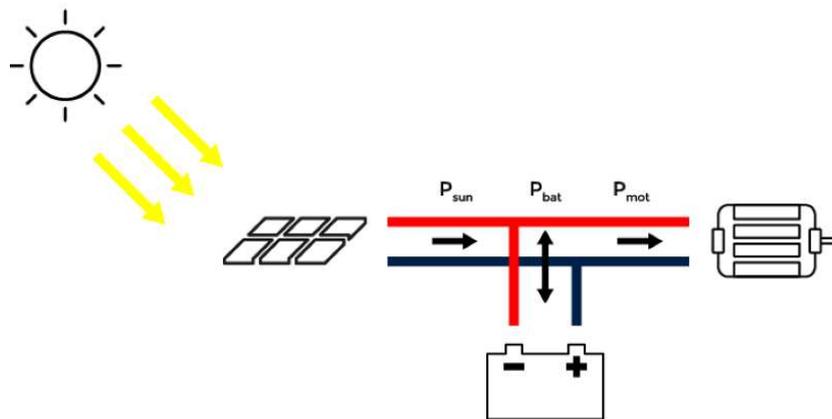


Figura 10. Funcionamiento del vehículo solar [10]

1.3.7. BATERIAS

La batería es el elemento mediante el cual almacenamos la energía que necesitamos para mover el vehículo. Es como el depósito de nuestro vehículo de gasolina. Es, por tanto, uno de los elementos más importantes de la estructura de un coche eléctrico. El tipo de batería influye directamente en el tipo de carga, la autonomía del vehículo, la durabilidad de la misma y por lo tanto la frecuencia con la que se requiere un mantenimiento.

Las baterías químicas están compuestas por celdas individuales que cuentan con un medio conductor y un medio electrolítico. Cuando estas celdas están conectadas en forma conjunta, forman una batería. Asimismo, varias baterías conectadas entre sí forman un banco de baterías. Una forma de aumentar la capacidad de una batería es agregar más celdas al paquete de baterías. Aunque esto aumenta el peso de la batería y el vehículo en su conjunto, la capacidad de almacenamiento adicional tiende a compensar con creces esto, lo que resulta en un mayor rango de conducción. Claramente, aumentar la capacidad de la batería agregando más celdas aumenta proporcionalmente el impacto ambiental de extracción y procesamiento de materias primas.

Los parámetros clave para la comparación de baterías son la energía, la densidad de potencia, el ciclo de vida, la vida útil y el coste por kWh. También se tiene en cuenta el volumen y la seguridad y, en un grado menor, la eficiencia energética y la auto descarga. Cada tecnología y cada batería se diseñan siguiendo un compromiso entre energía y densidad de potencia. Para los BEV, la batería generalmente tiene el tamaño que cumple los requisitos energéticos para permitir que se alcance una determinada autonomía.

Una forma de aumentar la autonomía del vehículo es elegir una batería con mayor densidad de energía, que proporciona una mayor capacidad de almacenamiento para la misma batería y peso. Sin embargo, esos materiales que ofrecen una mayor densidad de energía también tienen mayores impactos en términos de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos.

Existen dos tipos básicos de baterías, uno que corresponde a baterías no-recargables y otro a baterías recargables. Las baterías que se utilizan en los vehículos eléctricos son del tipo recargable.

La mayoría de los BEV utilizan actualmente son de iones de litio que difieren en el material del cátodo utilizado: [21]

- Óxido de Litio-Níquel-Manganeso-Cobalto (LiNMC): común en herramientas eléctricas y en trenes de potencia para vehículos. El coste de la materia prima es menor que el de otras opciones de baterías de iones de litio. Alta densidad energética.
- Fosfato de Hierro-Litio (LiFePO_4): baja resistencia, que mejora su seguridad y estabilidad térmica. Alta durabilidad y un largo ciclo de vida. se utilizan a menudo en motocicletas eléctricas.
- Óxido de Litio-Manganeso (OVM): Se caracterizan por su estabilidad a altas temperaturas y su alta seguridad en comparación con otros tipos de pilas de iones de litio. Se utilizan frecuentemente en equipos y dispositivos médicos.
- Óxido de Litio-Cobalto (LCO): muy alta energía específica pero una duración relativamente corta y una potencia específica limitada. Se utilizan para teléfonos móviles y otros dispositivos electrónicos portátiles.

- Óxido de Litio-Níquel-Cobalto-Aluminio (LiNCA): alta energía, pero baja vida útil. No son tan seguras como podrían ser otros tipos de baterías de iones de litio y son bastante costosas.

Las baterías de iones de litio son el tipo de baterías que más promete en el mercado actual y del futuro. Tienen una alta densidad energética, debido al litio, además de una alta eficiencia y larga esperanza de vida. Son las utilizadas en la actualidad para todos los tipos de vehículos eléctricos.

Cathode material	Energy density (Wh/kg)	Cycle life expectancy (charge-discharge cycles)
LCO	150-200	500-1 000
LMO	100-150	300-700
LiNMC	150-220	1 000-2 000
LiFePO ₄	90-120	1 000-2 000
LiNCA	200-260	~ 500

Figura 11. Propiedades de diferentes tipos de baterías de iones de litio. [21]

Una densidad de energía específica más alta significa que se necesita menos material para alcanzar un determinado rango, reduciendo así los impactos ambientales en el vehículo. Una mayor esperanza de vida del ciclo también puede reducir el impacto ambiental de la batería.

Un aspecto para tener en cuenta en cuanto la batería es la temperatura, ya que afecta directamente a la autonomía el vehículo eléctrico. La temperatura, como otras variables como: el número de pasajeros, el tipo de conductor y el terreno, influye sobre la autonomía. Si la autonomía de la batería disminuye, el número de ciclos de carga será mayor y, por lo tanto, la durabilidad de la batería será menor.

A menudo se asume que la pérdida de autonomía a temperaturas bajas se debe a un peor rendimiento de la batería. Las baterías de iones de litio son más lentas a

temperaturas bajas porque afectan a la capacidad de estas para almacenar y liberar energía. Por ello, muchos fabricantes de automóviles han diseñado sistemas de gestión térmica de la batería para mantener las baterías en el rango de temperatura óptimo, lo que permite minimizar la pérdida de rendimiento de la batería.

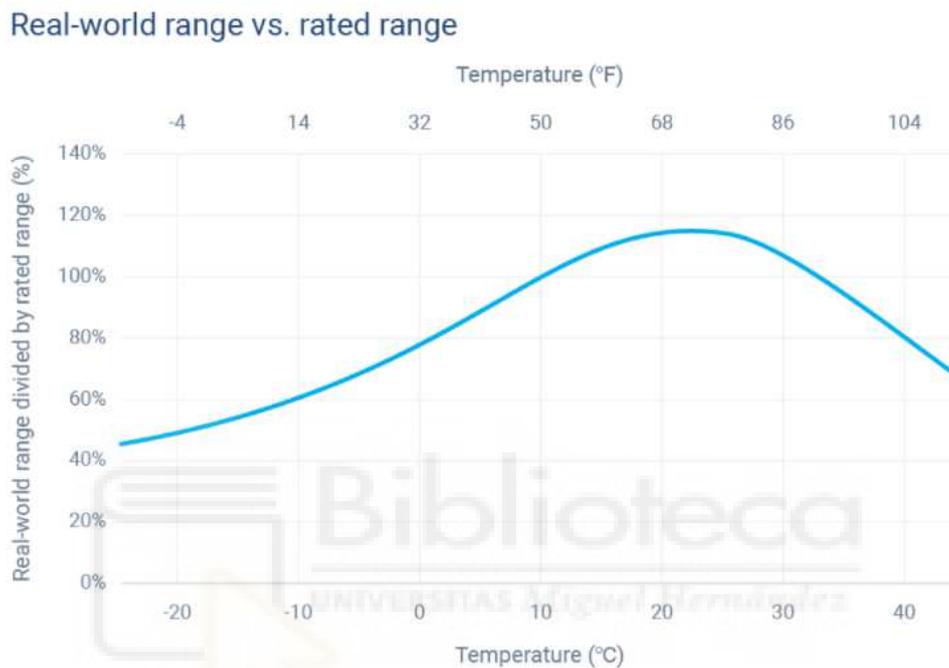


Figura 12. Curva de la autonomía en función de la temperatura. [24]

En el gráfico anterior se muestra la autonomía que tendrá (de media) un vehículo eléctrico en comparación con su autonomía en función de la temperatura. En el rango de temperaturas óptimas, los vehículos eléctricos tendrán un rendimiento mejor, llegando a tener un rendimiento máximo del 115 % a 21,5 °C. Sin embargo, a medida que sube o baja la temperatura, la pérdida de autonomía es evidente. A -15 °C, la autonomía de los vehículos eléctricos cae hasta el 54 % de la autonomía, lo que significa que un coche con una autonomía de 400 kilómetros solo recorrerá unos 215 kilómetros de media.

El frío afecta negativamente al rendimiento de la batería, pero lo cierto es que el calor tampoco tiene efectos positivos. En el gráfico se aprecia que la autonomía desciende ligeramente más rápido (la pendiente es más pronunciada) a medida que aumenta la temperatura. [24]

Los estudios generalmente asumen, para el proceso de carga de vehículos eléctricos, que los efectos de la temperatura son despreciables, como hemos asumido en éste. Un estudio realizado por U.S. Department of Energy, sobre un análisis empírico de la carga rápida de vehículos eléctricos en bajas temperaturas, tomó de muestra una flota de Nissan Leaf utilizados como taxis como parte de la comisión de taxis de vehículos eléctricos y limusinas de la ciudad de Nueva York. Desde 2013 hasta 2015, tomaron datos de corriente de la batería, el voltaje de la batería, el SoC⁷, la velocidad del vehículo, la temperatura ambiente, la duración de la carga y la ubicación del sistema de posicionamiento global del vehículo. Se confirmó el efecto de la temperatura en la velocidad de carga:

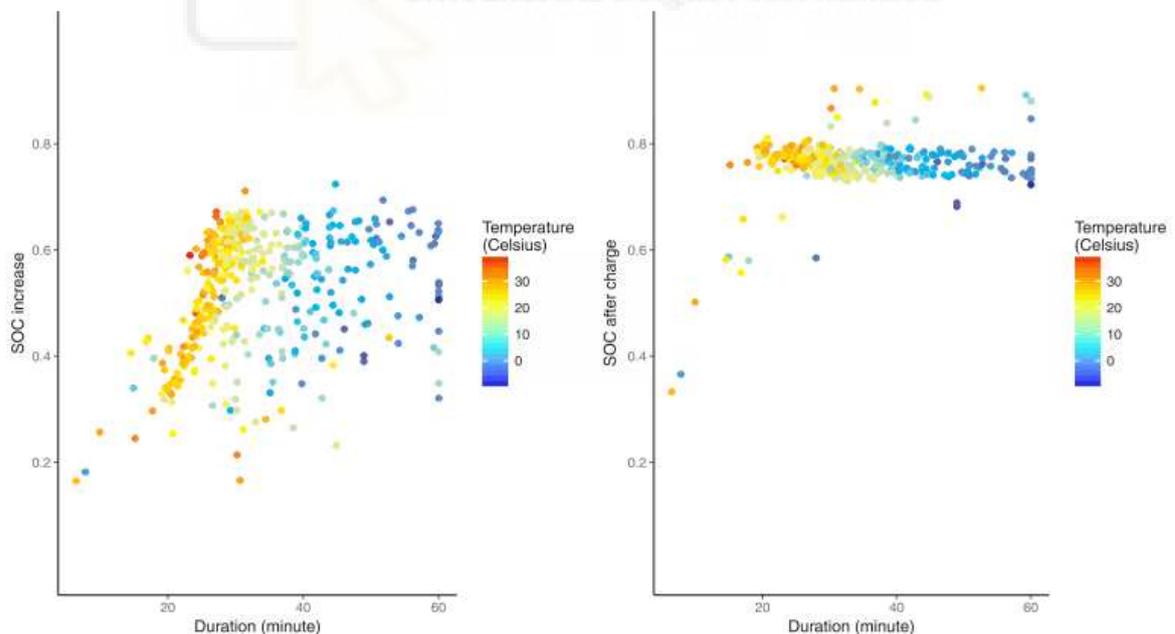


Figura 13. Relaciones entre el estado de la batería, duración de la carga y temperatura. [15]

⁷ State of charge. Estado de carga.

El color de cada punto refleja la temperatura ambiente en el momento de la carga. La figura muestra una clara relación entre la temperatura y la duración de la carga: cuando la temperatura es superior a 25 ° C, la relación entre el SoC aumenta y la duración se asemeja a una recta con una pendiente pronunciada; mientras que cuando la temperatura es inferior a 25 ° C, la relación parece débilmente lineal con una pendiente mucho más plana. Se observa también, que, para un mismo valor de SoC, a temperaturas más altas, el tiempo de carga es mucho menor que a temperaturas más frías.

Actualmente, hay muchos estudios y proyectos sobre otros tipos de baterías para vehículos eléctricos que optimicen su carga, tamaño y capacidad. Recientemente, la start-up suiza *Innolith AG* anunciaba haber desarrollado una batería con mayor densidad que, sin aumentar su peso y tamaño, puede almacenar más energía y obtener una autonomía de hasta los 1.000 km con baterías de litio con electrolitos no inflamables. Otros investigadores de la Universidad de Melbourne han anunciado el desarrollo de una batería de litio y azufre con la misma autonomía. Las baterías de electrolito en estado sólido también podrían situarse a la vanguardia del sector al reducir coste, peso y tamaño, aumentar la densidad energética y eliminar los sistemas de seguridad necesarios para evitar el calentamiento. [3]

1.4. RED DE CARGA

El número de puntos de carga está aumentando exponencialmente desde que el coche eléctrico pasó a ser una realidad en el mercado automovilístico. Muchas empresas de electricidad e incluso petrolíferas, como Iberdrola o Repsol, tienen entre manos muchos proyectos para la expansión de todo tipo estaciones de carga.

Desde EAFO⁸ se lleva un registro del número total de infraestructuras instaladas por año. A continuación, se muestra una evolución del número de puntos de carga en España desde 2008 con 0 puntos hasta 2020 con 8173 puntos, siendo 2012 el año del comienzo de este tipo de instalaciones con 406 puntos repartidos por toda España. [27]

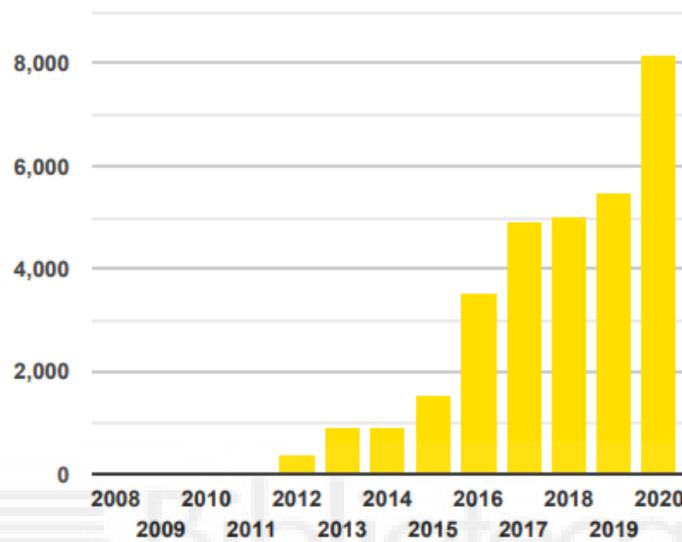


Figura 14. Histórico de número de puntos de carga en España desde 2008 hasta 2020 [27]

Hoy en día existe una gran diversidad de estaciones de cargas que se diferencian según el tipo de conector y la potencia de carga: dos condiciones para tener en cuenta.

Un primer filtro a la hora de seleccionar el puesto de carga más cercano, debe ser el tipo de conector. Actualmente, contamos con varios tipos de cargadores. En Europa se aprobó como el estándar el Type 2 o Mennekes (nombre de la empresa que lo comercializó). Es de corriente alterna y está en modelos de vehículos eléctricos como BMW i3, i8, Tesla Model 3 y Hyundai Kona Electric... Es el tipo de conector más

⁸ European Alternative Fuels Observatory

abundante, de ahí que más del 50% de los puntos de carga cuenten con este tipo de conector. [12]

Además, contamos con otro tipo de conector, CCS Combo, que permite recargar tanto en corriente alterna como en continua, y que también son compatibles con puestos de carga de Type 2 y de CCS2. Esto permite cargar en un cargador económico que podemos tener en nuestra casa, en el trabajo o en un centro comercial y, además, cargar de manera rápida, a potencias altas en supercargadores. [13]

Distribución de los conectores



Figura 15. Distribución de los conectores en los puestos de carga de España [6]

Otro filtro a importante debe ser la potencia del punto de carga. La potencia afecta directamente al tiempo de carga. A mayor potencia, menor es el tiempo de carga. Por lo que, si el conductor dispone de poco tiempo, es recomendable cargar en “Super cargadores” (Cargadores de altas potencias).

Para cargadores con bajas potencias (entre 3-50 kW), la velocidad de carga está limitada por la potencia del cargador, por lo que el tiempo de carga de la batería será mucho más lento. En cambio, en super cargadores (más de 100 kW), normalmente, la velocidad de carga estará limitada por la batería, por lo que, dependiendo del tipo de batería del coche, cargará más rápido o más lento.

Conocer la curva de carga de cada modelo de vehículo eléctrico y, en consecuencia, la variación de potencia de carga en función de su estado de carga (SoC), es clave para poder estipular una estrategia óptima para la recarga de vehículos.

1.5. OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente proyecto de investigación, impulsado por el Laboratorio de Vehículos de la Universidad Miguel Hernández, adscrito al departamento de Ingeniería Mecánica y Energía, en el que se pretende analizar la carga rápida de los vehículos eléctricos con la finalidad de proponer estrategias de carga a los conductores de dichos vehículos, de tal forma que el tiempo de carga y el tiempo de viaje sean óptimos.

Para ello, será esencial conocer las curvas de carga de cada modelo de vehículo eléctrico y el consumo WLTP (kWh/100 km), para obtener ecuaciones en función del tiempo de carga, y determinar una estrategia de carga óptima para cada vehículo.

1.6. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para la obtención de datos y resultados significativos y consistentes, el presente proyecto requiere una gran cantidad de ensayos en numerosos modelos de vehículos eléctricos.

En primer lugar, se analizará una prueba por cada modelo de vehículo eléctrico en un punto de carga ultra rápida, de tal forma que obtendremos los datos necesarios para la realización de las curvas de carga reales de cada vehículo.

Una vez obtenidos los datos necesarios, se realizará, a partir de una Hoja de Cálculo en Excel, los cálculos necesarios para obtener las curvas de carga, de las cuales obtendremos los puntos óptimos de carga de cada modelo.

Y, por último, se realizará un ranking de los 10 mejores vehículos eléctricos de todos los analizados y obtendremos una estrategia de carga óptima para cada modelo de EV analizado.



2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. EQUIPOS UTILIZADOS

Para la obtención de datos reales, las pruebas se han realizado con los siguientes modelos de vehículos eléctricos. A continuación, se muestran las marcas, características y puesto en ventas en el ranking 2021 del *Anexo 1: Ranking en ventas en España en 2021*:

Modelo	IONIQ 5		
Marca	Hyundai	Potencia del motor	170 a 306 CV
Año	2021	Batería	Polímero de Litio
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	20



Modelo	Tesla Model 3		
Marca	Tesla	Potencia del motor	256 a 351 CV
Año	2020	Batería	Ion Litio
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	1



Modelo	Tesla Model 3 Standard Range		
Marca	Tesla	Potencia del motor	325 CV
Año	2020	Batería	Ion Litio
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	1



Modelo	Peugeot e-208		
Marca	Peugeot	Potencia del motor	136 CV
Año	2020	Batería	45
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	6



Modelo	Volkswagen ID3		
Marca	Volkswagen	Potencia del motor	126 a 150 CV
Año	2020	Batería	56
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	9



Modelo	Volkswagen ID4		
Marca	Volkswagen	Potencia del motor	170 CV
Año	2020	Batería	75
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	5



Modelo	Mercedes EQA		
Marca	Mercedes Benz	Potencia del motor	228 CV
Año	2021	Batería	65
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	16



Modelo	BMW iX3		
Marca	BMW	Potencia del motor	286 CV
Año	2020	Batería	74.5
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	32



Modelo	Citroën ë-C4		
Marca	Citroën	Potencia del motor	136 CV
Año	2020	Batería	100
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	15



Modelo	Audi eTRON GT		
Marca	Audi	Potencia del motor	476 a 598 CV
Año	2021	Batería	85
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	46



Modelo	Hyundai KONA		
Marca	Hyundai	Potencia del motor	136 CV
Año	2018	Batería	100
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	7



Modelo	Renault ZOE		
Marca	Renault	Potencia del motor	108 a 135 CV
Año	2012	Batería	50
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	3



Modelo	Ford Mustang Mach-E		
Marca	Ford	Potencia del motor	269 a 487 CV
Año	2021	Batería	86
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	22



Modelo	Tesla Model S		
Marca	Tesla	Potencia del motor	670 a 1.020 CV
Año	2012	Batería	93
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	54



Modelo	Volvo XC40 Recharge		
Marca	Volvo	Potencia del motor	231 CV
Año	2021	Batería	78
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	37



Modelo	Jaguar I-PACE		
Marca	Jaguar	Potencia del motor	400 CV
Año	2018	Batería	90
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	43



Modelo	MG ZS EV		
Marca	MG	Potencia del motor	156 a 177 CV
Año	2019	Batería	44.5
Conector	CCS2	Puesto en ventas en 2021	30



Modelo	Nissan LEAF		
Marca	Nissan	Potencia del motor	150 a 217 CV
Año	2010	Batería	62
Conector	Tipo 2 + CHAdeMo	Puesto en ventas en 2021	13



2.2. ENSAYOS

Para la obtención de datos, el estudio se ha basado en tomar valores a partir de ensayos realizados por terceros que han sido publicados como sesiones de carga en una plataforma online.

El procedimiento para la toma de datos se ha basado en ir tomando datos por cada incremento de estado de carga (% SoC). Los datos extraídos siempre son tres: el estado de carga, la potencia de carga y un tercer dato que puede ser tiempo, o energía añadida a la batería, dependiendo de la pantalla de carga de cada modelo.

A partir de los 3 datos obtenidos de cada ensayo, se obtendrán las curvas de carga de cada modelo, esenciales para determinar la estrategia óptima de cada modelo de vehículo eléctrico.

2.3. METODOLOGÍA EMPLEADA

Para obtener las curvas de carga, el estudio se basa en los datos obtenidos por los ensayos grabados.

A partir de los datos obtenidos, se aplica el siguiente proceso:

- Para obtener la energía añadida en cada minuto a la batería, se aplica la siguiente fórmula de la cual la potencia y el tiempo son datos obtenidos de los ensayos:

$$\text{Energía añadida a la batería (kWh)} = \text{Potencia (kW)} \cdot \text{Tiempo (h)} \quad (1)$$

- Para obtener la autonomía que obtenemos en cada minuto, se aplica la siguiente fórmula de la cual el dato del consumo WLTP está homologado y la energía añadida es el cálculo que hemos realizado anteriormente:

$$\text{Autonomía añadida (km)} = \frac{\text{Energía añadida a la batería (kWh)} \cdot 100}{\text{Consumo WLTP (kWh/100 km)}} \quad (2)$$

- Para obtener el valor de velocidad de carga en cada punto, aplicamos la siguiente fórmula que tiene en cuenta los km añadidos en ese incremento respecto al tiempo transcurrido:

$$\text{Velocidad de carga (km/min)} = \frac{\text{Autonomía añadida (km)}}{\text{Tiempo (min)}} \quad (3)$$

Tras la aplicación de las fórmulas anteriores, obtenemos tres curvas de carga:

- Potencia de carga frente a Estado de carga (% SoC): Cuyos datos se extraen de los ensayos ya realizados.
- Velocidad de carga (km/min) respecto al Estado de carga (% SoC): Basado en datos extraídos de los ensayos y en la Fórmula 3.
- Autonomía frente al tiempo: Basado en la Fórmula 2. Se obtiene además una ecuación de autonomía frente al tiempo para cada modelo.

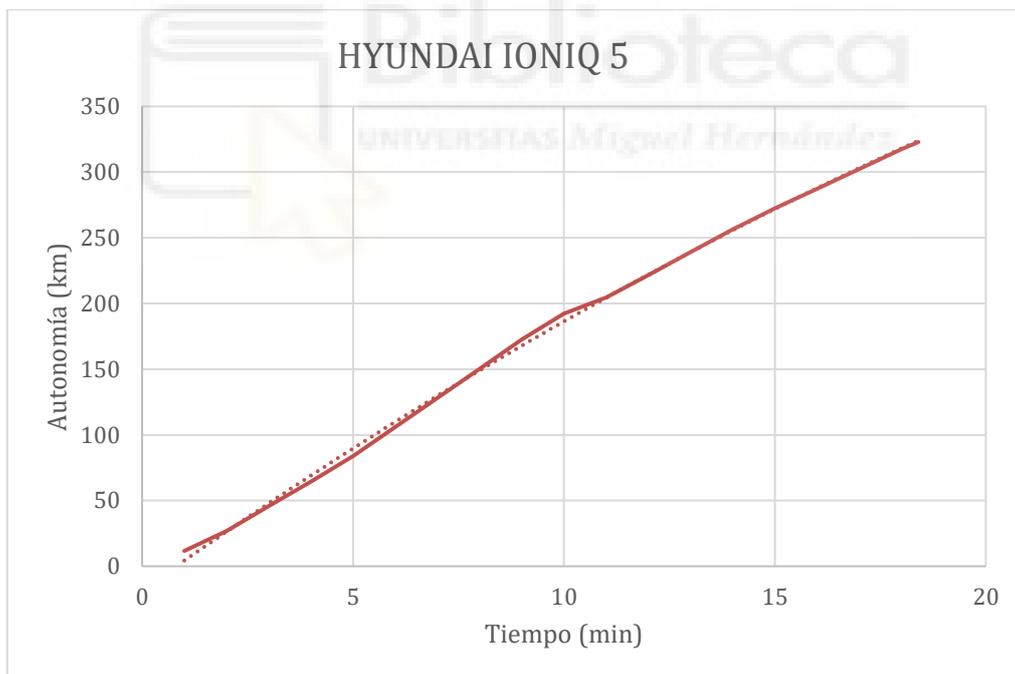
3. RESULTADOS

El análisis de los resultados se realiza individualmente cada modelo, incluyendo de cada uno un resumen de los datos obtenidos, un gráfico de autonomía frente al tiempo y la ecuación de carga correspondiente.

Se adjunta el resto de información en el *Anexo 2: Resultados*.

3.1. Hyundai IONIQ 5

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	115	0	10
5	217	83,87	29
10	123	192,35	53
15	161	272,44	69



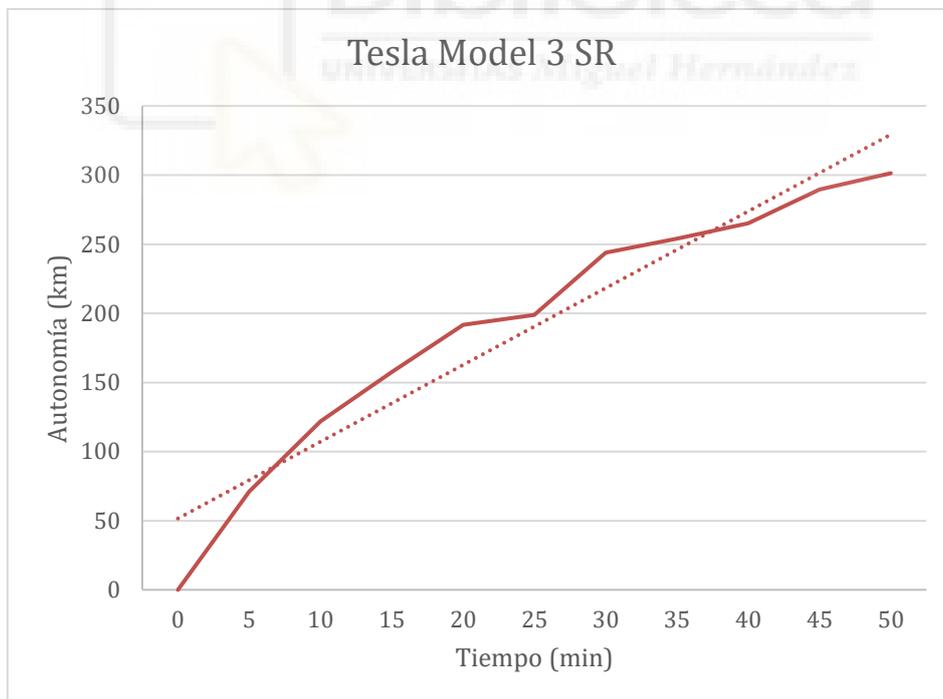
3.2. Tesla Model 3

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	250	0	10
5	213	135,78	34
10	124	230,82	53
15	103	291,92	65
20	74	339,44	75
25	54	373,39	81
30	36	400,54	87



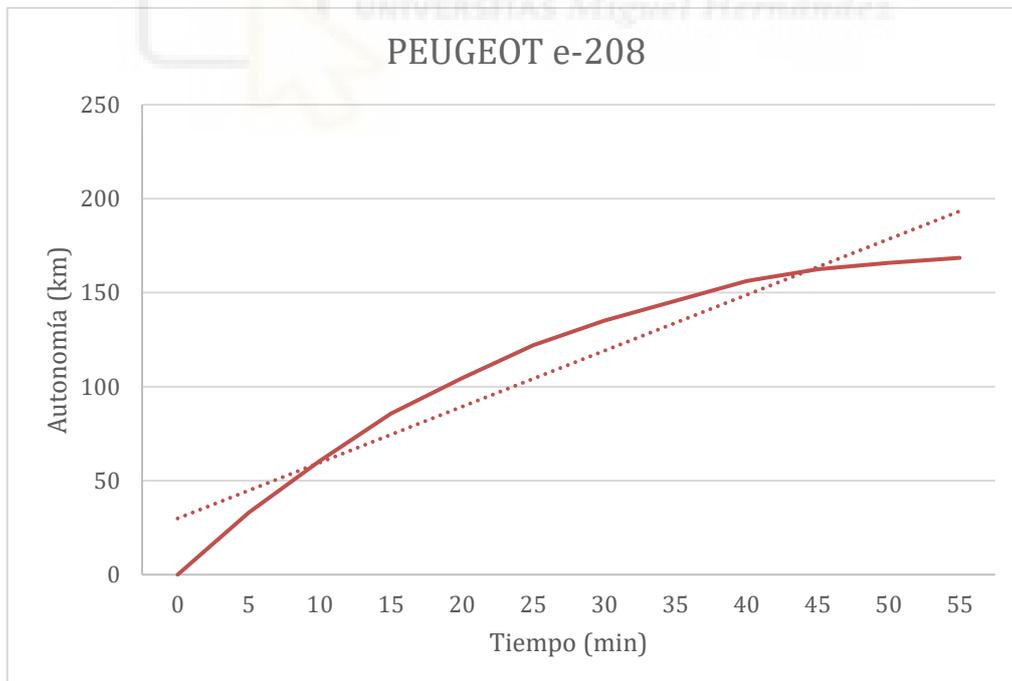
3.3. Tesla Model 3 SR

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	160	0	10
5	111	71,23	30,4
10	77,5	121,92	45
15	62,2	157,53	55,2
20	50,5	191,78	65,1
25	48	198,76	67
30	31,8	243,84	80,1
35	28,5	254,1	83
40	27	265,11	85
45	26	289,65	86
50	25	301,37	87



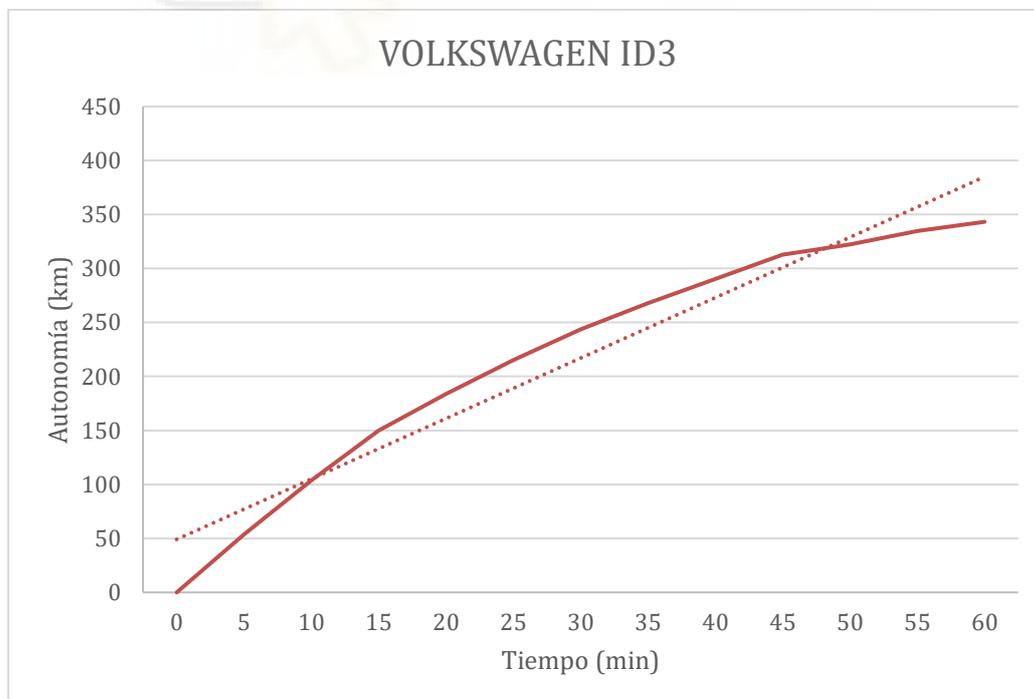
3.4. Peugeot e-208

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	99	0	10
5	76	33,05	26
10	76	60,65	39
15	52	85,76	51
20	52	104,58	60
25	43	121,98	68
30	27	135,09	74
35	28	145,6	79
40	27	156,17	84
45	11	162,42	87
50	10	165,84	88
55	10	168,54	90



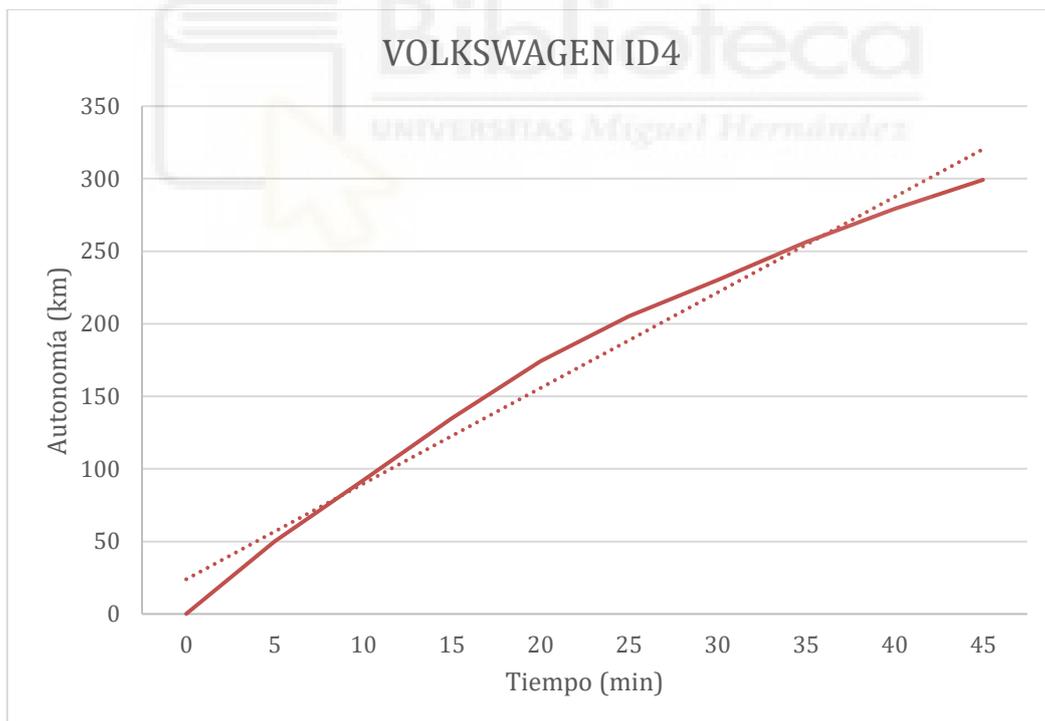
3.5. Volkswagen ID.3

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	100	0	10
5	101	53,81	24
10	90	103,89	38
15	74	149,84	50
20	65	183,89	59
25	54	215,15	67
30	50	243,59	74
35	50	267,73	80
40	40	290,34	85
45	29	312,69	91
50	26	322,36	93
55	24	334,83	96
60	21	343,24	98



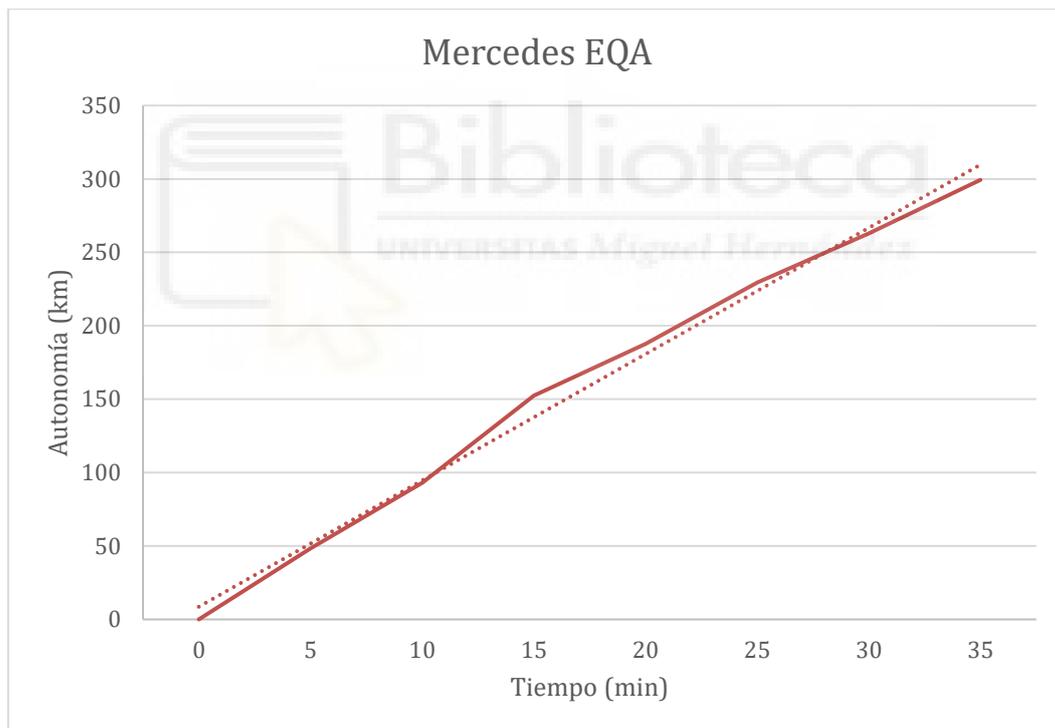
3.6. Volkswagen ID.4

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	38	0,14	10
5	125	50,06	22
10	122	92,08	34
15	102	134,75	46
20	86	174,16	57
25	73	205,24	65
30	66	230,16	72
35	67	256,35	79
40	54	279,16	84
45	40	299,24	90



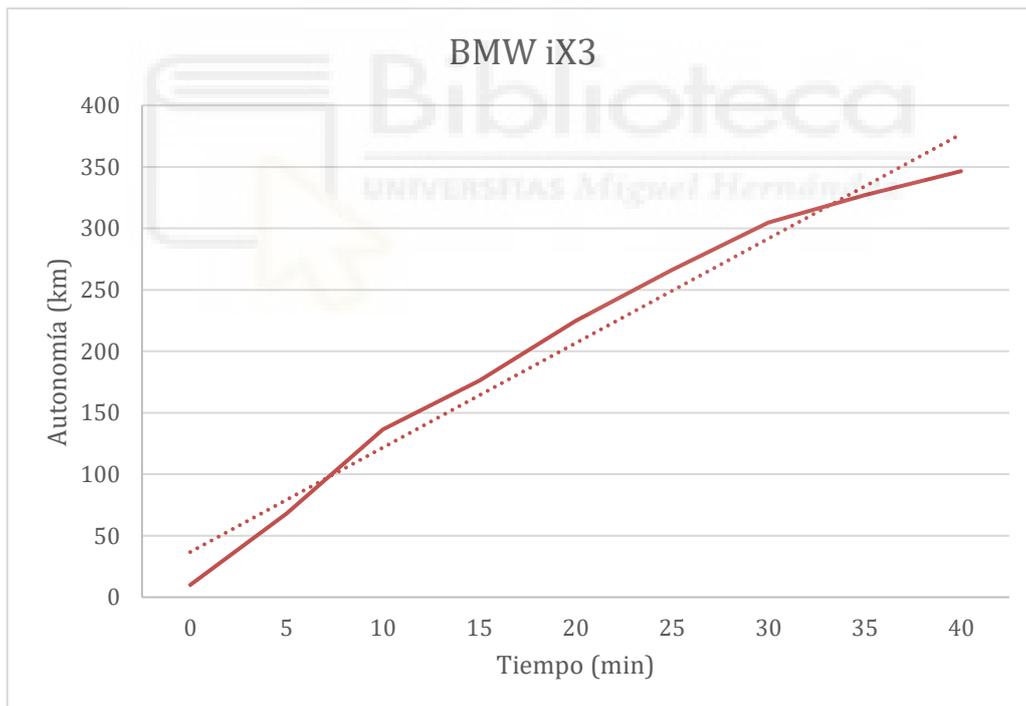
3.7. Mercedes EQA

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	14	0	10
5	112	48,33	23
10	109	93,06	35
15	103	152,39	50
20	97	187,67	60
25	86	229,52	71
30	73	263	80
35	63	299,4	90



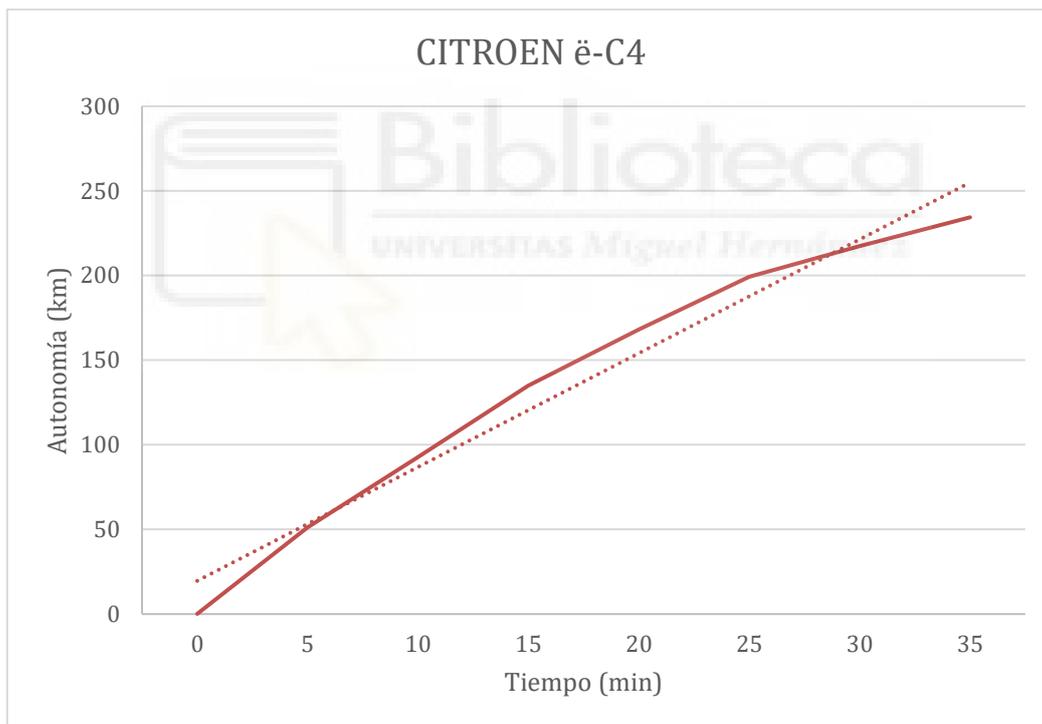
3.8. BMW iX3

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	151	10	10
5	150	68,22	23
10	142	136,48	39
15	121	176,27	48
20	109	224,65	59
25	94	266,32	69
30	60	304,69	78
35	47	326,98	83
40	45	346,48	87



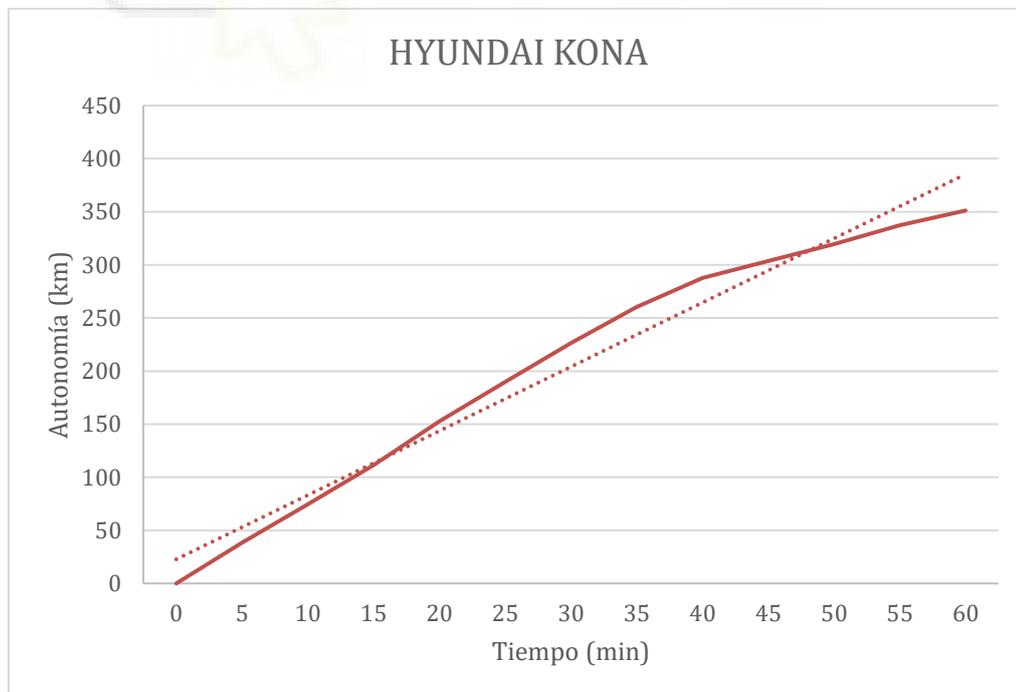
3.9. Citroën eC4

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	23	0,125	10
5	98	51,26	28
10	79	92,63	42
15	81	134,98	56
20	55	168,19	67
25	57	199,35	77
30	29	217,38	83
35	30	234,38	88



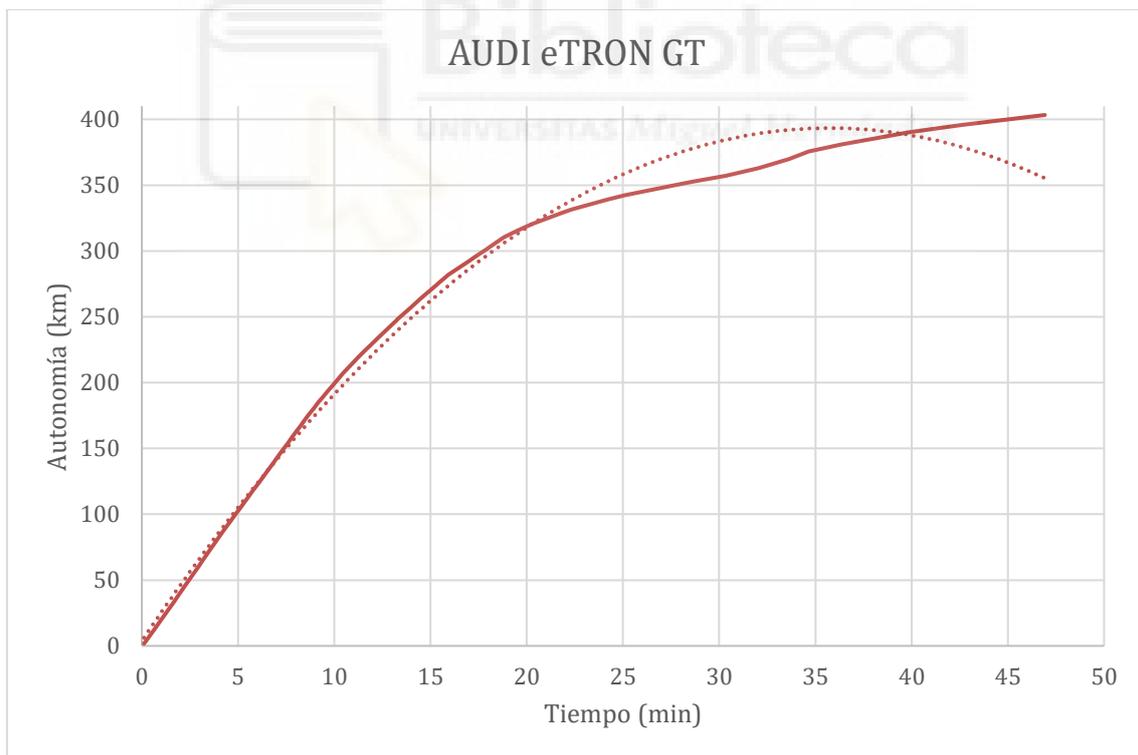
3.10. Hyundai Kona

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	8	0	10
5	65	38,29	18
10	67	74,53	26
15	68	111,35	34
20	69	152,56	43
25	69	189,61	51
30	56	226,43	59
35	57	260,2	66
40	37	287,69	72
45	37	303,63	76
50	25	319,65	79
55	25	337,24	82
60	25	351,13	85



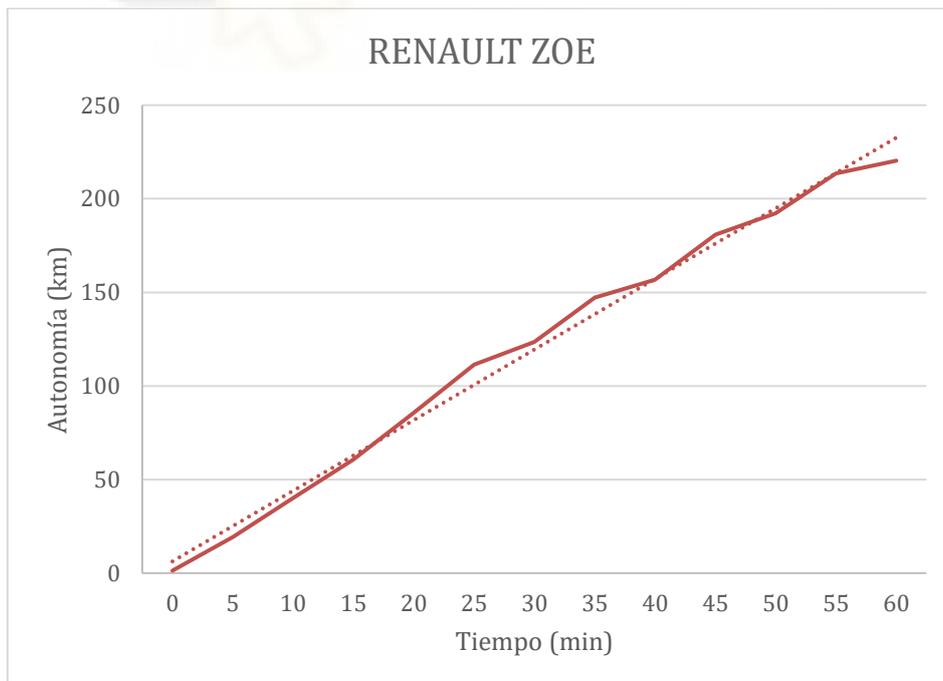
3.11. Audi eTRON GT

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	195	1,78	10
5	243	104,47	34
10	208	198,18	55
15	154	273,85	71
20	83	320,29	81
25	44	342,4	85
30	32	357,19	88
35	66	375,51	91
40	33	389,82	94
45	22	397,65	95



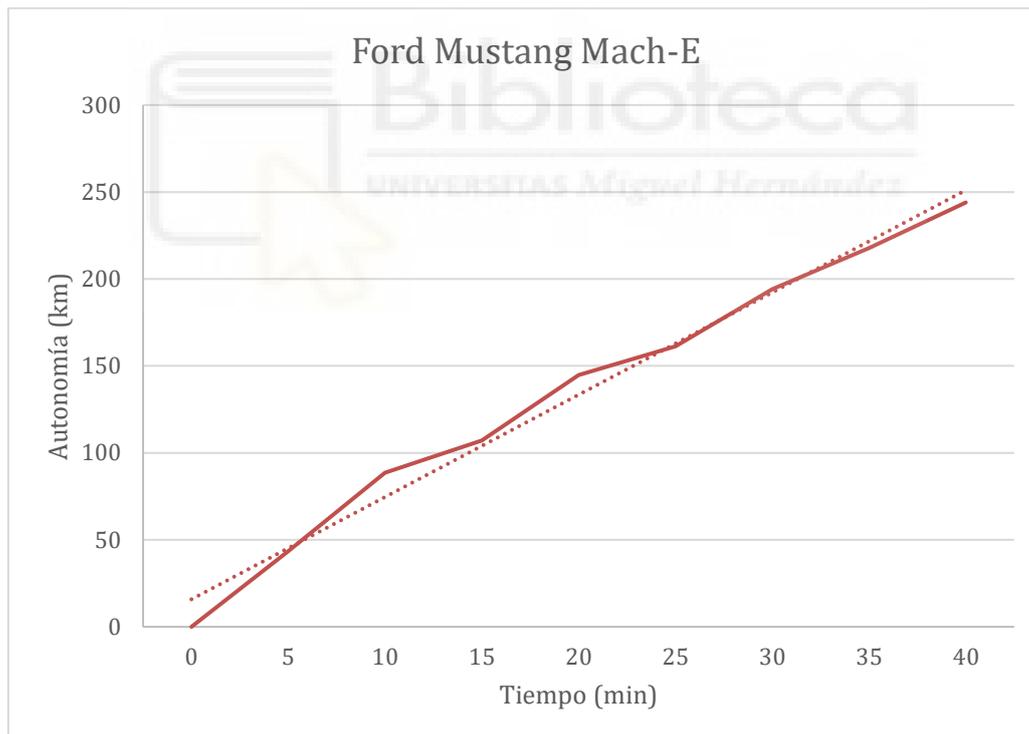
3.12. Renault ZOE

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	42	1,32	10
5	43	19,24	15
10	44	40,12	22
15	44	60,65	29
20	45	85,57	37
25	45	111,37	46
30	45	123,51	50
35	41	147,2	57
40	41	156,82	60
45	36	180,85	68
50	34	192,32	72
55	27	213,52	80
60	26	220,35	82



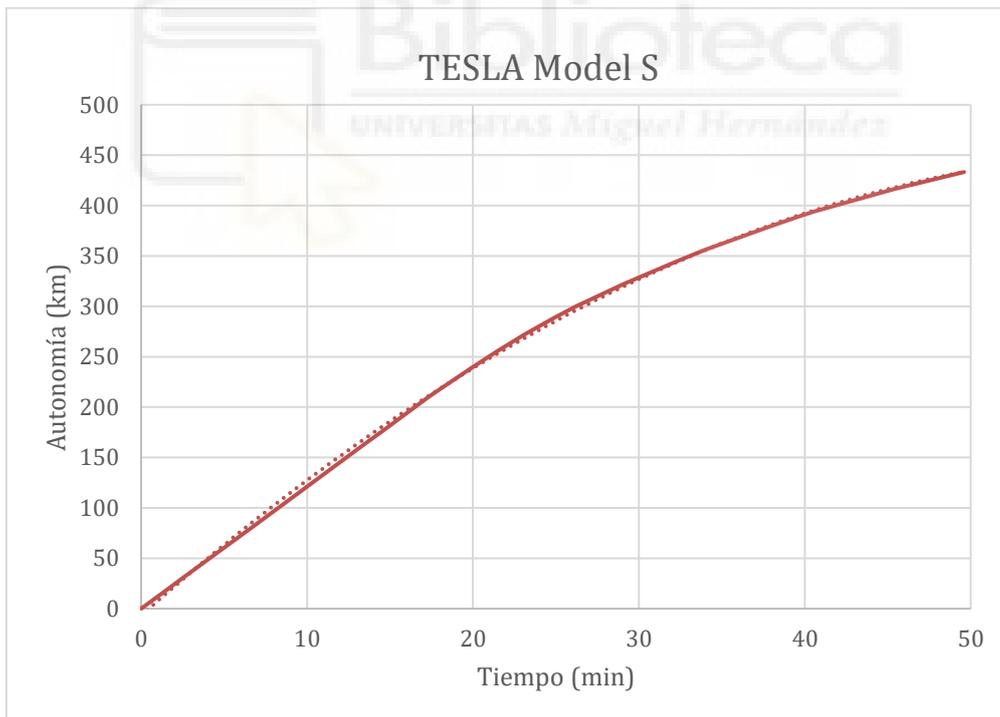
3.13. Ford Mustang Mach-E

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	4	0	10
5	111	43,39	22
10	103	88,54	35
15	96	107,18	40
20	77	144,76	50
25	76	161,3	55
30	78	194,12	64
35	77	217,73	70
40	78	243,99	80



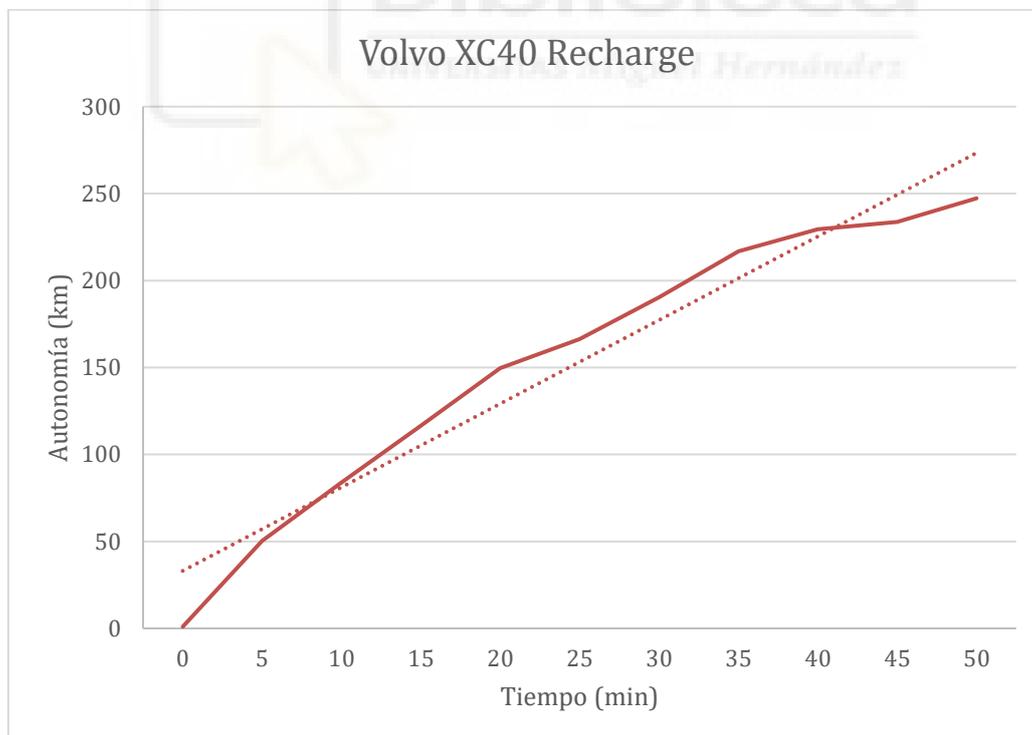
3.14. Tesla Model S

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	2	0	10
5	131	61,11	21
10	131	133,33	34
15	131	177,78	43
20	121	238,89	53
25	100	288,89	63
30	84	322,22	70
35	71	355,56	76
40	62	388,89	81
45	50	416,67	87



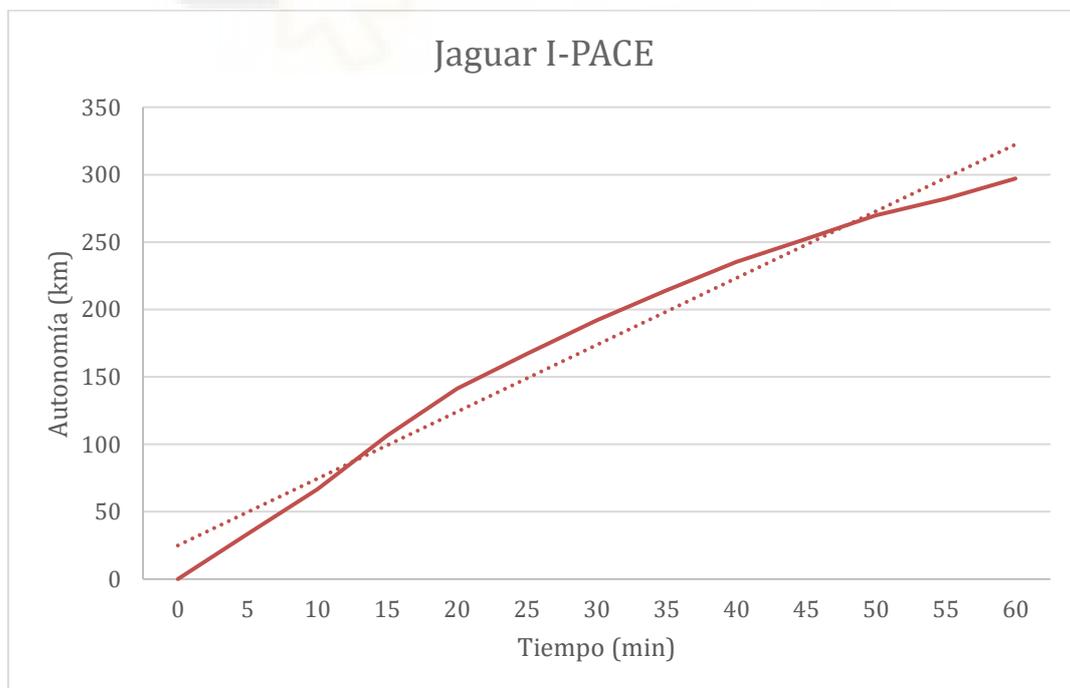
3.15. Volvo XC40

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	57	0,96	10
5	133	50,29	25
10	102	83,93	35
15	91	116,61	45
20	70	149,67	55
25	59	166,27	60
30	67	190,36	68
35	68	216,8	75
40	26	229,55	79
45	29	233,73	80
50	29	247,29	84



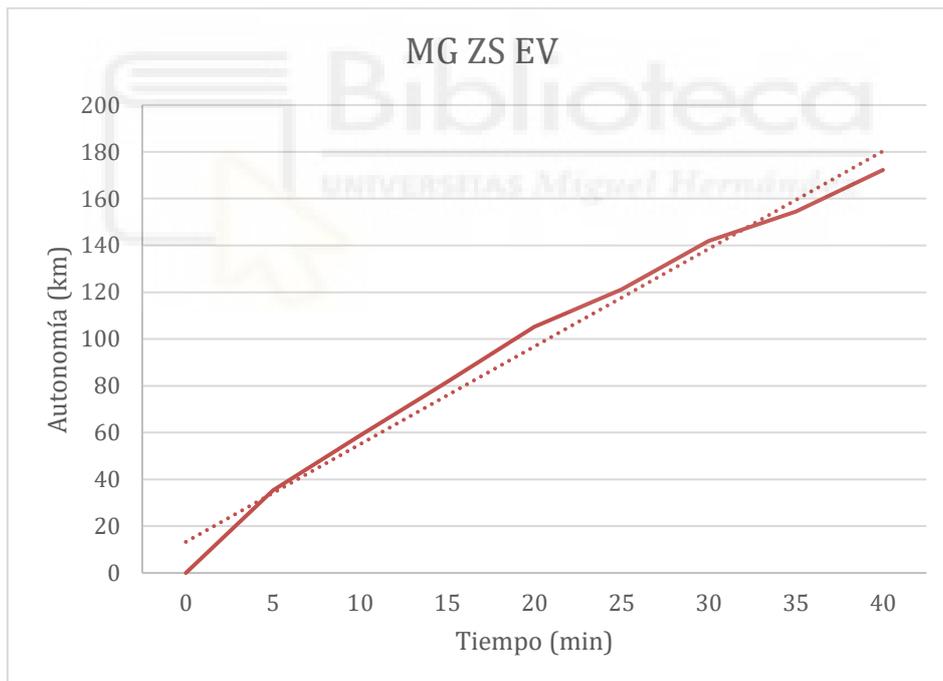
3.16. Jaguar I-Pace

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	14	0	10
5	94	33,54	18
10	104	66,59	26
15	104	106,54	36
20	83	141,25	45
25	74	167,07	52
30	66	191,79	59
35	57	214,18	65
40	58	235,2	70
45	49	252,35	74
50	49	269,71	78
55	40	282,16	81
60	40	297,09	84



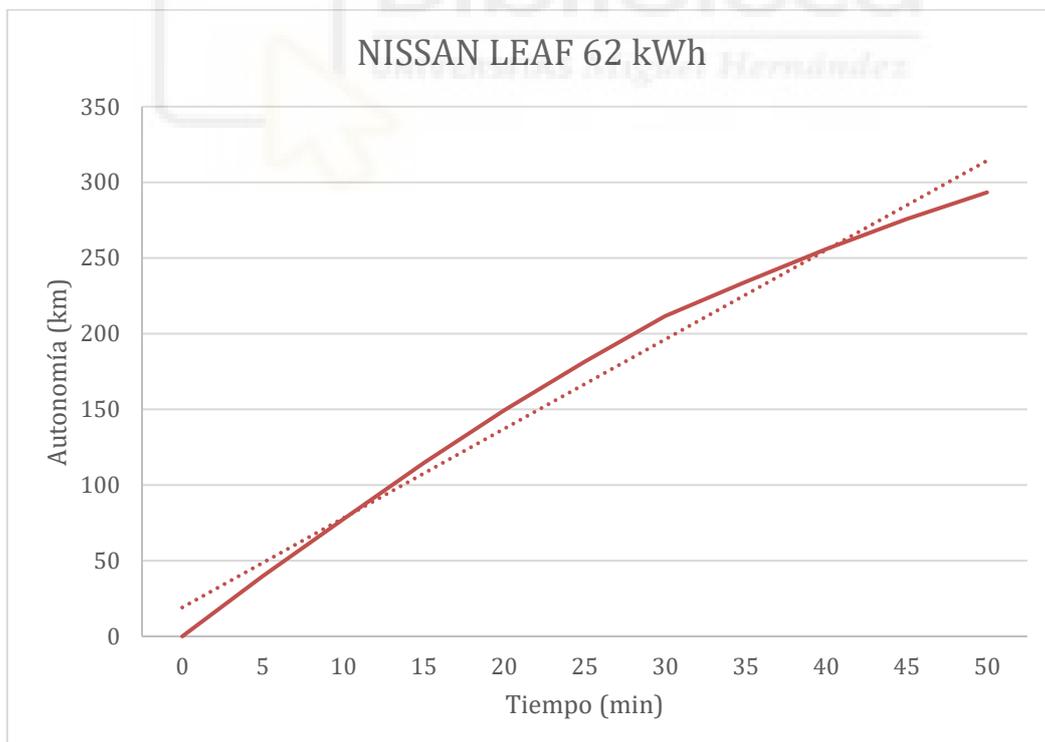
3.17. MG ZS

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	6	0	10
5	65	35,31	25
10	59	58,81	35
15	52	81,73	45
20	43	105,21	55
25	40	121,22	62
30	37	141,97	70
35	37	154,51	75
40	23	172,25	81



3.18. Nissan Leaf

Tiempo (min)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	%
0	69	0	10
5	69	39,88	18
10	66	77,48	26
15	63	114,485	38
20	60	149,43	50
25	55	181,45	59
30	49	211,56	66
35	41	234,25	73
40	37	255,98	80
45	33	275,63	84
50	30	293,33	88



4. CONCLUSIONES

Tras el exhaustivo ensayo de carga rápida de cada modelo de vehículo y obtener sus curvas de carga, determinamos la estrategia óptima de carga para cada modelo.

La estrategia optima de carga se basa en cargar cada modelo de vehículo eléctrico hasta su punto de carga óptimo, ya que es hasta entonces donde conseguimos la mayor autonomía posible en un tiempo de carga corto. Este tiempo de carga dependerá del modelo, y a su vez de la batería, además de la potencia del cargador, es por eso que para cada modelo es diferente. Para determinar la estrategia se tiene en cuenta el objetivo de 2025 en España: puntos de carga de 50 kW cada 50 km, de 150 kW cada 100 km y de 300 kW cada 150 km.

Por ejemplo, el Tesla Model 3 comienza recuperando 28.3 km/min con un 11% de SoC y pasa a recuperar 10.4 km/min con un 70% de SoC. Es, por tanto, que la curva de carga difiere mucho de un gráfico lineal, como se muestran en los resultados, y no obtenemos la misma potencia de carga durante todo el proceso. De ahí, el objetivo de este proyecto: determinar estrategias óptimas de carga rápida para cada modelo de EV.

A continuación, se detalla para cada modelo, su estrategia óptima basada en los ensayos realizados explicados anteriormente.

Hyundai IONIQ 5

Dado que la autonomía que obtenemos en 18 minutos de carga rápida es de poco más de 300 km, la estrategia óptima de este modelo de vehículo eléctrico será realizar paradas cada 300 km de aproximadamente 20 minutos para cargar entre el 10% y el 80-85% aproximadamente, en cargadores de 300 kW. La potencia máxima a la que carga el IONIQ 5 es de 226 kW, por lo que la velocidad de carga estará limitada por la batería en estos casos.

Teniendo en cuenta que el trayecto se realizará por autovía a una velocidad máxima permitida de 120 km/h, las paradas de 20 minutos se realizarán cada 2-2,5h.

Tesla Model 3

En este modelo de vehículo eléctrico, la potencia máxima a la que carga la batería es de 250 kW, por lo que siempre será preferible buscar supercargadores de 300 kW que encontraremos cada 150 km.

En este caso, la estrategia óptima de carga será similar al IONIQ 5, paradas cada 300 km de 22 minutos aproximadamente en cargadores de 300 kW cada 2-2,5h. Partiendo de un 10% y cargando hasta un 77% de SoC.

Tesla Model 3 SR

Para este modelo de Tesla, obtenemos resultados inferiores al Tesla Model 3. La potencia máxima de carga es de 160 kW al inicio del ciclo, por lo que no interesa buscar exclusivamente cargadores de 300 kW, y ampliar el rango a cargadores de hasta 150 kW, incluso de 50 kW.

En este caso, la estrategia óptima de carga se basa en realizar paradas cada 200 km (cada 1,5 h) de 24 minutos aproximadamente, cargando desde un 10% hasta un 70% y recuperando poco más de 200 km de autonomía.

Peugeot e208

La potencia máxima que admite la batería es de 99 kW, por lo que es indiferente cargar en cargadores de 150 kW y 300 kW. Para este modelo, la estrategia optima de carga viene definida por paradas cada 100 km en cargadores superiores a 65 kW (cada 50 minutos aproximadamente) de una duración media de 22 minutos cargando desde el 10% hasta el 62%, obteniendo una autonomía de 110 km.

Volkswagen ID3

Para este modelo de la marca alemana, obtenemos una potencia máxima de 100 kW limitada por la batería, por lo que es interesante tener en cuenta para la determinación de una estrategia óptima puntos de carga de más de 100 kW que se ubican cada 100 y 150 km. La estrategia optima de carga será realizar paradas cada 200 km (cada 1,5 horas aproximadamente) de una duración de 25 minutos cargando desde el 10% hasta el 67%.

Volkswagen ID4

La batería limita a una potencia máxima de carga de 125 kW, por lo que interesa priorizar en cargadores de 150 kW y 300 kW. La estrategia óptima de carga de este modelo EV se basará en realizar paradas cada 200 km (cada 1,5 horas) en cargadores de 150 kW de una duración de 25 minutos aproximadamente, cargando desde el 10% hasta el 65%.

Mercedes EQA

La potencia máxima a la que limita la batería de este modelo es a 112 kW, por lo que la estrategia optima de carga del EQA será realizar paradas en cargadores de al menos 150 kW cada 200 km de una duración de 23 minutos aproximadamente para cargar entre el 10% y el 67% de la batería.

BMW iX3

156 kW es la potencia máxima de carga que admite la batería de 74.5 kWh del BMW iX3, por lo que la estrategia óptima de carga de este modelo se basa en realizar paradas cada 300 km (2,5 horas aproximadamente) de una duración de 35 minutos cargando la batería desde un 10% hasta un 84%, recuperando una autonomía media de 330 km.

Citroën e-C4

La potencia máxima que admite la batería del modelo EV de Citroën es de 100 kW, por lo que la estrategia optima de carga priorizará en cargadores de entre 100 y 300 kW.

El trayecto óptimo realiza paradas cada 150 km (cada 1 hora) de una duración media de 20 minutos para cargar la batería desde el 10% hasta el 66% recuperando una autonomía de 165 km aproximadamente.

Otra opción es realizar paradas cada 200 km (cada 2 horas aproximadamente) de una duración media de 40 minutos cargando hasta un 90%. Esta última opción sería ideal para comer, por ejemplo.

Audi eTron GT

Se trata de uno de los modelos cuya batería permite más potencia de carga, unos 260 kW aproximadamente, pero solo al principio de la carga, a partir del 50% disminuye por debajo de los 200 kW, y a partir del 80% por debajo de 100 kW. En este modelo interesa realizar cargas del 10% hasta el 80% con una duración de 20 minutos, recuperando una autonomía de 300 km en cargadores de 300 kW de potencia.

Hyundai KONA

La potencia máxima admisible de esta batería es de 70 kW, por lo que siempre interesará cargar por encima de esta potencia para que no sea el punto de carga el que limite la velocidad. Por lo que la estrategia optima de este modelo se basa en, partiendo del 10% de la batería, hacer paradas cada 250 km (cada 2 horas aproximadamente) en puntos de carga de 150 o 300 kW durante 40 minutos para cargar hasta el 71% de SoC.

Renault ZOE

La batería de 50 kWh de este modelo limita a 44 kW la potencia de carga, por lo que siempre y cuando la potencia del punto de carga sea mayor de 44 kW, es decir, 50 kW, 100 kW, la velocidad de carga estará limitada por la batería, alcanzando así la máxima admisible. Este modelo EV es un modelo de ciudad, por lo que la estrategia óptima de carga es bastante limitada en comparación con otros modelos. Cada 100 km (cada hora aproximadamente), realizar paradas de media hora, o cada 200 km, paradas de 1 hora cargando desde un 10% hasta un 50% en el primer caso, y hasta un 84% en el segundo.

Si el conductor, va a realizar un viaje con un Zoe, lo óptimo es realizar paradas cada 200 km y aprovechar la hora de carga, para realizar alguna comida o alguna parada larga.

Mustang Mach-e

Este modelo de Mustang consta de una batería de 86 kWh, que limita a una potencia de carga máxima de 138 kW. La estrategia optima de carga de este modelo se basa en paradas cada 200 km (cada 2 horas aproximadamente) en puntos de carga de 150 kW o 300 kW de una duración de 36 minutos cargando así desde el 10% hasta el 70% de SoC.

Tesla Model S

La batería de 93 kWh de este modelo de Tesla limita a una potencia de carga de 131 kW, por lo que interesa cargar en puntos con al menos 150 kW de potencia. La estrategia de este modelo se basa en paradas cada 300 km (cada 2,5 horas) de una duración de media hora para cargar desde el 10% hasta un 70% de SoC.

Jaguar I-Pace

Este modelo de EV consta de una batería de 90 kWh que limita a una potencia máxima de 104 kW. La estrategia óptima de carga de este modelo se basa en realizar paradas de 35 minutos cada 200 km (cada 1,5 horas) para cargar desde el 10% hasta el 66% de SoC en cargadores de al menos 100 kW de potencia.

MG ZS EV

La potencia máxima de carga que admite la batería de este modelo EV es de 76 kW, por lo que interesa buscar puntos de carga con una potencia mayor de 75 kW. La estrategia óptima de este modelo se basa en realizar paradas cada 150 km (cada 1 hora y 15 minutos) de una duración de 40 minutos para cargar desde el 10% hasta el 80%.

Nissan Leaf

Consta de una batería de 62 kWh que limita a una potencia máxima de carga de 71 kW. La estrategia de carga de este modelo se basa en realizar paradas cada 200 km (cada 1,5 horas) de una duración de media hora para cargar desde un 10% hasta un 70% en cargadores de al menos 100 kW: 150kW o 300 kW.

5. ANEXOS

- Anexo 1. Ranking de ventas 2021 de coches eléctricos en España
- Anexo 2. Resultados
- Anexo 3. Ensayo de obtención de consumo WLTP
- Anexo 4. Estudio de viabilidad del Hyundai Kona Eléctrico



Anexo 1:

Ranking en ventas 2021 en España



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	71
2. RANKING EN VENTAS 2021 EN ESPAÑA.....	73



1. INTRODUCCIÓN

El auge de los vehículos eléctricos en el mercado automovilístico es cada año más notable en España. Según ANFAC: “En noviembre, con el 35% de las ventas totales, los vehículos alternativos se posicionan como la primera opción de compra. Uno de cada 10 turismos (combustión interna y alternativos) vendidos en España en noviembre es electrificado. En el acumulado del año 2021, las entregas de vehículos alternativos han crecido un 67,4%.” [28]

En otro artículo, sobre las ventas de los vehículos de etiqueta 0, del 3 de enero publicado por la ANFAC: “En el acumulado del año, aumentan un 37,8%, hasta las 27.769 unidades. Representa un 4,25% de la cuota de mercado en diciembre de 2021 y el 2,68% durante 2021.” [30]

Frente al mercado automovilístico en España, los vehículos eléctricos todavía no compiten con los vehículos de combustión interna. En 2021, el modelo más vendido fue el Seat Arona que alcanzó la cifra de 21946 vehículos. En comparación con el modelo eléctrico más vendido en España, Tesla Model 3 con la cifra de 2172 vehículos, los vehículos convencionales siguen muy por encima en el ranking en ventas de vehículos en España. [31]

A pesar de que al vehículo eléctrico le quede lejos alcanzar puestos altos en los rankings de ventas, es notable el aumento de número de matriculaciones, y por tanto de ventas en España desde 2018.

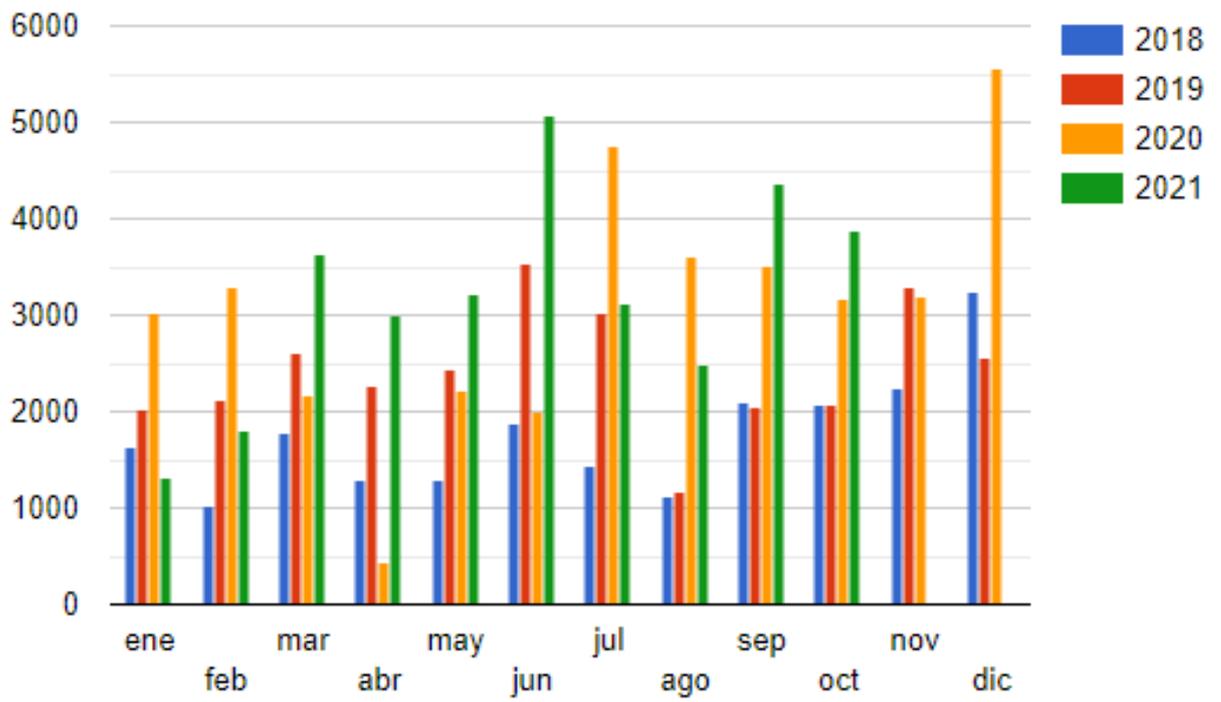


Figura 1. Matriculaciones de vehículos eléctricos en España. [23]



2. RANKING EN VENTAS 2021 EN ESPAÑA

RANKING	MODELO	VENTAS 2021
1	Tesla Model 3	2.172
2	KIA e-Niro	1.301
3	Renault ZOE	934
4	FIAT 500 Eléctrico	792
5	Volkswagen ID.4	770
6	Peugeot e-208	735
7	Hyundai Kona Eléctrico	705
8	Peugeot e-2008	673
9	Volkswagen ID.3	673
10	Dacia Spring	657
11	Smart EQ ForTwo	577
12	MINI Cooper SE	551
13	Nissan Leaf	534
14	SEAT Mii electric	526
15	Citroën ë-C4	513
16	Mercedes EQA	473
17	Opel Corsa-e	386
18	Opel Mokka-e	383
19	Skoda Enyaq iV	340
20	Hyundai IONIQ 5	274
21	BMW i3	271
22	Ford Mustang Mach-E	258
23	Audi Q4 e-tron	241

24	Porsche Taycan	240
25	Smart EQ ForFour	219
26	CUPRA Born	213
27	Renault Twingo Electric	210
28	Tesla Model Y	179
29	KIA e-Soul	121
30	MG ZS EV	119
31	KIA EV6	117
32	BMW iX3	116
33	Volkswagen e-up!	115
34	Audi e-tron	113
35	Hyundai IONIQ Eléctrico	112
36	Mazda MX-30	98
37	Volvo XC40 Recharge	90
38	Mercedes EQC	76
39	Volkswagen e-Golf	69
40	Mercedes EQV	66
41	Lexus UX 300e	63
42	DS 3 Crossback E-Tense	54
43	Jaguar I-Pace	51
44	Honda e	42
45	Skoda Citigo iV	39
46	Audi e-tron GT	33

Anexo 2: Resultados



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. RESULTADOS

2.1. HYUNDAI IONIQ 5

2.2. TESLA MODEL 3

2.3. TESLA MODEL 3 SR

2.4. PEUGEOT E-208

2.5. VOLKSWAGEN ID.3

2.6. VOLKSWAGEN ID.4

2.7. MERCEDES EQA

2.8. BMW IX3

2.9. CITROËN ËC4

2.10. HYUNDAI KONA

2.11. AUDI ETRON GT

2.12. RENAULT ZOE

2.13. FORD MUSTANG MACH-E

2.14. TESLA MODEL S

2.15. VOLVO XC40

2.16. JAGUAR I-PACE

2.17. MG ZS

2.18. NISSAN LEAF



1. INTRODUCCIÓN

Para la obtención de datos del estudio, como se ha descrito anteriormente en el apartado 2.2 *Ensayos*, la toma de datos se ha realizado a partir de ensayos de terceros que han sido publicados como sesiones de carga en una plataforma online.

El procedimiento para la toma de datos se ha basado en ir tomando datos por cada incremento de estado de carga (% SoC). Los datos relevantes para el estudio son cuatro: potencia de carga en kW, tiempo en minutos, estado de carga en % y autonomía adquirida en kilómetros. A partir de estos cuatro valores obtenidos, ya sea a partir de los datos de la pantalla de carga o conseguidos a partir de las fórmulas descritas en el apartado 2.3 *Metodología Empleada*, se han obtenido las curvas de carga correspondientes de cada modelo de vehículo eléctrico.

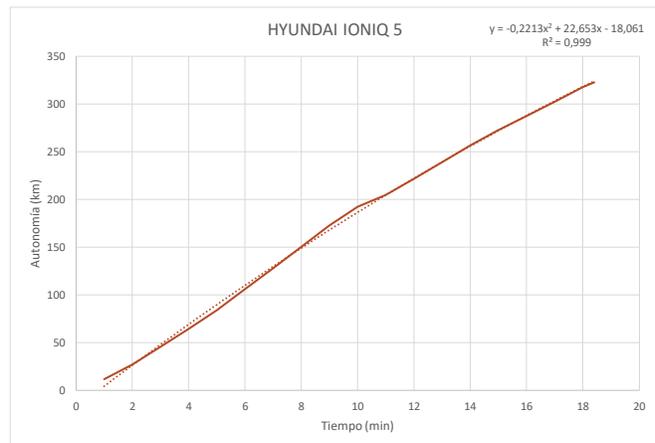
En la memoria del proyecto, se incluye un resumen de cada modelo de los datos obtenidos cada 5 minutos. En el siguiente anexo se incluyen todos los datos significativos para el proyecto tomados durante la realización del proyecto, además de información como la fecha de realización, el consumo WLTP (kWh/100 km) y en alguno de los casos la temperatura ambiente y/o de la batería.



Modelo	HYUNDAI IONIQ 5
Fecha	20/04/2021
Temperatura ambiente	19
Temperatura batería	15
Potencia del punto de carga	350
Capacidad de la batería (kWh)	72,6
Consumo WLTP (kWh/100 km)	16,7



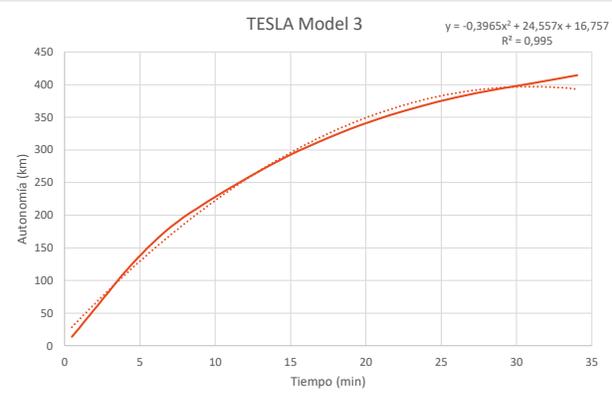
Potencia de carga (kW)	Soc (%)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
115	10	0		
115	11	0,25	11,70	11,70
121	12	0,5		
118	13	1		
121	14	1,3		
148	15	1,6	26,87	15,17
187	16	2		
187	17	2,25		
189	18	2,5	45,61	18,74
187	19	2,75		
188	20	3		
189	21	3,25	64,45	18,84
188	22	3,5		
188	23	3,75		
190	24	4		
188	25	4,2		
190	26	4,4	83,87	19,42
189	27	4,6		
189	28	4,8		
217	29	5		
221	30	5,25	105,90	22,03
220	31	5,5		
221	32	5,75		
221	33	6		
222	34	6,2		
222	35	6,4	128,09	22,20
223	36	6,6		
223	37	6,8		
222	38	7		
222	39	7,2		
222	40	7,4	150,29	22,20
223	41	7,6		
223	42	7,8		
222	43	8		
224	44	8,2		
223	45	8,4	172,64	22,36
224	46	8,6		
225	47	8,8		
224	48	9		
224	49	9,2		
224	50	9,4	192,35	19,70
226	51	9,6		
190	52	9,8		
123	53	10		
123	54	10,5	204,57	12,23
122	55	11		
167	56	11,25		
171	57	11,5	221,56	16,99
171	58	11,75		
172	59	12		
175	60	12,3		
175	61	12,6	239,03	17,47
175	62	13		
174	63	13,25		
176	64	13,5	256,47	17,44
176	65	13,75		
173	66	14		
159	67	14,3		
160	68	14,6	272,44	15,97
161	69	15		
149	70	15,3		
149	71	15,6	287,34	14,90
150	72	16		
151	73	16,25		
150	74	16,5	302,36	15,02
151	75	16,75		
150	76	17		
150	77	17,5	317,43	15,07
152	78	18		
142	79	18,2	322,84	13,52
129	80	18,4		



Modelo	TESLA Model 3
Fecha	30/07/2021
Temperatura ambiente	21,5
Temperatura batería	27
Capacidad de la batería (kWh)	83
Consumo WLTP (kWh/100 km)	14,73



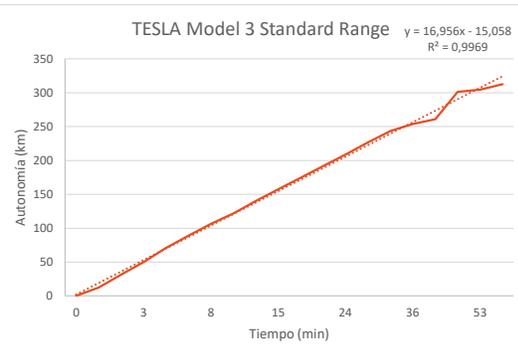
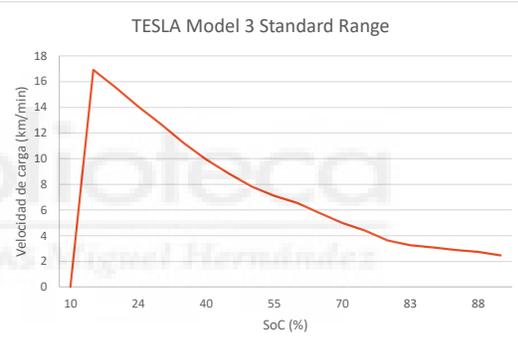
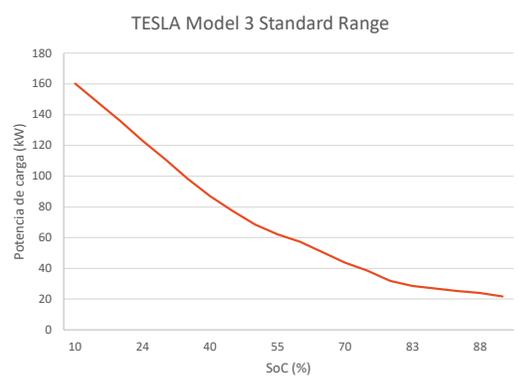
Potencia de carga (kW)	Soc (%)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
250	10	0,48	13,58	0
250	11	0,72	20,37	28,29
250	12	0,96	27,16	28,29
250	14	1,20	33,94	28,29
250	15	1,44	40,73	28,29
250	16	1,68	47,52	28,29
250	17	1,92	54,31	28,29
250	19	2,16	61,10	28,29
250	20	2,40	67,89	28,29
250	21	2,64	74,68	28,29
250	23	2,88	81,47	28,29
249	25	3,36	95,04	28,29
249	26	3,84	108,62	28,17
245	27	4,09	115,41	27,72
227	31	4,35	122,20	25,80
221	32	4,62	128,99	25,01
213	34	4,90	135,78	24,38
209	35	5,19	142,57	23,65
206	36	5,48	149,36	23,31
198	38	5,78	156,14	22,51
192	39	6,09	162,93	21,72
187	40	6,41	169,72	21,16
173	42	6,76	176,51	19,58
167	43	7,12	183,30	18,90
155	45	7,51	190,09	17,38
150	46	7,91	196,88	16,97
140	48	8,34	203,67	15,79
136	49	8,78	210,45	15,39
133	50	9,23	217,24	15,05
127	52	9,70	224,03	14,52
124	53	10,18	230,82	14,03
122	54	10,68	237,61	13,80
120	56	11,18	244,40	13,46
118	57	11,69	251,19	13,35
118	58	12,20	257,98	13,35
115	60	12,72	264,77	12,98
114	61	13,25	271,55	12,90
109	63	13,80	278,34	12,26
106	64	14,37	285,13	11,99
103	65	14,95	291,92	11,65
98	67	15,56	298,71	11,10
95	68	16,19	305,50	10,75
92	69	16,84	312,29	10,41
86	71	17,54	319,08	9,75
84	72	18,25	325,87	9,50
81	73	19,00	332,65	9,16
74	75	19,81	339,44	8,33
70	76	20,67	346,23	7,92
67	77	21,56	353,02	7,58
61	79	22,55	359,81	6,88
57	80	23,60	366,60	6,45
54	81	24,71	373,39	6,11
48	83	25,96	380,18	5,43
43	84	27,36	386,97	4,87
38	86	28,94	393,75	4,30
36	87	30,60	400,54	4,07
36	88	32,27	407,33	4,07
34	89	34,04	414,12	3,85



Modelo	TESLA Model 3 Standard Range
Fecha	21/04/2021
Temperatura ambiente	11
Temperatura batería	39,3
Capacidad de la batería (kWh)	50
Consumo WLTP (kWh/100 km)	14,6



Soc (%)	Potencia de carga (kW)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
9,86	160	0,00	0	0
13,4	148	0,73	12,33	16,89
18,9	136	1,97	31,51	15,53
24,3	123	3,28	50,00	14,04
30,4	111	4,96	71,23	12,67
35,5	98,3	6,54	89,04	11,22
40,4	87	8,27	106,16	9,93
45	77,5	10,05	121,92	8,85
50,3	68,6	12,41	140,41	7,83
55,2	62,2	14,82	157,53	7,10
60,2	57,4	17,44	174,66	6,55
65,1	50,5	20,41	191,78	5,76
70	43,7	23,84	208,90	4,99
75,1	38,5	27,89	226,71	4,39
80,1	31,8	32,61	243,84	3,63
83	28,5	35,77	254,11	3,25
85	27	37,99	260,96	3,08
86,8	25,3	51,98	301,37	2,89
87,8	24,1	53,22	304,79	2,75
90	21,7	56,27	312,33	2,48

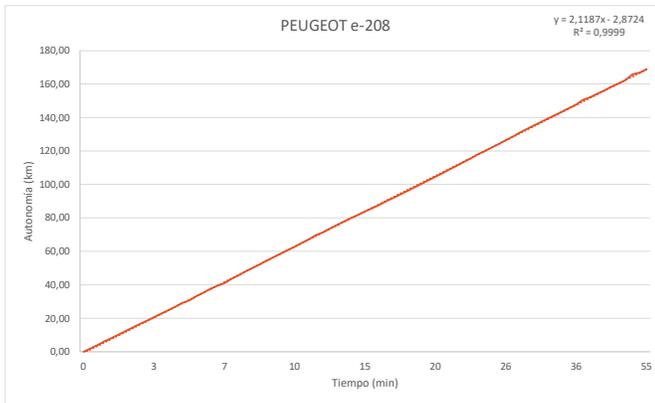
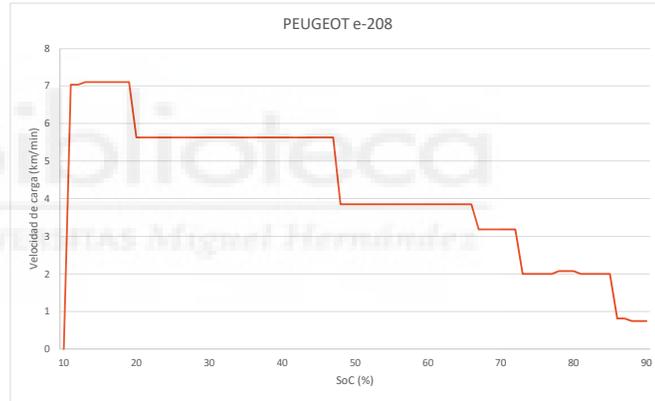
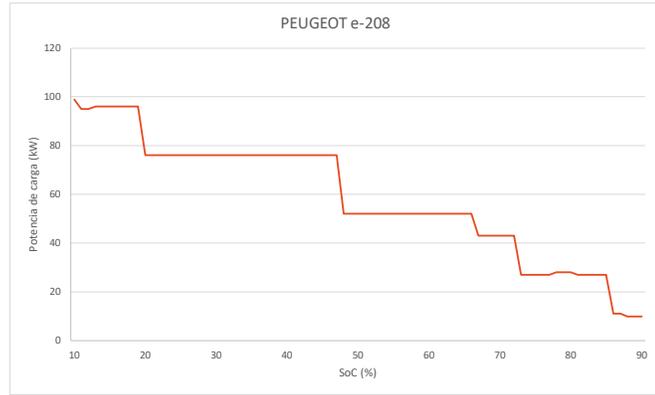




Modelo	PEUGEOT e-208
Fecha	15/04/2021
Capacidad de la batería (kWh)	45
Consumo WLTP (kWh/100 km)	22,5



Potencia de carga (kW)	Soc (%)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
99	10	0,00	0,00	0
95	11	0,28	1,95	7,04
95	12	0,56	3,96	7,04
96	13	0,88	6,24	7,11
96	14	1,15	8,13	7,11
96	15	1,44	10,16	7,11
96	16	1,73	12,28	7,11
96	17	2,03	14,37	7,11
96	18	2,33	16,51	7,11
96	19	2,61	18,51	7,11
76	20	2,95	20,45	5,63
76	21	3,33	22,54	5,63
76	22	3,70	24,64	5,63
76	23	4,08	26,77	5,63
76	24	4,47	28,99	5,63
76	25	4,75	30,56	5,63
76	26	5,19	33,05	5,63
76	27	5,56	35,11	5,63
76	28	5,97	37,45	5,63
76	29	6,31	39,37	5,63
76	30	6,59	40,92	5,63
76	31	7,06	43,56	5,63
76	32	7,43	45,64	5,63
76	33	7,81	47,81	5,63
76	34	8,19	49,94	5,63
76	35	8,58	52,11	5,63
76	36	8,96	54,27	5,63
76	37	9,33	56,37	5,63
76	38	9,72	58,52	5,63
76	39	10,09	60,65	5,63
76	40	10,48	62,80	5,63
76	41	10,86	64,98	5,63
76	42	11,24	67,09	5,63
76	43	11,68	69,60	5,63
76	44	11,99	71,33	5,63
76	45	12,38	73,50	5,63
76	46	12,77	75,71	5,63
76	47	13,15	77,84	5,63
52	48	13,65	79,77	3,85
52	49	14,17	81,76	3,85
52	50	14,69	83,76	3,85
52	51	15,20	85,76	3,85
52	52	15,69	87,64	3,85
52	53	16,27	89,86	3,85
52	54	16,79	91,86	3,85
52	55	17,33	93,94	3,85
52	56	17,88	96,05	3,85
52	57	18,42	98,16	3,85
52	58	18,97	100,26	3,85
52	59	19,53	102,42	3,85
52	60	20,09	104,58	3,85
52	61	20,65	106,74	3,85
52	62	21,23	108,96	3,85
52	63	21,79	111,11	3,85
52	64	22,35	113,29	3,85
52	65	22,92	115,47	3,85
52	66	23,55	117,92	3,85
43	67	24,14	119,80	3,19
43	68	24,83	121,98	3,19
43	69	25,52	124,19	3,19
43	70	26,22	126,42	3,19
43	71	26,90	128,58	3,19
43	72	27,64	130,94	3,19
27	73	28,67	133,00	2,00
27	74	29,72	135,09	2,00
27	75	30,78	137,21	2,00
27	76	31,81	139,28	2,00
27	77	32,87	141,39	2,00
28	78	33,92	143,58	2,07
28	79	34,90	145,60	2,07
28	80	35,95	147,78	2,07
27	81	37,36	150,61	2,00
27	82	38,14	152,16	2,00
27	83	39,16	154,20	2,00
27	84	40,14	156,17	2,00
27	85	41,24	158,37	2,00
11	86	43,51	160,22	0,81
11	87	46,21	162,42	0,81
10	88	50,83	165,84	0,74
10	89	52,06	166,76	0,74
10	90	54,87	168,84	0,74

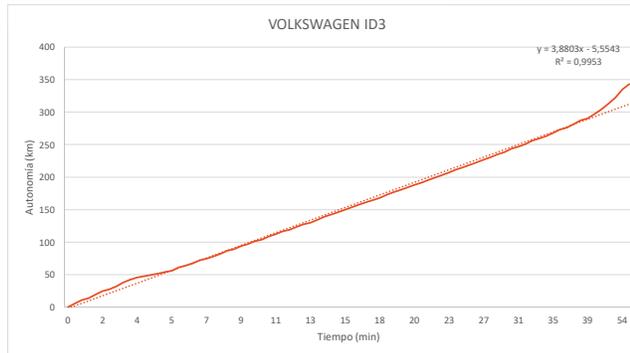
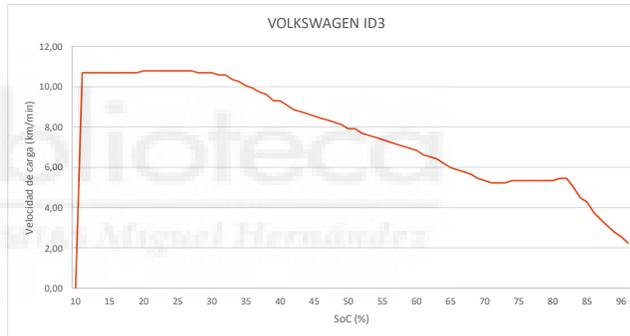




Modelo	VOLKSWAGEN ID3
Capacidad de la batería (kWh)	56
Consumo WLTP (kWh/100 km)	15,6



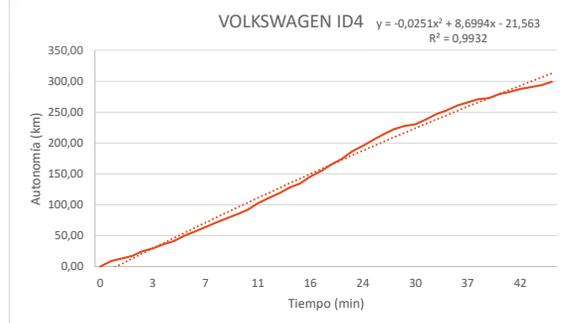
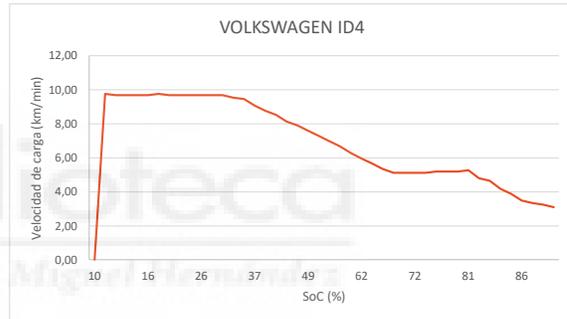
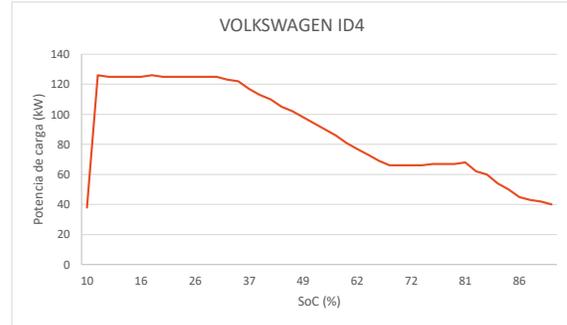
Potencia de carga (kW)	Soc (%)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
100	10	0,00	0	0,00
100	11	0,51	5,44	10,68
100	12	1,00	10,72	10,68
100	13	1,31	13,94	10,68
100	14	1,81	19,38	10,68
100	15	2,30	24,58	10,68
100	16	2,55	27,23	10,68
100	17	2,99	31,96	10,68
100	18	3,54	37,84	10,68
100	19	3,96	42,35	10,68
101	20	4,26	45,58	10,79
101	21	4,44	47,53	10,79
101	22	4,62	49,42	10,79
101	23	4,83	51,66	10,79
101	24	5,03	53,81	10,79
101	25	5,23	55,99	10,79
101	26	5,70	61,13	10,79
101	27	5,92	63,50	10,79
100	28	6,27	67,18	10,68
100	29	6,72	71,97	10,68
100	30	6,96	74,54	10,68
99	31	7,29	78,10	10,58
99	32	7,64	81,79	10,58
97	33	8,12	86,70	10,36
96	34	8,37	89,32	10,26
94	35	8,83	93,92	10,04
93	36	9,12	96,79	9,94
91	37	9,60	101,44	9,72
90	38	9,85	103,89	9,62
87	39	10,37	108,71	9,29
87	40	10,76	112,32	9,29
85	41	11,23	116,58	9,08
83	42	11,49	118,90	8,87
82	43	12,00	123,35	8,76
81	44	12,45	127,30	8,65
80	45	12,76	129,93	8,55
79	46	13,29	134,40	8,44
78	47	13,83	138,87	8,33
77	48	14,26	142,40	8,23
76	49	14,71	146,10	8,12
74	50	15,19	149,85	7,91
74	51	15,68	153,71	7,91
72	52	16,16	157,46	7,69
71	53	16,64	161,05	7,59
70	54	17,09	164,43	7,48
69	55	17,56	167,88	7,37
68	56	18,22	172,71	7,26
67	57	18,79	176,82	7,16
66	58	19,30	180,38	7,05
65	59	19,81	183,89	6,94
64	60	20,39	187,89	6,84
62	61	20,93	191,46	6,62
61	62	21,52	195,29	6,52
60	63	22,11	199,09	6,41
58	64	22,79	203,33	6,20
56	65	23,45	207,23	5,98
55	66	24,15	211,34	5,88
54	67	24,81	215,15	5,77
53	68	25,45	218,78	5,66
51	69	26,20	222,90	5,45
50	70	26,93	226,80	5,34
49	71	27,69	230,77	5,24
49	72	28,47	234,85	5,24
49	73	29,18	238,57	5,24
50	74	30,12	243,59	5,34
50	75	30,72	246,79	5,34
50	76	31,49	250,90	5,34
50	77	32,50	256,30	5,34
50	78	33,12	259,62	5,34
50	79	33,72	262,82	5,34
50	80	34,64	267,73	5,34
51	81	35,67	273,33	5,45
51	82	36,19	276,15	5,45
47	83	37,27	281,59	5,02
42	84	38,54	287,30	4,49
40	85	39,25	290,34	4,27
35	87	41,08	297,19	3,74
32	89	43,19	304,38	3,42
29	91	45,87	312,69	3,10
26	93	49,35	322,36	2,78
24	96	54,22	334,83	2,56
21	98	59,49	343,24	2,24



Modelo	VOLKSWAGEN ID4
Fecha	14/05/2021
Capacidad de la batería (kWh)	75
Consumo WLTP (kWh/100 km)	21,5



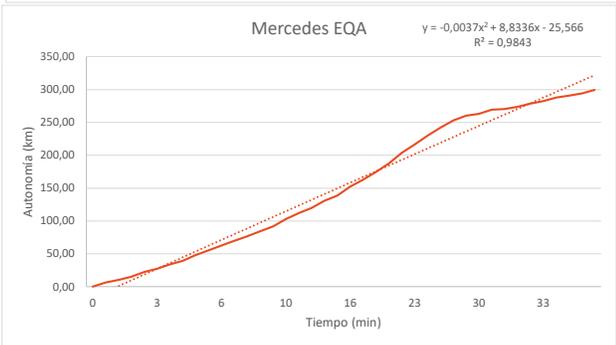
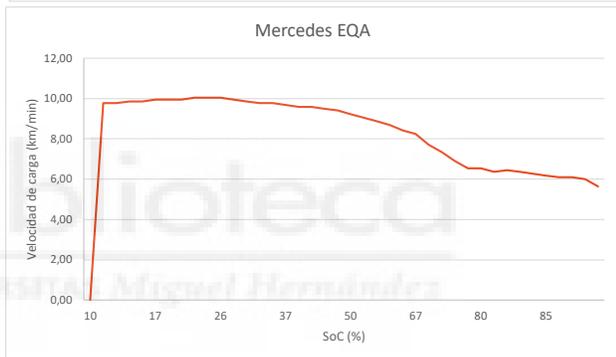
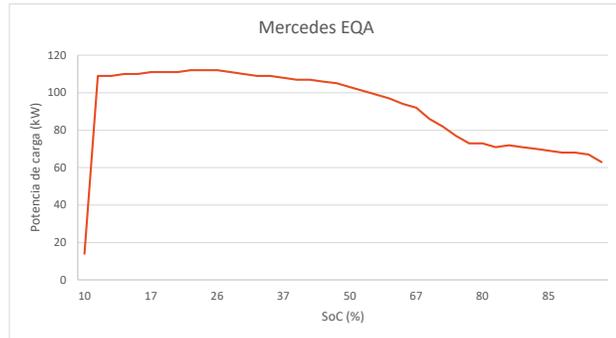
Soc (%)	Potencia de carga (kW)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
10	38	0,05	0,14	0,00
12	126	0,95	8,91	9,77
13	125	1,36	12,89	9,69
14	125	1,83	17,44	9,69
15	125	2,61	25,00	9,69
16	125	3,08	29,62	9,69
18	126	3,74	36,05	9,77
19	125	4,31	41,58	9,69
22	125	5,19	50,06	9,69
24	125	5,91	57,08	9,69
26	125	6,62	63,99	9,69
28	125	7,36	71,15	9,69
30	125	8,04	77,73	9,69
32	123	8,79	84,91	9,53
34	122	9,55	92,09	9,46
37	117	10,71	102,61	9,07
39	113	11,68	111,05	8,76
41	110	12,54	118,41	8,53
44	105	13,69	127,79	8,14
46	102	14,57	134,75	7,91
49	98	16,06	146,02	7,60
51	94	17,23	154,58	7,29
54	90	18,76	165,23	6,98
57	86	20,10	174,16	6,67
60	81	22,04	186,33	6,28
62	77	23,56	195,44	5,97
65	73	25,29	205,24	5,66
67	69	26,99	214,33	5,35
70	66	28,57	222,39	5,12
71	66	29,62	227,79	5,12
72	66	30,09	230,16	5,12
74	66	31,62	237,98	5,12
76	67	33,30	246,73	5,19
78	67	34,51	253,02	5,19
80	67	36,02	260,87	5,19
81	68	36,98	265,91	5,27
82	62	37,98	270,74	4,81
83	60	38,38	272,56	4,65
84	54	39,95	279,16	4,19
85	50	40,88	282,75	3,88
86	45	42,15	287,17	3,49
87	43	43,21	290,72	3,33
88	42	44,12	293,69	3,26
90	40	45,91	299,24	3,10



Modelo	Mercedes EQA
Fecha	14/05/2021
Capacidad de la batería (kWh)	65
Consumo WLTP (kWh/100 km)	18,6



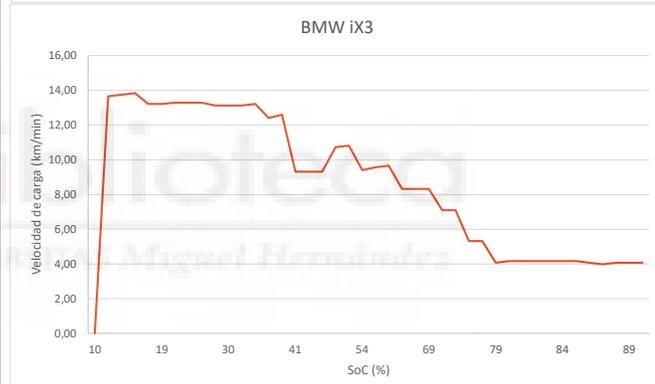
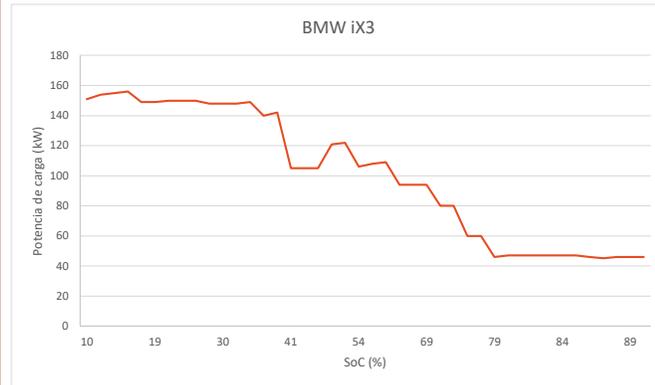
Soc (%)	Potencia de carga (kW)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
10	14	0,04	0,05	0,00
11	109	0,70	6,42	9,77
12	109	1,10	10,41	9,77
14	110	1,57	15,00	9,86
16	110	2,35	22,67	9,86
17	111	2,82	27,38	9,95
19	111	3,48	33,95	9,95
20	111	4,05	39,62	9,95
23	112	4,92	48,33	10,04
25	112	5,64	55,59	10,04
26	112	6,35	62,72	10,04
28	111	7,09	70,05	9,95
30	110	7,77	76,79	9,86
32	109	8,53	84,18	9,77
34	109	9,29	91,58	9,77
37	108	10,43	102,66	9,68
40	107	11,38	111,78	9,59
42	107	12,23	119,94	9,59
45	106	13,36	130,66	9,50
47	105	14,23	138,83	9,41
50	103	15,70	152,39	9,23
53	101	16,86	162,89	9,05
56	99	18,19	174,66	8,87
60	97	19,68	187,67	8,69
64	94	21,58	203,62	8,42
67	92	23,08	215,96	8,24
71	86	24,83	229,52	7,71
74	82	26,53	241,96	7,35
77	77	28,11	252,88	6,90
79	73	29,19	259,97	6,54
80	73	29,66	263,01	6,54
81	71	30,63	269,15	6,36
82	72	30,77	270,10	6,45
83	71	31,37	273,90	6,36
84	70	32,12	278,59	6,27
85	69	32,72	282,31	6,18
86	68	33,62	287,79	6,09
87	68	34,07	290,53	6,09
88	67	34,67	294,12	6,00
90	63	35,60	299,40	5,65



Modelo	BMW iX3
Fecha	14/05/2021
Capacidad de la batería (kWh)	74,5
Consumo WLTP (kWh/100 km)	18,8



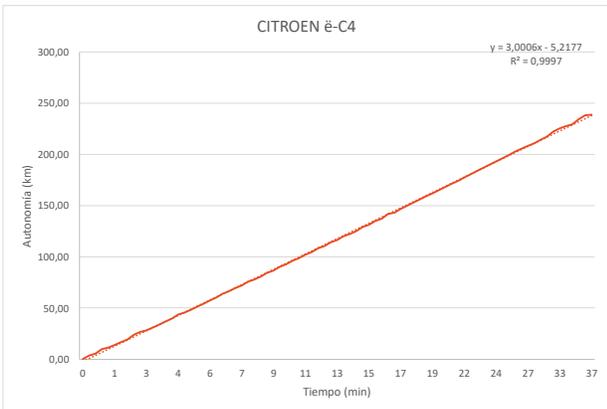
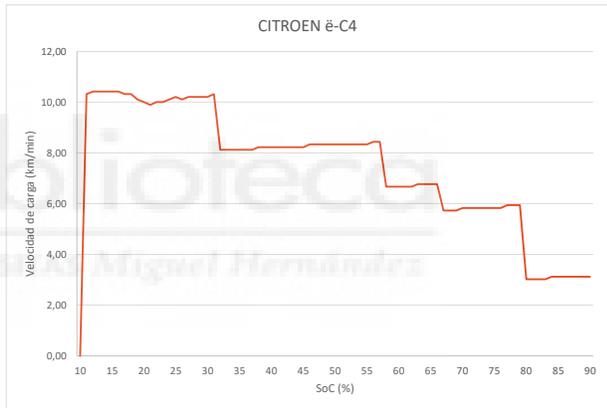
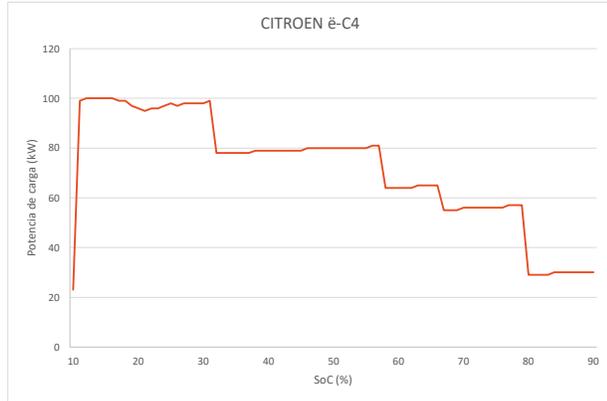
Soc (%)	Potencia de carga (kW)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
10	151	0,75	10,07	0,00
13	154	1,72	23,28	13,65
14	155	2,13	28,87	13,74
15	156	2,59	35,31	13,83
18	149	3,38	45,68	13,21
19	149	3,85	51,93	13,21
21	150	4,51	60,69	13,30
23	150	5,08	68,22	13,30
26	150	5,94	79,78	13,30
28	148	6,67	89,32	13,12
30	148	7,38	98,56	13,12
32	148	8,11	108,22	13,12
34	149	8,78	117,10	13,21
37	140	9,58	126,99	12,41
39	142	10,34	136,48	12,59
41	105	11,58	148,04	9,31
43	105	12,52	156,82	9,31
45	105	13,38	164,78	9,31
48	121	14,45	176,27	10,73
50	122	15,31	185,57	10,82
54	106	16,96	201,07	9,40
56	108	18,10	212,04	9,57
59	109	19,41	224,65	9,66
62	94	21,05	238,31	8,33
66	94	22,91	253,88	8,33
69	94	24,41	266,32	8,33
72	80	26,18	278,88	7,09
74	80	27,82	290,55	7,09
76	60	29,43	299,08	5,32
78	60	30,48	304,70	5,32
79	46	31,01	306,86	4,08
80	47	32,53	313,18	4,17
81	47	33,75	318,26	4,17
82	47	34,50	321,38	4,17
83	47	35,84	326,98	4,17
84	47	36,74	330,71	4,17
85	47	37,78	335,05	4,17
86	46	38,97	339,89	4,08
87	45	40,62	346,48	3,99
88	46	41,36	349,51	4,08
89	46	42,25	353,14	4,08
90	46	42,69	354,92	4,08



Modelo	CITROEN ë-C4
Fecha	04/08/2021
Capacidad de la batería (kWh)	100
Consumo WLTP (kWh/100 km)	16



Potencia de carga (kW)	Soc (%)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
23	10	0,05	0,13	0,00
99	11	0,38	3,54	10,31
100	12	0,56	5,38	10,42
100	13	0,97	9,63	10,42
100	14	1,12	11,23	10,42
100	15	1,36	13,74	10,42
100	16	1,64	16,66	10,42
99	17	1,89	19,23	10,31
99	18	2,34	23,85	10,31
97	19	2,60	26,46	10,10
96	20	2,76	28,08	10,00
95	21	3,05	30,92	9,90
96	22	3,33	33,79	10,00
96	23	3,64	36,86	10,00
97	24	3,92	39,63	10,10
98	25	4,31	43,65	10,21
97	26	4,50	45,63	10,10
98	27	4,77	48,32	10,21
98	28	5,06	51,26	10,21
98	29	5,36	54,32	10,21
98	30	5,63	57,16	10,21
99	31	5,93	60,17	10,31
78	32	6,39	63,90	8,13
78	33	6,66	66,16	8,13
78	34	7,08	69,54	8,12
78	35	7,35	71,77	8,12
78	36	7,83	75,63	8,13
78	37	8,11	77,89	8,12
79	38	8,45	80,73	8,23
79	39	8,90	84,39	8,23
79	40	9,17	86,59	8,23
79	41	9,62	90,31	8,23
79	42	9,90	92,63	8,23
79	43	10,33	96,20	8,23
79	44	10,62	98,58	8,23
79	45	11,06	102,15	8,23
80	46	11,33	104,43	8,33
80	47	11,79	108,24	8,33
80	48	12,05	110,46	8,33
80	49	12,51	114,29	8,33
80	50	12,76	116,34	8,33
80	51	13,21	120,08	8,33
80	52	13,47	122,30	8,33
80	53	13,82	125,16	8,33
80	54	14,28	129,01	8,33
80	55	14,54	131,16	8,33
81	56	14,99	134,98	8,44
81	57	15,25	137,17	8,44
64	58	15,95	141,88	6,67
64	59	16,14	143,08	6,67
64	60	16,70	146,83	6,67
64	61	17,15	149,82	6,67
64	62	17,62	153,00	6,67
65	63	18,08	156,09	6,77
65	64	18,53	159,13	6,77
65	65	18,95	162,01	6,77
65	66	19,42	165,17	6,77
55	67	19,95	168,19	5,73
55	68	20,48	171,24	5,73
55	69	20,97	174,04	5,73
56	70	21,56	177,49	5,83
56	71	22,09	180,59	5,83
56	72	22,61	183,64	5,83
56	73	23,15	186,77	5,83
56	74	23,71	190,01	5,83
56	75	24,25	193,18	5,83
56	76	24,77	196,21	5,83
57	77	25,30	199,36	5,94
57	78	25,88	202,79	5,94
57	79	26,35	205,58	5,94
29	80	27,25	208,29	3,02
29	81	28,11	210,89	3,02
29	82	29,19	214,17	3,02
29	83	30,25	217,38	3,02
30	84	31,80	222,21	3,13
30	85	32,83	225,44	3,13
30	86	33,49	227,49	3,12
30	87	34,14	229,51	3,12
30	88	35,70	234,38	3,13
30	89	36,86	238,02	3,12
30	90	37,11	238,81	3,13

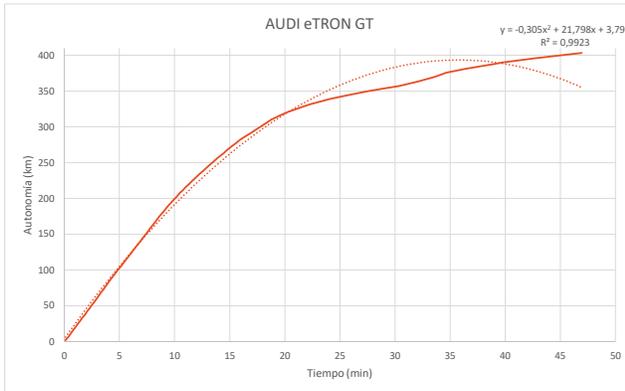
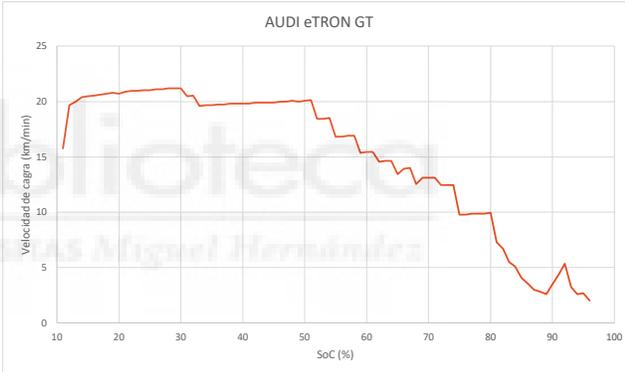
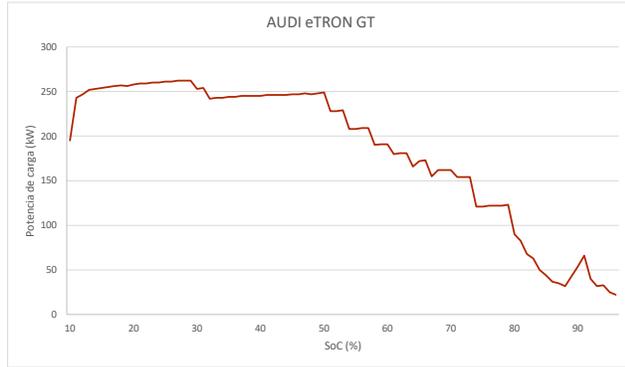




Modelo	AUDI eTRON GT
Fecha	25/05/2021
Capacidad de la batería (kWh)	85
Consumo WLTP (kWh/100 km)	20,6



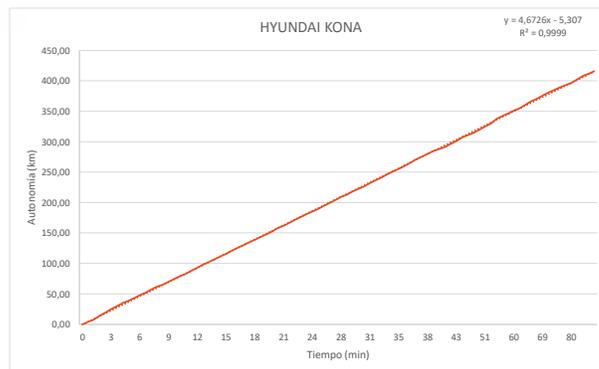
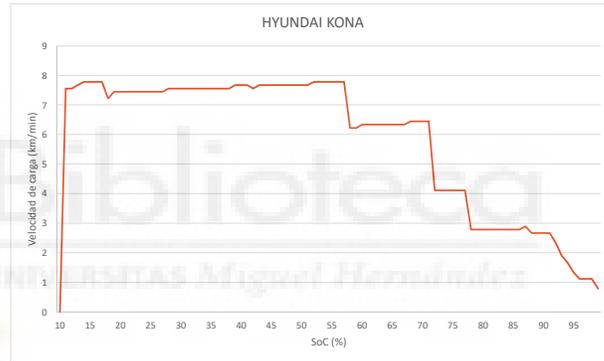
Potencia de carga (kW)	Soc (%)	Autonomía (km)	Tiempo (min)	Velocidad de carga (km/min)
195	10	1,78	0,11	15,78
243	11	3,92	0,22	19,66
247	12	7,23	0,39	19,98
252	13	11,57	0,60	20,39
253	14	15,80	0,81	20,47
254	15	20,46	1,03	20,55
255	16	24,72	1,24	20,63
256	17	28,83	1,44	20,71
257	18	33,27	1,65	20,79
256	19	37,52	1,86	20,71
258	20	42,18	2,08	20,87
259	21	46,64	2,29	20,95
259	22	50,97	2,50	20,95
260	23	55,63	2,72	21,04
260	24	59,94	2,93	21,04
261	25	64,62	3,15	21,12
261	26	68,85	3,35	21,12
262	27	73,47	3,57	21,20
262	28	77,67	3,76	21,20
262	29	82,25	3,98	21,20
253	30	86,95	4,21	20,47
254	31	91,34	4,42	20,55
242	32	95,27	4,62	19,58
243	33	100,42	4,89	19,66
243	34	104,47	5,09	19,66
244	35	109,61	5,35	19,74
244	36	113,23	5,54	19,74
245	37	117,96	5,77	19,82
245	38	122,33	6,00	19,82
245	39	127,08	6,24	19,82
245	40	131,20	6,44	19,82
246	41	135,73	6,67	19,90
246	42	140,11	6,89	19,90
246	43	144,88	7,13	19,90
246	44	149,46	7,36	19,90
247	45	153,82	7,58	19,98
247	46	158,20	7,80	19,98
248	47	162,82	8,03	20,06
247	48	167,15	8,24	19,98
248	49	171,90	8,48	20,06
249	50	175,63	8,67	20,15
228	51	180,71	8,94	18,45
228	52	185,15	9,18	18,45
229	53	188,98	9,39	18,53
208	54	194,12	9,69	16,83
208	55	198,18	9,94	16,83
209	56	202,69	10,20	16,91
209	57	206,99	10,46	16,91
190	58	211,36	10,74	15,37
191	59	215,48	11,01	15,45
191	60	219,81	11,29	15,45
180	61	224,50	11,61	14,56
181	62	231,15	12,06	14,64
181	63	234,08	12,26	14,64
166	64	238,43	12,59	13,43
172	65	244,45	13,02	13,92
173	66	247,67	13,25	14,00
155	67	248,06	13,28	12,54
162	68	257,28	13,99	13,11
162	69	263,36	14,45	13,11
162	70	266,70	14,70	13,11
154	71	273,85	15,28	12,46
154	72	276,19	15,47	12,46
154	73	282,00	15,93	12,46
121	74	286,94	16,44	9,79
121	75	291,81	16,93	9,79
122	76	296,29	17,39	9,87
122	77	301,03	17,87	9,87
122	78	305,02	18,27	9,87
123	79	310,28	18,80	9,95
90	80	315,15	19,47	7,28
83	81	320,39	20,25	6,72
68	82	328,87	21,79	5,50
63	83	331,54	22,32	5,10
50	84	339,05	24,17	4,05
44	85	342,40	25,11	3,56
37	86	349,29	27,41	2,99
35	87	352,63	28,59	2,83
32	88	357,19	30,36	2,59
43	89	363,11	32,06	3,48
54	90	369,91	33,61	4,37
66	91	375,51	34,66	5,34
40	92	380,99	36,35	3,24
32	93	387,70	38,95	2,59
33	94	389,82	39,74	2,67
25	95	395,64	42,62	2,02
22	96	403,30	46,92	1,78



Modelo	HYUNDAI KONA
Fecha	27/07/2018
Temperatura ambiente	18
Capacidad de la batería (kWh)	100
Consumo WLTP (kWh/100 km)	15



Soc (%)	Potencia de carga (kW)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
10	8	0,0	0,00	0
11	68	0,5	3,78	7,56
12	68	1,0	7,56	7,56
13	69	1,8	13,92	7,67
14	70	2,5	19,13	7,78
15	70	3,3	24,96	7,78
16	70	3,8	29,47	7,78
17	70	4,5	34,69	7,78
18	65	5,0	38,30	7,22
19	67	5,6	42,99	7,44
20	67	6,3	47,60	7,44
21	67	6,8	51,92	7,44
22	67	7,5	56,91	7,44
23	67	8,2	61,82	7,44
24	67	8,6	65,22	7,44
25	67	9,3	69,94	7,44
26	67	9,9	74,53	7,44
27	67	10,5	79,24	7,44
28	68	11,0	83,02	7,56
29	68	11,7	88,06	7,56
30	68	12,3	92,46	7,56
31	68	13,0	98,13	7,56
32	68	13,5	101,91	7,56
33	68	14,2	106,94	7,56
34	68	14,8	111,35	7,56
35	68	15,3	115,76	7,56
36	68	16,0	120,80	7,56
37	68	16,7	125,83	7,56
38	68	17,2	129,61	7,56
39	69	17,8	134,34	7,67
40	69	18,3	138,56	7,67
41	69	19,0	143,67	7,67
42	68	19,5	147,44	7,56
43	69	20,2	152,56	7,67
44	69	20,9	157,92	7,67
45	69	21,3	161,50	7,67
46	69	22,0	166,61	7,67
47	69	22,7	171,72	7,67
48	69	23,3	176,19	7,67
49	69	23,9	180,92	7,67
50	69	24,4	185,35	7,67
51	69	25,0	189,61	7,67
52	70	25,7	194,80	7,78
53	70	26,3	199,33	7,78
54	70	26,9	204,13	7,78
55	70	27,5	209,06	7,78
56	70	28,0	212,94	7,78
57	70	28,7	218,13	7,78
58	56	29,3	222,28	6,22
59	56	30,0	226,43	6,22
60	57	30,9	231,92	6,33
61	57	31,6	236,28	6,33
62	57	32,3	241,20	6,33
63	57	33,2	246,48	6,33
64	57	33,9	251,13	6,33
65	57	34,6	255,45	6,33
66	57	35,3	260,20	6,33
67	57	36,2	265,48	6,33
68	58	37,0	270,85	6,44
69	58	37,7	275,15	6,44
70	58	38,4	279,77	6,44
71	58	39,2	284,82	6,44
72	37	39,9	287,69	4,11
73	37	40,7	290,98	4,11
74	37	41,9	296,05	4,11
75	37	43,0	300,57	4,11
76	37	44,5	306,74	4,11
77	37	45,5	310,85	4,11
78	25	46,8	314,32	2,78
79	25	48,7	319,65	2,78
80	25	50,5	324,74	2,78
81	25	52,3	329,60	2,78
82	25	55,0	337,24	2,78
83	25	56,8	342,10	2,78
84	25	58,3	346,27	2,78
85	25	60,0	351,13	2,78
86	25	61,3	354,60	2,78
87	26	63,3	360,62	2,89
88	24	65,5	366,40	2,67
89	24	67,0	370,40	2,67
90	24	69,0	375,73	2,67
91	24	71,0	381,07	2,67
92	21	72,7	384,95	2,33
93	17	75,0	389,36	1,89
94	15	77,0	392,69	1,67
95	12	80,0	396,69	1,33
96	10	85,0	402,25	1,11
97	10	90,0	407,81	1,11
98	10	93,7	411,88	1,11
99	7	99,0	416,03	0,78

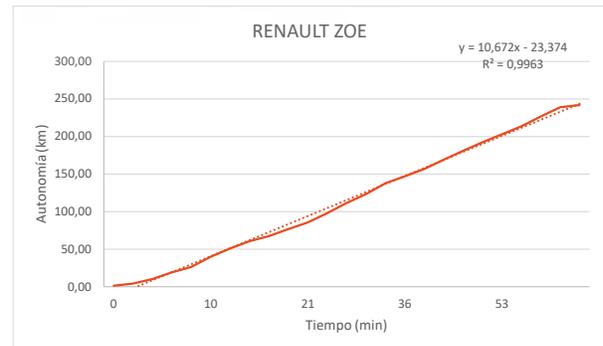
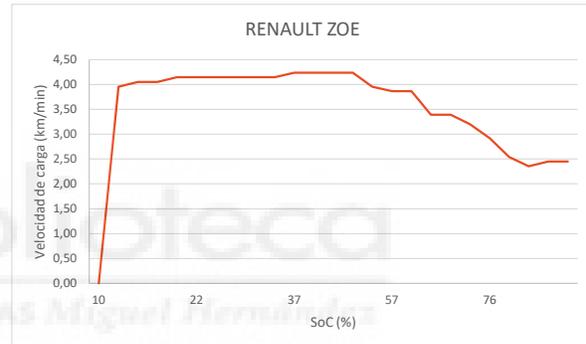


Modelo	RENAULT ZOE
Fecha	15/07/2020
Temperatura ambiente	11
Capacidad de la batería (kWh)	50
Consumo WLTP (kWh/100 km)	17,7



RENAULT ZOE

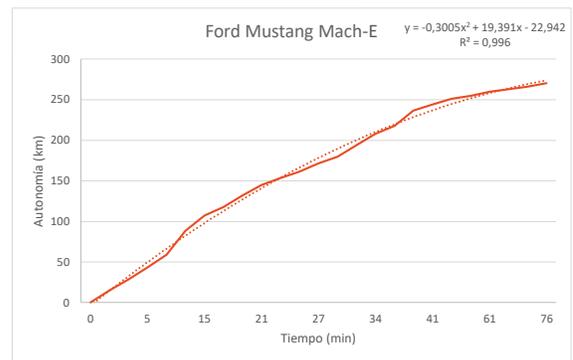
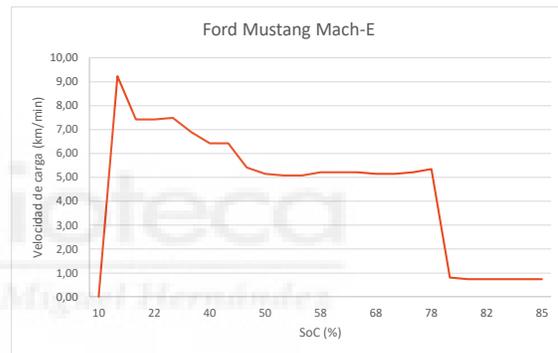
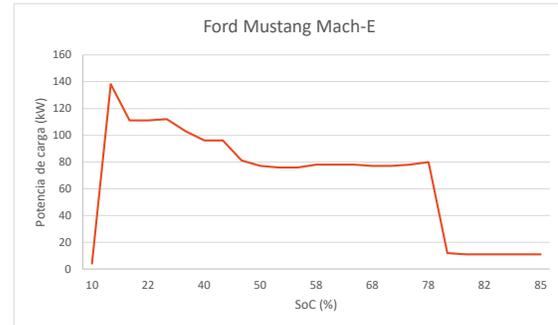
Soc (%)	Potencia de carga (kW)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
10	42	0,33	1,32	0,00
11	42	1,17	4,61	3,95
13	43	2,54	10,18	4,05
15	43	4,78	19,24	4,05
18	44	6,48	26,30	4,14
22	44	9,82	40,12	4,14
26	44	12,47	51,09	4,14
29	44	14,77	60,65	4,14
31	44	16,42	67,45	4,14
34	44	18,69	76,89	4,14
37	45	20,74	85,56	4,24
41	45	23,66	97,93	4,24
46	45	26,83	111,37	4,24
50	45	29,70	123,53	4,24
54	42	33,31	137,81	3,95
57	41	35,75	147,21	3,86
60	41	38,23	156,81	3,86
64	36	41,85	169,08	3,39
68	36	45,32	180,85	3,39
72	34	48,91	192,32	3,20
76	31	52,53	202,90	2,92
80	27	56,71	213,53	2,54
84	25	62,24	226,54	2,35
88	26	67,27	238,85	2,45
90	26	68,53	241,94	2,45



Modelo	Ford Mustang Mach-E
Fecha	10/12/2021
Capacidad de la batería (kWh)	86
Consumo WLTP (kWh/100 km)	24,9



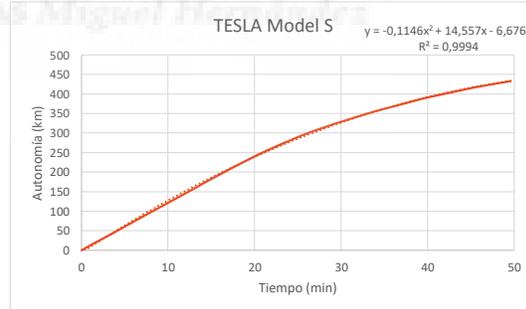
Soc (%)	Potencia de carga (kW)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
10	4	0,00	0	0,00
14	138	1,63	15,09	9,24
18	111	3,41	28,28	7,43
22	111	5,44	43,39	7,43
26	112	7,52	58,98	7,50
35	103	11,81	88,54	6,89
40	96	14,71	107,18	6,43
43	96	16,37	117,82	6,43
47	81	18,99	132,03	5,42
50	77	21,46	144,76	5,15
52	76	23,22	153,73	5,09
55	76	24,71	161,30	5,09
58	78	26,72	171,79	5,22
60	78	28,24	179,71	5,22
64	78	30,99	194,12	5,22
68	77	33,68	207,95	5,15
70	77	35,58	217,73	5,15
76	78	39,20	236,63	5,22
78	80	40,57	243,99	5,35
80	12	49,58	251,22	0,80
81	11	54,33	254,72	0,74
82	11	61,25	259,82	0,74
83	11	65,50	262,94	0,74
84	11	69,73	266,06	0,74
85	11	75,65	270,42	0,74



Modelo	TESLA Model S
Fecha	10/12/2021
Capacidad de la batería (kWh)	93
Consumo WLTP (kWh/100 km)	18



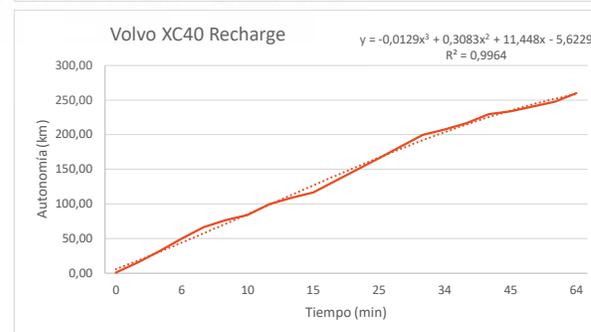
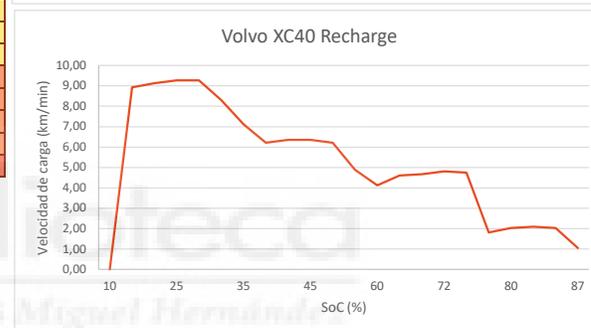
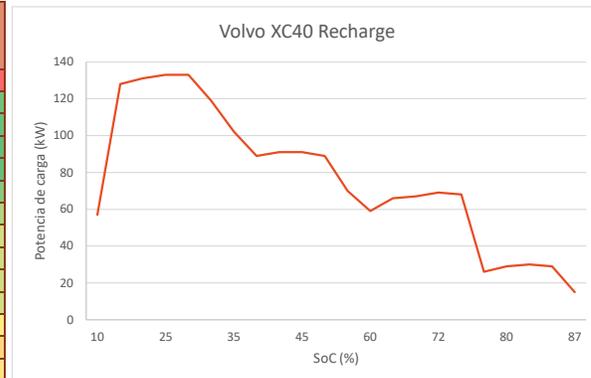
Potencia de carga (kW)	Soc (%)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
2	10	0,00	0,00	0,00
130	13	1,38	16,67	12,04
131	16	2,76	33,33	12,13
131	21	5,05	61,11	12,13
131	25	6,88	83,33	12,13
131	34	11,00	133,33	12,13
131	40	13,29	161,11	12,13
131	43	14,67	177,78	12,13
131	48	17,42	211,11	12,13
121	53	19,89	238,89	11,20
115	57	21,46	255,56	10,65
108	60	23,13	272,22	10,00
100	63	24,93	288,89	9,26
94	66	26,20	300,00	8,70
84	70	29,06	322,22	7,78
76	73	32,22	344,44	7,04
71	76	33,91	355,56	6,57
64	80	37,66	377,78	5,93
62	81	39,59	388,89	5,74
59	83	40,61	394,44	5,46
50	87	45,41	416,67	4,63
43	90	49,60	433,33	3,98



Modelo	Volvo XC40 Recharge
Fecha	30/12/2020
Capacidad de la batería (kWh)	78
Consumo WLTP (kWh/100 km)	23,9



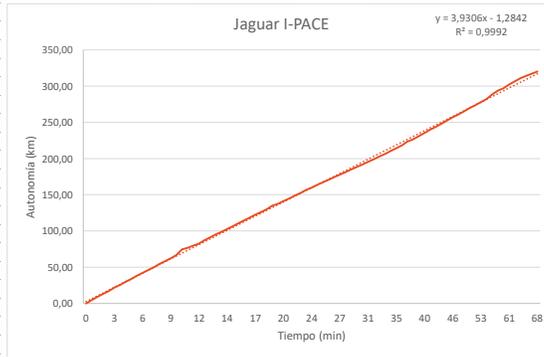
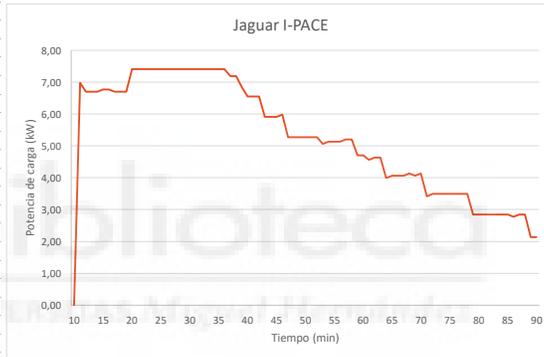
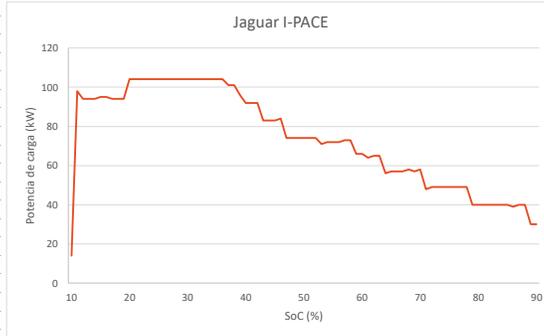
Soc (%)	Potencia de carga (kW)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
10	57	0,24	0,96	0,00
15	128	1,89	15,69	8,93
20	131	3,71	32,29	9,14
25	133	5,65	50,29	9,27
30	133	7,40	66,52	9,27
33	119	8,61	76,60	8,30
35	102	9,64	83,92	7,11
40	89	12,20	99,81	6,21
42	91	13,64	108,94	6,35
45	91	14,85	116,61	6,35
50	89	17,51	133,10	6,21
55	70	20,90	149,67	4,88
60	59	24,94	166,27	4,11
65	66	28,62	183,22	4,60
70	67	32,15	199,70	4,67
72	69	33,74	207,38	4,81
75	68	35,73	216,80	4,74
79	26	42,76	229,55	1,81
80	29	44,83	233,73	2,02
82	30	48,23	240,84	2,09
84	29	51,42	247,29	2,02
87	15	63,64	260,08	1,05



Modelo	Jaguar I-PACE
Fecha	24/12/2020
Consumo WLTP (kWh/100 km)	23,4



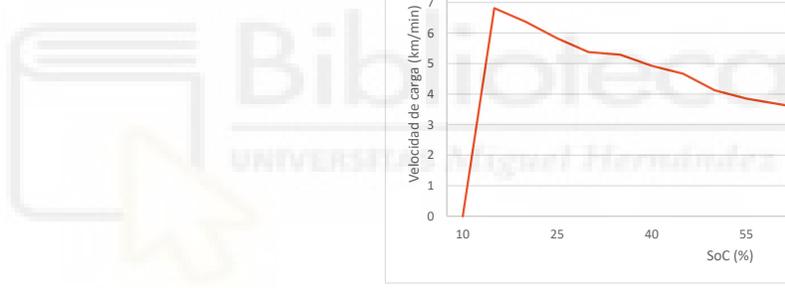
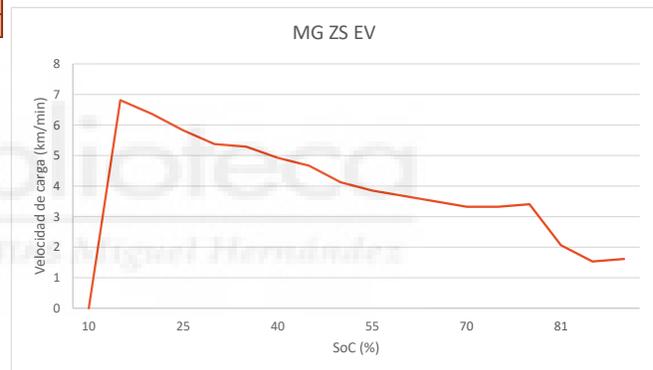
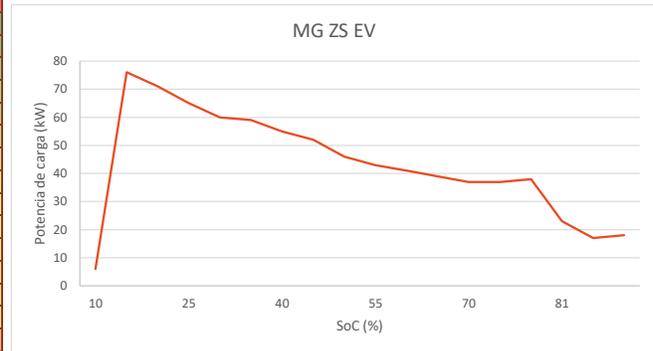
Soc (%)	Potencia de carga (kW)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
10	14	0,00	0,00	0,00
11	98	0,68	4,73	6,98
12	94	1,32	9,04	6,70
13	94	1,94	13,16	6,70
14	94	2,55	17,24	6,70
15	95	3,25	22,03	6,77
16	95	3,77	25,51	6,77
17	94	4,39	29,70	6,70
18	94	4,97	33,54	6,70
19	94	5,68	38,32	6,70
20	104	6,18	42,00	7,41
21	104	6,73	46,06	7,41
22	104	7,28	50,18	7,41
23	104	7,84	54,30	7,41
24	104	8,39	58,35	7,41
25	104	8,92	62,28	7,41
26	104	9,50	66,59	7,41
27	104	10,56	74,45	7,41
28	104	10,89	76,92	7,41
29	104	11,30	79,92	7,41
30	104	11,67	82,71	7,41
31	104	12,27	87,14	7,41
32	104	12,82	91,18	7,41
33	104	13,39	95,39	7,41
34	104	13,84	98,72	7,41
35	104	14,35	102,50	7,41
36	104	14,89	106,54	7,41
37	101	15,44	110,51	7,19
38	101	16,00	114,49	7,19
39	96	16,57	118,44	6,84
40	92	17,16	122,28	6,55
41	92	17,76	126,20	6,55
42	92	18,35	130,09	6,55
43	83	19,12	134,61	5,91
44	83	19,60	137,47	5,91
45	83	20,24	141,25	5,91
46	84	20,87	145,03	5,98
47	74	21,57	148,71	5,27
48	74	22,27	152,42	5,27
49	74	23,09	156,74	5,27
50	74	23,66	159,72	5,27
51	74	24,39	163,56	5,27
52	74	25,05	167,07	5,27
53	71	25,76	170,64	5,06
54	72	26,48	174,36	5,13
55	72	27,16	177,80	5,13
56	72	27,88	181,52	5,13
57	73	28,53	184,88	5,20
58	73	29,19	188,32	5,20
59	66	29,93	191,79	4,70
60	66	30,66	195,24	4,70
61	64	31,48	198,96	4,56
62	65	32,27	202,65	4,63
63	65	33,11	206,54	4,63
64	56	34,08	210,41	3,99
65	57	35,01	214,18	4,06
66	57	36,01	218,24	4,06
67	57	37,29	223,41	4,06
68	58	38,08	226,67	4,13
69	57	39,17	231,10	4,06
70	58	40,16	235,20	4,13
71	48	41,43	239,56	3,42
72	49	42,63	243,73	3,49
73	49	43,86	248,03	3,49
74	49	45,10	252,35	3,49
75	49	46,40	256,89	3,49
76	49	47,58	261,02	3,49
77	49	48,80	265,28	3,49
78	49	50,07	269,71	3,49
79	40	51,51	273,81	2,85
80	40	52,98	277,98	2,85
81	40	54,44	282,16	2,85
82	40	56,63	288,40	2,85
83	40	58,56	293,88	2,85
84	40	59,69	297,09	2,85
85	40	61,45	302,12	2,85
86	39	63,10	306,70	2,78
87	40	64,52	310,75	2,85
88	40	65,63	313,91	2,85
89	30	67,20	317,27	2,14
90	30	68,49	320,02	2,14



Modelo	MG ZS EV
Fecha	03/06/2020
Capacidad de la batería (kWh)	44,5
Consumo WLTP (kWh/100 km)	18,6



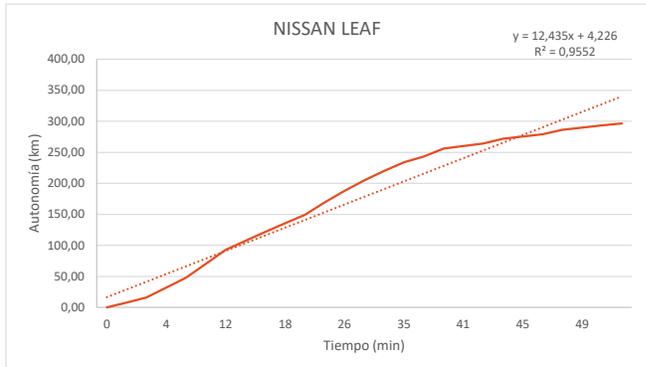
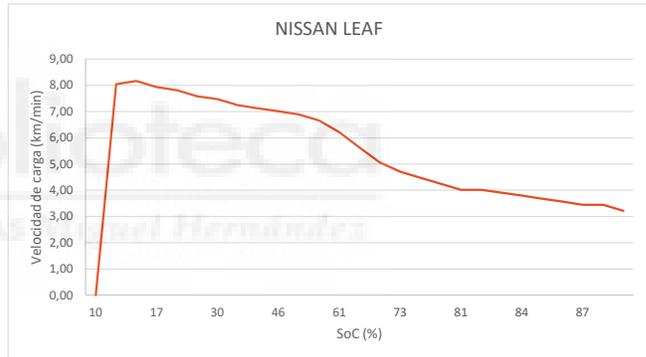
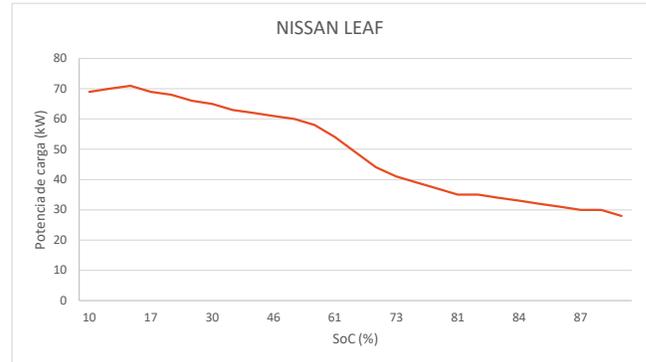
Soc (%)	Potencia de carga (kW)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
10	6	0,00	0	0
15	76	1,75	11,92	6,81
20	71	3,62	23,81	6,36
25	65	5,59	35,31	5,82
30	60	7,72	46,74	5,38
35	59	10,00	58,81	5,29
40	55	12,27	70,01	4,93
45	52	14,79	81,73	4,66
50	46	17,62	93,41	4,12
55	43	20,69	105,20	3,85
60	41	23,95	117,22	3,67
65	39	27,51	129,63	3,49
70	37	31,23	141,97	3,32
75	37	35,01	154,51	3,32
80	38	38,82	167,47	3,41
81	23	41,14	172,25	2,06
85	17	47,17	181,44	1,52
90	18	56,01	195,70	1,61



Modelo	NISSAN LEAF
Fecha	15/07/2020
Temperatura ambiente	11
Capacidad de la batería (kWh)	62
Consumo WLTP (kWh/100 km)	14,5



Soc (%)	Potencia de carga (kW)	Tiempo (min)	Autonomía (km)	Velocidad de carga (km/min)
10	69	0	0,00	0,00
11	70	1	8,05	8,05
14	71	2	16,21	8,16
17	69	4	32,07	7,93
20	68	6	47,70	7,82
25	66	9	70,46	7,59
30	65	12	92,87	7,47
36	63	14	107,36	7,24
40	62	16	121,61	7,13
46	61	18	135,63	7,01
50	60	20	149,43	6,90
55	58	23	169,43	6,67
61	54	26	188,05	6,21
65	49	29	204,94	5,63
70	44	32	220,11	5,06
73	41	35	234,25	4,71
76	39	37	243,22	4,48
80	37	40	255,98	4,25
81	35	41	260,00	4,02
82	35	42	264,02	4,02
83	34	44	271,84	3,91
84	33	45	275,63	3,79
85	32	46	279,31	3,68
86	31	48	286,44	3,56
87	30	49	289,89	3,45
88	30	50	293,33	3,45
90	28	51	296,55	3,22



Anexo 3:

Ensayo de obtención del consumo WLTP



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	98
2. ENSAYO WLTP	100



1. INTRODUCCIÓN

El WTLP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure) es un ciclo que entró en vigor en septiembre de 2017 a nivel europeo como nuevo ciclo de homologación para la medida de emisiones y consumo de combustible. El nuevo ensayo introduce unas condiciones de medida del consumo de combustible y de las emisiones de CO₂ más exactas y realistas que el ensayo anteriormente utilizado desde la década de los 80: NEDC (New European Driving Cycle). Tiene como objetivo obtener datos más precisos para calcular el consumo y las emisiones de CO₂ de un coche.

Según la DGT: “El ciclo WLTP supone un incremento en las mediciones de consumos y emisiones de CO₂ de hasta el 25%” [33]

Es, por tanto, un dato esencial en el proyecto de determinación de estrategias óptimas de carga rápida para vehículos eléctrico.

Modelo EV	WLTP (kWh/100 km)
TESLA Model 3 83 kWh	14,7
Hyundai IONIQ 5	16,7
Audi GT 85 kWh	20,6
TESLA Model 3 Standard Range 50 kWh	14,6
BMW iX3	18,8
TESLA Model S 93 kWh	18
Volkswagen ID.3 58 kWh	15,6
Citroën ë-C4	16
Mercedes-Benz EQA	18,6
Volkswagen ID.4 77 kWh	21,5
Volvo XC40 Recharge	23,9

Ford Mustang Mach-E	24,9
Nissan LEAF	14,5
Hyundai KONA EV	15
Jaguar I-PACE	23,4
Peugeot 208 Eléctrico	22,5
MG ZS EV	18,6
Renault ZOE ZE	17,7



2. ENSAYO WLTP

Las condiciones de este nuevo ensayo de homologación son mucho más exigentes en comparación con el ensayo NEDC anteriormente utilizado.

El ensayo WLTP incluye un ciclo de pruebas específico para 3 clases diferentes de potencias con una duración de 30 minutos, cuando en el NEDC se realizaba solo una prueba simple con una duración de 20 minutos. La distancia del ciclo para este nuevo ensayo es de 23.25 km en comparación con los 11 km del ciclo antiguo. La velocidad media del ciclo WLTP es de 46.5 km/h y la máxima de 131 km/h, en comparación con los 34 km/h de media y 120 km/h de velocidad máxima del ciclo NEDC. Además, este nuevo ciclo se realiza a temperatura constante en un laboratorio, con nuevos equipos y 4 fases de conducción con distintos rendimientos. [32]

El objetivo de este ensayo es determinar los niveles de contaminantes, emisiones de CO₂ y consumo de combustible de todo tipo de vehículos.

La prueba de consumo WLTP dura 30 minutos. De estos, una pequeña parte, aproximadamente 60 segundos, corresponden al inicio de la prueba con el motor parado, y el resto con el coche arrancado. En total se recorren (sobre los rodillos) 23.25 km a una velocidad media de 46.5 km/h. A su vez, la segunda parte de la prueba se divide en dos partes: consumo urbano y consumo extra-urbano. Al final, además de los datos de consumo urbano y consumo extra-urbano, se obtiene el consumo combinado, según el consumo y la distancia totales de la prueba. Es importante que las aceleraciones y frenados sean rápidos, ya que principalmente, las aceleraciones y deceleraciones suaves son uno de los motivos por los cuales el ciclo anterior se ha quedado obsoleto por la falta de realidad en los datos obtenidos. [35]

Finalmente, se obtiene una gráfica de tiempo frente a la velocidad de cada parte de ensayo, correspondiendo la primera parte del tiempo al consumo urbano y el final, al consumo extra-urbano.

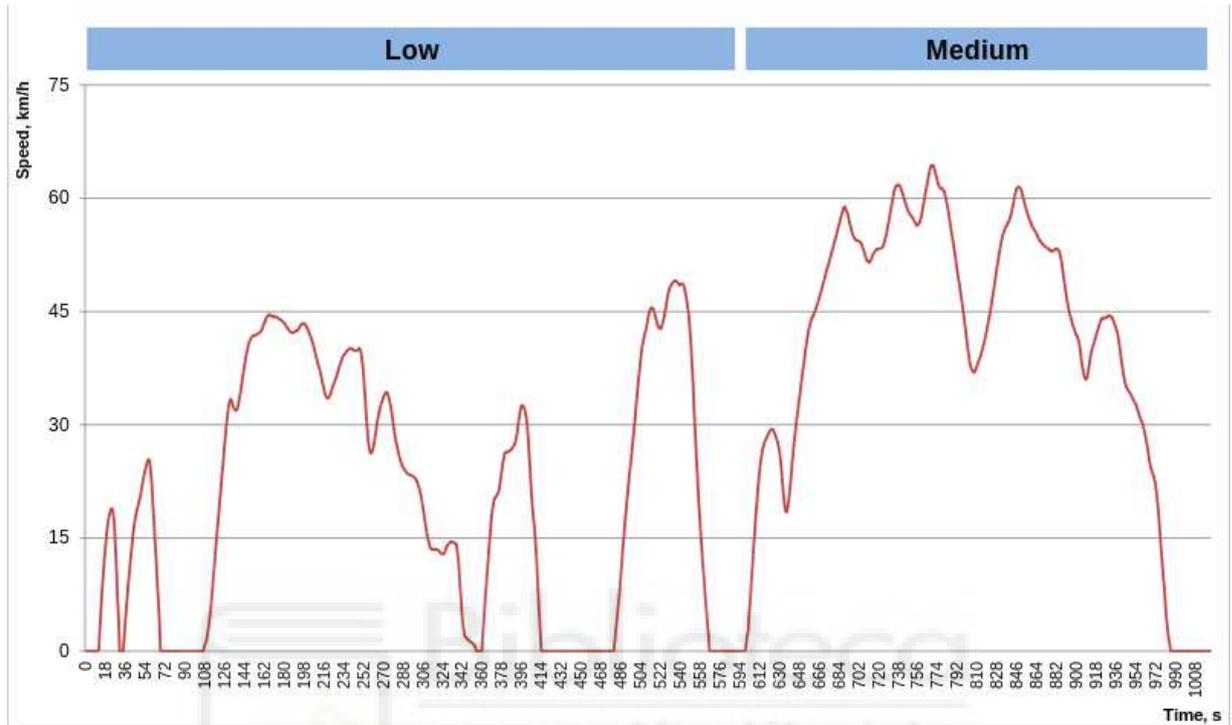


Figura 1. Ensayo WLTP de Clase 1

Se diferencian, además, 3 tipos de conducción: clase 1, 2 y 3, diferenciándose el ensayo en el número de etapas y velocidades máximas alcanzadas. [34]

Anexo 4:

Estudio de viabilidad del Hyundai Kona Eléctrico



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	104
2. ESTUDIO DE VIABILIDAD.....	105



1. INTRODUCCIÓN

El Hyundai Kona es un modelo de SUV que consta de diferentes versiones en el mercado: gasolina desde 2017, híbrido 48V desde 2021 y eléctrico desde 2018.

El modelo de gasolina se encuentra en el ranking del 2021 como el quinto coche más vendido en España y en 2020 como el segundo. El modelo eléctrico se encuentra en el séptimo puesto en el ranking de ventas en España en 2021. Es decir, que el Hyundai Kona se encuentra entre los modelos más comprados por el conductor español.



Figura 1: Hyundai Kona Gasolina, Híbrido y Eléctrico

El presente estudio pretende evaluar el gasto económico de ambos coches a lo largo de 10 años de vida de un coche. Según un estudio elaborado por el Foro de Movilidad promovido por Alphabet, el 40% de los españoles no cambian su vehículo hasta que cumple los diez años, mientras que el 20% lo hace entre los 8 y 10 años. Es, por tanto, que el objetivo de este estudio es defender el vehículo eléctrico como opción asequible económicamente.

2. ESTUDIO DE VIABILIDAD

El estudio se basa en comparar los costes que supone cada tipo de vehículo para un conductor habitual español recorriendo aproximadamente 200.000 km en 10 años (duración media de un coche para un español). [36]

Se tienen en cuenta costes de mantenimientos anuales, siendo 150 € al año la revisión del modelo de gasolina con cambios de filtros, aceites... y siendo 0€ para el modelo eléctrico ya que su sistema es mucho más sencillo y carece de todas las necesidades anteriores. No se tienen en cuenta sustitución neumáticos, correas de distribución, posibles averías, ni tampoco la sustitución de la batería, ya que las actuales baterías vienen a tener una vida útil de entre los 160.000 y los 200.000 km.

Además, también se tiene en cuenta el precio de la ITV en la Comunidad Valenciana para un vehículo gasolina es de: 47,09 €, y para un vehículo eléctrico es de: 34,41€. Y, por supuesto, el precio medio de la gasolina de 1,575€/L y para el modelo eléctrico el precio tarifa fable de la electricidad 0,03 €/kWh (precio en horario de 1 a 7 am con Iberdrola) durante 10 años y 200.000 km.

	Hyundai Kona 2021 1.0 TGDl 120 CV Klass [38]	Hyundai Kona Eléctrico 100 kW (136 CV) Maxx [37]
Potencia (CV)	120	136
Consumo	5,8 L/100 km	14,3 kWh/100 km
Precio base	22.390 €	35.650€
Distancia (km)	200.000	
Energía	11600 L	28600 kWh
Coste energía	18.270,00 €	858,00 €
Mantenimiento básico	1.500,00 €	- €
Precio ITV	141,24 €	103,23 €
Coste	42.301,24 €	36.611,23 €

En definitiva, el vehículo eléctrico es una opción, además de respetuosa con el medio ambiente, viable para el consumidor medio español. El coste de adquisición es mucho más elevado, pero el coste de la electricidad es mucho menor al de la gasolina, además del mantenimiento anual.



6. REFERENCIAS

- [1] Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. MITECO (30 de junio de 2021). *Nota informativa sobre el Avance de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero correspondientes al año 2020*. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/avance-gei-2020_tcm30-528804.pdf
- [2] Hyundai (12 de febrero de 2020). *10 mitos sobre los coches eléctricos*. Recuperado de <https://www.hyundai.com/es/zonaeco/eco-util/10-mitos-coches-electricos>
- [3] Iberdrola. *Conoce todo lo que necesitas saber sobre las baterías de los coches eléctricos*. Recuperado de <https://www.iberdrola.com/innovacion/baterias-de-coches-electricos>
- [4] Internacional Energy Agency (2009). *Ventas anuales de vehículos ligeros por tipo de tecnología en Blue Map por la Agencia Internacional de la Energía*. Recuperado de http://www.ieahev.org/assets/1/7/EV_PHEV_Roadmap.pdf
- [5] Amin Mahmoudzadeh Andwari, Apostolos, Pesiridis, Srithar Rajooc, Ricardo Martinez-Botas, Vahi Esfahanian (Octubre 2017). *A review of Battery Electric Vehicle technology and readiness levels*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117306251>
- [6] Electromaps. (6 de febrero de 2022). *Puntos de recarga en España*. Recuperado de <https://www.electromaps.com/puntos-de-recarga/espana>
- [7] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020). *La energía en España 2018*. Recuperado de <https://energia.gob.es/balances/Balances/LibrosEnergia/Libro-Energia-2018.pdf>
- [8] Gonzalo García (15 de diciembre de 2018). *Tipos de vehículos eléctricos: funcionamiento y características de cada tecnología*. Recuperado de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/asi-funcionan-diferentes-tecnologias-vehiculos-electricos/20180921183150021994.html>

- [9] Simon Electric (Enero 2019). *El vehículo eléctrico: elementos principales y funcionamiento*. Recuperado de <https://www.simonelectric.com/blog/el-vehiculo-electrico-elementos-principales-y-funcionamiento#:~:text=Los%20coches%20el%C3%A9ctricos%20disponen%20de,la%20bater%C3%ADa%20del%20veh%C3%ADculo%20el%C3%A9ctrico>
- [10] Esteban Viso (15 de noviembre de 2017). *Qué son los coches solares y como funcionan*. Recuperado de <https://tecvolucion.com/que-son-los-coches-solares-y-como-funcionan/>
- [11] Álvaro Iniesta López (Junio 2015). *Vehículo eléctrico: ¿Una opción de futuro en los sistemas eléctricos?* Recuperado de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23352/TFG_Alvaro_Iniesta_Lopez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [12] Circutor (15 de noviembre de 2018). *El conector Tipo 2 ó Mennekes para la recarga de vehículos eléctricos*. Recuperado de <http://circutor.es/es/productos/destacados/4503-el-conector-tipo-2-o-mennekes-para-la-recarga-de-vehiculos-electricos#:~:text=Es%20de%20corriente%20alterna%20y,Panamera%20y%20Renault%20Kangoo%20E>
- [13] myrecarga.es (2021). *El conector CCS-2, COMBO, y la carga rápida*. Recuperado de <https://www.myrecarga.es/carga-rapida-combo/>
- [14] Antonio Fernández (4 de noviembre de 2021). *Ranking de ventas de coches eléctricos 2021*. Recuperado de <https://www.motor.es/noticias/ranking-ventas-coches-electricos-2021-202175019.html>
- [15] Yutaka Motoaki, Wenqi Yi, Shawn Salisbury (Noviembre 2018). *Empirical analysis of electric vehicle fast charging under cold temperatures*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421518304828>
- [16] Cargacar (2020). *¿Quién inventó el coche eléctrico? Origen e historia*. Recuperado de <https://cargacar.com/noticias/quien-invento-coche->

[electrico/#:~:text=Fue%20el%20escoc%C3%A9s%20Robert%20Anderson,que%20limita%20mucho%20su%20autonom%C3%ADa](#)

[17] Red Eléctrica de España (17 de diciembre de 2020). *Las renovables alcanzan el 43,6% de la generación de energía eléctrica en 2020, su mayor cuota desde que existen registros*. Recuperado de <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2020/12/las-renovables-alcanzan-el-43-6-por-ciento-de-la-generacion-de-2020-su-mayor-cuota-desde-existen-registros>

[18] Wikipedia (13 de noviembre de 2019). *Nissan Leaf*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Nissan_Leaf

[19] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030*. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>

[20] Red Eléctrica de España (Noviembre 2020). *El sistema eléctrico español. Previsión de cierre 2020*. Recuperado de https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElectrico/2020/Red-Elctrica-Infografia-Sector-Elctrico-Espanol-2020.pdf

[21] European Environment Agency (22 de noviembre de 2018). *Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives. TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report*. Recuperado de <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-from-life-cycle>

[22] International Energy Agency (28 de enero de 2021). *How global electric car sales defied Covid-19 in 2020*. Recuperado de <https://www.iea.org/commentaries/how-global-electric-car-sales-defied-covid-19-in-2020>

[23] OVEMS (2021). *Matriculaciones de vehículos eléctricos en España*. Recuperado de <https://evobservatory.iit.comillas.edu/>

[24] Charlotte Argue (26 de mayo de 2020). *¿En qué medida afecta la temperatura a la autonomía de los vehículos eléctricos?* Recuperado de <https://www.geotab.com/es/blog/temperatura-autonomia-vehiculos-electricos/>

- [25] ANFAC (3 de mayo de 2021). *Las ventas de vehículos electrificados, híbridos y de gas aumentan un 105% en abril respecto de 2019.* Recuperado de <https://anfac.com/actualidad/notas-de-matriculacion/las-ventas-de-vehiculos-electrificados-hibridos-y-de-gas-aumentan-un-105-en-abril-respecto-de-2019/>
- [26] Agencia EFE (29 de abril de 2021). *Las ventas mundiales de coches eléctricos se dispararon un 41 % en 2020.* Recuperado de <https://www.efe.com/efe/america/economia/las-ventas-mundiales-de-coches-electricos-se-dispararon-un-41-en-2020/20000011-4523919>
- [27] European Alternative Fuels Observatory (2020). *TOTAL NUMBER AF INFRASTRUCTURE.* Recuperado de <https://www.eafo.eu/countries/spain/1754/summary>
- [28] ANFAC (1 de diciembre de 2021). *Las ventas de vehículos electrificados, híbridos y de gas suben un 21,2% en noviembre.* Recuperado de <https://anfac.com/actualidad/las-ventas-de-vehiculos-electrificados-hibridos-y-de-gas-suben-un-212-en-noviembre/>
- [29] Antonio Fernández (4 de noviembre de 2021). *Ranking de ventas de coches eléctricos 2021.* Recuperado de <https://www.motor.es/noticias/ranking-ventas-coches-electricos-2021-202175019.html>
- [30] ANFAC (3 de enero de 2022). *Las ventas de vehículos electrificados, híbridos y de gas suben un 55% durante 2021.* Recuperado de <https://anfac.com/actualidad/notas-de-matriculacion/las-ventas-de-vehiculos-electrificados-hibridos-y-de-gas-suben-un-55-durante-2021/>
- [31] El País (4 de enero de 2022). *Estos son los coches más vendidos en España.* Recuperado de https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/01/03/companias/1641230111_244897.html
- [32] CESVIMAP (10 de julio de 2018). *WLTP, método de medición del consumo de combustible y de las emisiones de CO₂.* Recuperado de

<https://www.revistacesvimap.com/wltp-metodo-de-medicion-del-consumo-de-combustible-y-de-las-emisiones-de-co2/>

[33] Carlos Nicolás Fraile (17 de diciembre de 2020). *Nuevas mediciones, consumos más reales*. Recuperado de <https://revista.dgt.es/es/motor/reportajes/2020/1217-WLTP.shtml>

[34] Wikipedia (2015). *WLTP*. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/WLTP>

[35] Ibañez (Febrero 2017). *Así se mide la autonomía homologada de un coche eléctrico y lo que pasa en la realidad*. Recuperado de <https://www.xataka.com/automovil/cuanta-autonomia-real-tiene-un-coche-electrico>

[36] 20 minutos (7 de noviembre de 2017). *¿Cada cuánto tiempo cambiamos de coche?* Recuperado de <https://www.20minutos.es/noticia/4044690/0/cada-cuanto-tiempo-cambiamos-de-coche/>

[37] Hyundai. Kona Eléctrico. Recuperado de <https://www.hyundai.com/es/modelos/kona-electrico.html>

[38] Hyundai. Nuevo Kona. Recuperado de <https://www.hyundai.com/es/modelos/kona/nuevo-kona-hibrido-48v.html>

[39] Hyundai. Modelos Kona. Recuperado de <https://www.hyundai.com/es/modelos/kona.html>

Resultados obtenidos de:

Nyland, Bjørn. [Bjørn Nyland] (2020, 20 de diciembre). *Volvo XC40 vs Polestar 2 charging on Ionity*. Youtube. https://youtu.be/x5BvIGL3_54

Nyland, Bjørn. [Bjørn Nyland] (2021, 21 de abril). *2021 Tesla Model 3 SR+ charging comparison*. Youtube. https://youtu.be/47l4IKbUC_M

Nyland, Bjørn. [Bjørn Nyland] (2020, 30 de junio). *Honda e fast charging comparison*. Youtube. <https://youtu.be/oehLfp7lgnw>

Nyland, Bjørn. [Bjørn Nyland] (2020, 24 de diciembre). *Jaguar I-Pace with improved charging curve*. Youtube. <https://youtu.be/-UiZmBAyNAU>

Nyland, Bjørn. [Bjørn Nyland] (2021, 10 de diciembre). *Mercedes EQS, Tesla, e-tron GT and Mach-e charging comparison*. Youtube. <https://youtu.be/ygATpSVvcCU>

Nyland, Bjørn. [Bjørn Nyland] (2019, 17 de diciembre). *ZS, Zoe and Ioniq charging on 50 kW comparison*. Youtube. <https://youtu.be/o-QEk3r4en4>

Nyland, Bjørn. [Bjørn Nyland] (2020, 15 de julio). *Nissan Leaf 62 kWh charging at 72 kW and 200 A*. Youtube. <https://youtu.be/iT6KPMrq7j4>

Nyland, Bjørn. [Bjørn Nyland] (2018, 27 de julio). *Hyundai Kona Electric charging on 175 kW charger*. Youtube. <https://youtu.be/EdfXMdkUI9A>

Nyland, Bjørn. [Bjørn Nyland] (2021, 30 de julio). *Ioniq 5, e-tron GT, Model 3 and e-tron 55 charging comparison*. Youtube. <https://youtu.be/9gxcukAhIAU>

Nyland, Bjørn. [Bjørn Nyland] (2021, 14 de mayo). *Mercedes EQA 250 charging comparison*. Youtube. <https://youtu.be/jPsKpCMvfls>

Nyland, Bjørn. [Bjørn Nyland] (2021, 4 de agosto). *Citroen e-C4 & Peugeot e-208 new vs old charging curve*. Youtube. <https://youtu.be/d7H-NkUHgw>

Nyland, Bjørn. [Bjørn Nyland] (2020, 23 de septiembre). *VW ID3 1st charging at Ionity*. Youtube. <https://youtu.be/WH2Tm8Ho8I0>

Motor Group, Hyundai. [Hyundai Motor Group] (Año, Mes y Día). *IONIQ 5 – Real-time 18-minute Ultra Fast Charging*. Youtube. <https://youtu.be/WCqcy29ZCc>