



**TÍTULO: Coche eléctrico y la batería: situación actual de mercado y su modelo
de operación comercial**

AUTOR: Cheng Jin

GRADO: Economía

TUTORA: Inés Macho Stadler

FECHA: 20/05/2020

***Agradecimientos:**

Agradecer a mi tutora Inés Macho Stadler su tiempo, dedicación, disposición y paciencia. También a Àlex Sanz Fernandez su ayuda y sugerencias para hacer el análisis empírico de la encuesta.

RESUMEN

Hoy en día, el coche eléctrico nos ha ofrecido lo que en el pasado era imposible: una experiencia segura y ecológica de desplazarnos. No obstante, en el actual mercado, el coche eléctrico parece necesitar más evolución para lograr una mayor cuota de mercado, ya que, este tipo de coches tiene ciertas limitaciones, como son la duración y autonomía de la batería, y la disponibilidad y tipos de puntos de recargas. El objetivo de este trabajo fin de grado es, mediante la exposición de los consultados de diferentes fuentes académicas, explicar brevemente la situación actual de mercado de los coches eléctricos. Después se presenta una pequeña encuesta realizada y se utilizan los datos obtenidos de la encuesta para estimar un modelo que permita analizar las variables más influyentes en la toma de decisión de la compra del coche eléctrico. Finalmente, nos centramos en un aspecto particular, la batería y el motivo por el cuál, algunos fabricantes ofrecen en mercado la opción de comprar y alquiler batería en el contrato de un vehículo eléctrico y proponemos un marco teórico para estudiarlo.

TABLA DE CONTENIDOS

1. Introducción	1
2. El mercado del coche eléctrico.....	3
2.1 Breve historia coche eléctrico.....	3
2.2 Situación actual de los coches eléctricos en Europa y España	4
2.3 Ventajas e inconvenientes de los coches eléctricos	6
3. Realización de la encuesta y Análisis de los datos obtenidos	9
3.1 Encuesta sobre la percepción de los consumidores respecto a los coches eléctricos y las baterías	9
3.2 Situación del coche actual según la muestra.....	10
3.3 Intención de compra.....	11
3.4 Aspectos importantes para la compra del coche	14
3.5 Factores que pueden impedir la compra del coche eléctrico	17
3.6 Análisis de los datos.....	18
4. Las baterías.....	22
4.1 Tipos de baterías e innovación.....	22
4.2 Comprar o alquilar la batería: el caso de Renault	24
4.3 Selección adversa: menú de contrato para la compra del coche eléctrico	27
5. Conclusión	32
6. Bibliografía	34
ANEXO I.....	36
ANEXO II.....	38

1. Introducción

Desde tiempos remotos, la innovación tecnológica ha desempeñado un papel muy importante en la vida de los seres humanos (González y Pérez, 1989). Hoy en día, la innovación tecnológica ha hecho que la vida de las personas sea cada vez más confortable, y que los medios de transporte como herramientas de movilidad hagan que la gente pueda desplazarse cómoda y fácilmente.

Actualmente, en función del combustible que utilizan, existen varios tipos de automóviles en el mercado: eléctricos, híbridos, de diésel, de gasolina etc... En el caso de los coches eléctricos, gracias al auge del uso de la electrificación de los sistemas de transportes públicos (metro, autobús, tranvía, tren) y a sus menores emisiones, el interés por este tipo de coches y su cuota de mercado se han intensificado. Cada vez hay más coches de este tipo (Frías y Román, 2019), y la mayoría de las marcas automovilísticas ya ofrecen al menos un modelo de coche eléctrico. La ventaja de estos vehículos es su comodidad de conducción, la menor contaminación, ser un coche limpio, menos ruidoso y con menor coste de mantenimiento para los consumidores (Frías y Del Miguel, 2019). Cabe destacar una marca en particular en este mercado, la marca Tesla, que es la compañía de fabricación de coches eléctricos que ha revolucionado el sector automovilístico y ha reformulado el concepto de un coche eléctrico impulsándolo hacia un modelo moderno y futurista, revitalizando la percepción de los consumidores sobre este tipo de vehículo (Frías y Román, 2019).

Mediante el uso de las baterías, los coches eléctricos contaminan menos que los coches de combustibles fósiles, ayudando a reducir significativamente las emisiones del CO₂, atenuando también el problema del agotamiento del suministro de petróleo (Lázaro y Flórez, 2009). No obstante, el problema principal de los coches eléctricos también son las baterías, dado que tienen una durabilidad limitada tanto en capacidad de carga como en vida útil. Por ello, las baterías dan una autonomía reducida que no permite viajar a una distancia relativamente larga y ni la misma flexibilidad que un

coche de combustible tradicional. A sus desventajas se añade su alto coste de adquisición y la inseguridad (como la posibilidad de explosión) (Joric, 2016).

Dado el problema planteado por las limitaciones de las baterías de los coches eléctricos, trabajos académicos recientes ya están dedicados a su estudio. Por ejemplo, “Segundas vidas para baterías de coches eléctricos: buenas ideas-malos negocios.”¹, utilizando la situación actual del mercado y datos obtenidos de diferentes fuentes, tiene como objetivo analizar las condiciones existentes e intentar proporcionar una orientación constructiva del mercado de compra y alquiler de las baterías.

Este trabajo fin de grado pretende explicar la situación del coche eléctrico, para después concentrarse en estudiar un aspecto particular, las baterías y la decisión de algunos fabricantes de dar a los compradores dos opciones, compra o alquiler.

La organización del trabajo es la siguiente. En primer lugar, se presenta brevemente la historia del surgimiento y desarrollo de los coches eléctricos, la situación actual, su cuota de mercado, su utilización y sus ventajas e inconvenientes respecto a los combustibles. En segundo lugar, se concentra la discusión en las baterías del coche eléctrico, los tipos de baterías existentes en el mercado actual, la innovación, y la presentación de caso de estudio sobre la compra y alquiler de las baterías de la marca Renault. En tercer lugar, se presenta una pequeña encuesta realizada en colaboración con un compañero para analizar las preferencias de los consumidores sobre las opciones de compra y alquiler de las baterías. Finalmente, se presenta un modelo que permite explicar el interés por parte del vendedor de ofrecer estas dos opciones.

¹ Casals, L. C., & García, B. A. (2014). Segundas vidas para baterías de coches eléctricos: buenas ideas-malos negocios. *DYNA*, 89(1), 46-50.

2. El mercado del coche eléctrico

2.1 Breve historia coche eléctrico

El primer coche diseñado con motor eléctrico surgió en el año 1828 y fue creado por el inventor húngaro Ányos Jedlik. Unos años después, en 1842, el escocés Robert Davidson hizo en realidad un coche eléctrico con cuatro ruedas denominado Galvani, que utilizaba una batería de zinc-ácido como fuente de energía, y cuya velocidad alcanzaba unos cuatro kilómetros por hora. Pero, en aquel momento, el alto coste de producir una batería de este tipo, casi cuatro veces más cara que utilizar carbón, planteó un serio inconveniente para la sobrevivencia del Galvani (Francisco, 2016).

A partir de 1850, la invención de Gaston Planté de la batería recargable de ácido-plomo, favoreció la producción en serie de los vehículos eléctricos, lo que llevó a que en 1898 se empezasen a comercializar en Londres y Nueva York los primeros modelos de coches eléctricos. En aquel momento, el uso de este tipo de coche solo estaba al alcance de unos pocos, ya que el coste de adquirirlo era inalcanzable para una persona de ingresos normales. No obstante, no salían mal parados en comparación con los primeros coches de motor de gasolina que surgieron en los años veinte del siglo XX, que eran ruidosos, tenían alto coste de adquisición y eran incómodos de conducción. Los vehículos eléctricos presentaban ventajas ya que, aunque solo podía circular en distancias cortas, eran fáciles de manejar tanto para hombres como para mujeres y su motor era silencioso (Francisco, 2016).

El descubrimiento de gran cantidad de petróleo y las mejoras tecnológicas centradas en los motores de gasolina, hicieron que la producción de este tipo de vehículo tuviese unas fuertes economías de escala, y su coste de adquisición se abarató muchísimo. El coste de compra un coche de gasolina después de estas mejoras era más de 3 veces menor que el del eléctrico. Por ello, finalmente, el coche eléctrico perdió su cuota de mercado y se dejó de fabricar. Sin embargo, con la crisis del petróleo en 1973, el mercado de automóviles eléctricos volvió a surgir tímidamente, debido especialmente

a los problemas relacionado con el petróleo. Otros factores que hay que tener en cuenta en la reparación del motor eléctrico son el efecto invernadero y el cambio climático que, por su importancia, tanta atención están atrayendo en la actualidad. La urgencia de la descarbonización del sistema energético ha dado apoyo e impulso a las investigaciones y los desarrollos del sector automovilístico en el camino hacia una era más sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Lázaro y Flórez, 2009).

2.2 Situación actual de los coches eléctricos en Europa y España

A lo largo de los últimos años, el coche eléctrico, aunque sólo representa un 5.9% del total de coches registrados actualmente en el mercado automovilístico de Europa, parece que atrae cada vez hay a más conductores tienden a la interesarse por la adquisición de un coche de estas características, y se constata un crecimiento exponencial en los últimos años tanto para el coche híbrido enchufable como el eléctrico puro (ver Gráfico 1).

Matriculación de coches eléctricos respecto al total de coches matriculados en Europa

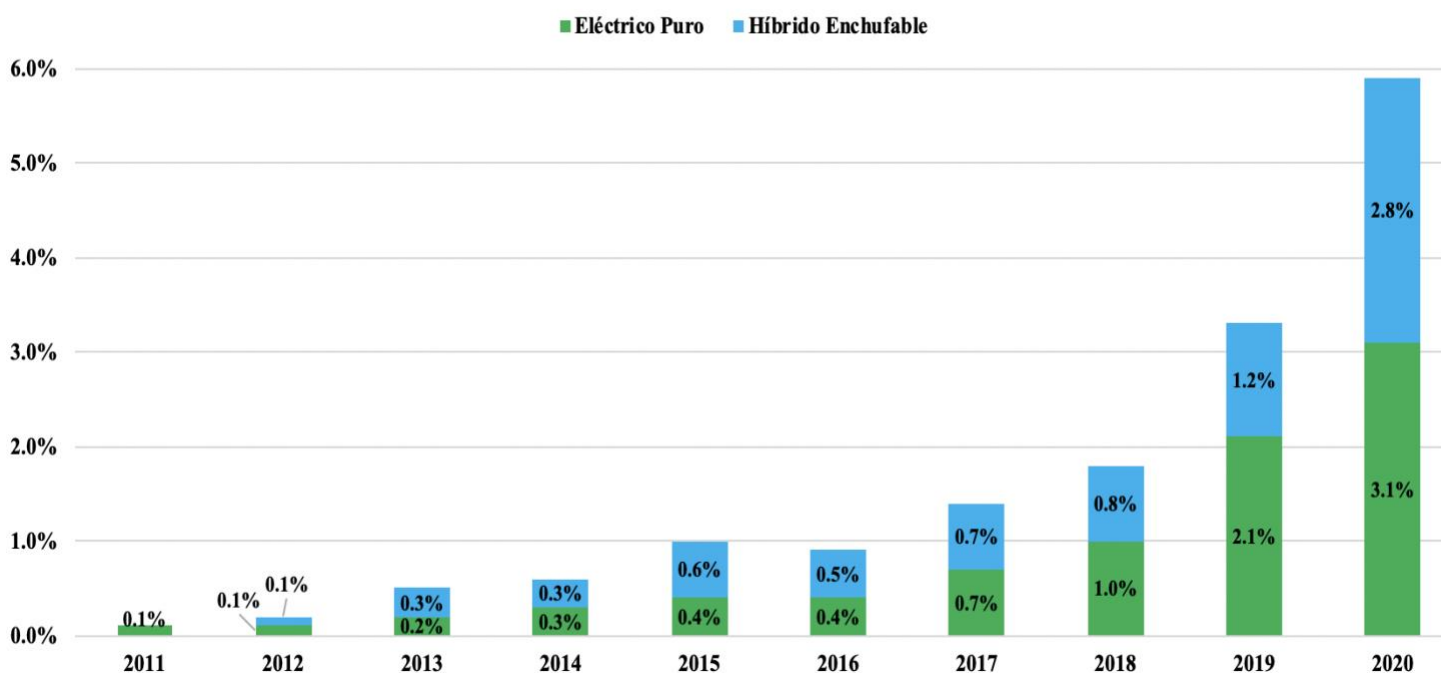


Gráfico 1

Fuente: EAFO (European Alternative Fuels Observatory)

MODELOS DE COCHES ELÉCTRICOS MÁS VENDIDOS EN 2019

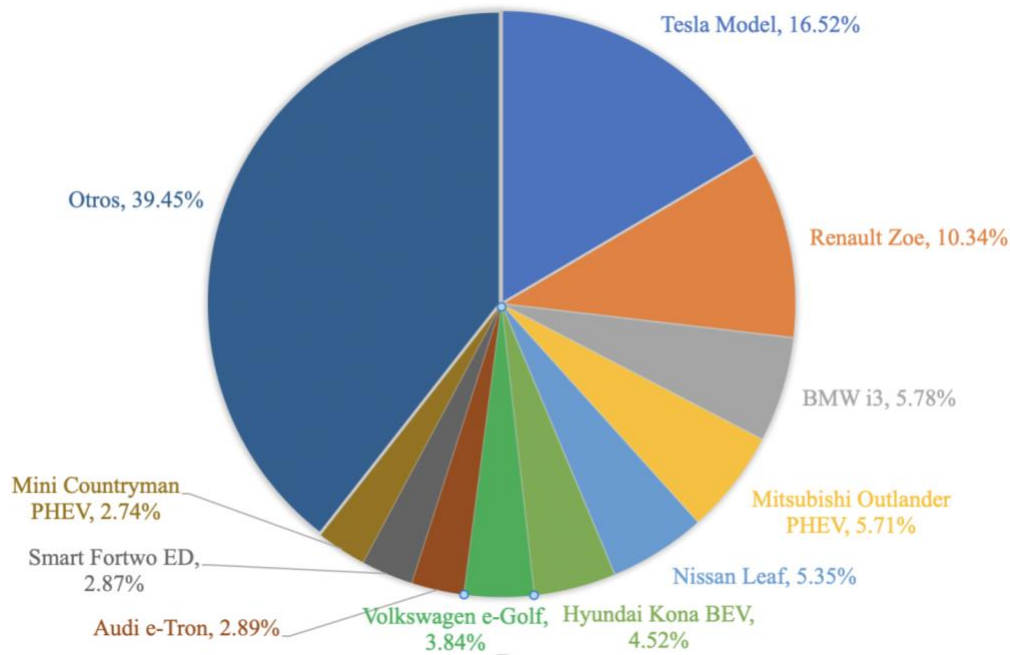


Gráfico 2

Fuente: EAFO

Los modelos de coches eléctricos más vendidos en el mercado europeo son Tesla Model y Renault Zoe, que juntos alcanzan más de un cuarto de la cuota de mercado (ver Gráfico 2). Más adelante, volveremos sobre la marca Renault y la particularidad de su oferta de compra y alquiler de baterías en su modelo Zoe, para estudiar la lógica detrás de estos dos tipos de contratos para atraer demanda y para reducir las incertidumbres de los potenciales compradores.

En el caso de mercado español, como se muestra en el Gráfico 3, el coche eléctrico también ha aumentado en los últimos años su cuota de mercado respecto al Gráfico 1 mostrado anteriormente, aunque representa solo un 1.5% del total de coches matriculados.

Los problemas de despoblación, las necesidades conseguir alcanzar un desarrollo sostenible, y una sociedad comprometida con el futuro y más consciente del cambio climático, combinados con medidas concretas de apoyo a este tipo de coche (ayudas

económicas a la renovación de coches contaminantes y el establecimiento de una normativa sobre puntos o estaciones de recarga), hará que la tendencia a considerar comprar un coche eléctrico siga creciendo y por tanto, generará oportunidades para el incremento de su cuota de mercado a largo plazo (Frías y Román, 2019). Sin embargo, el coche eléctrico también se enfrenta a retos importantes para su mayor implantación, retos que se discuten en el resto del trabajo.

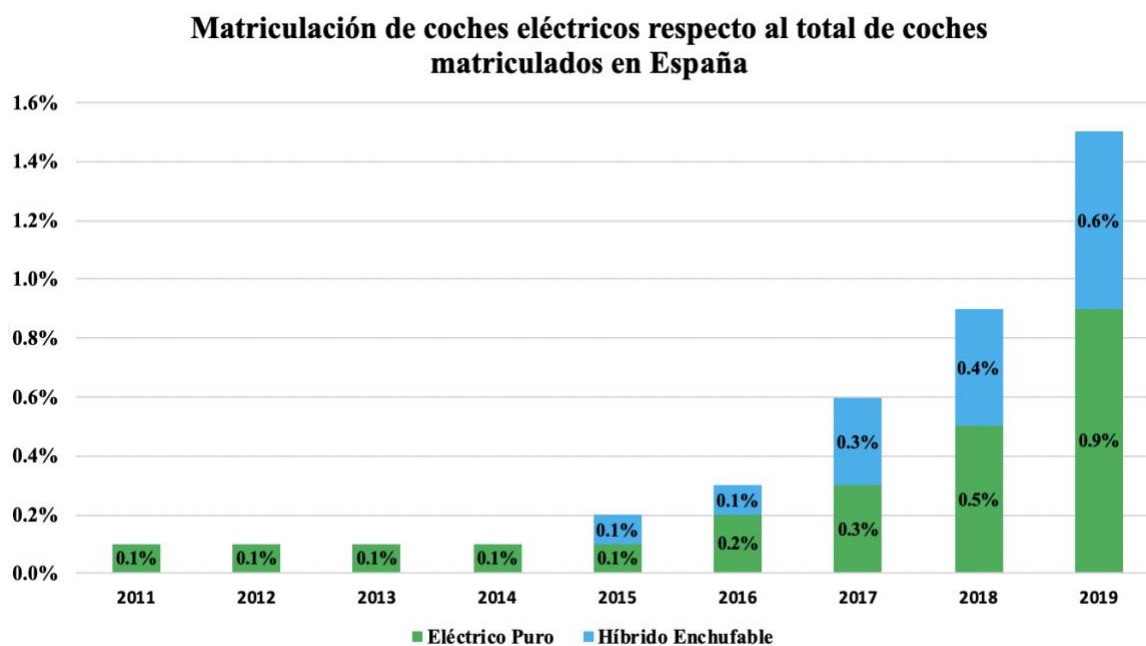


Gráfico 3

Fuente: EAFO (European Alternative Fuels Observatory)

2.3 Ventajas e inconvenientes de los coches eléctricos

En comparación con un coche de combustible tradicional, el motor eléctrico es más eficiente que un motor de combustión interna dado que con el freno regenerativo transforma continuamente en energía durante las paradas en las congestiones de tráfico y casi no gasta la batería. El coche eléctrico, como hemos dicho anteriormente es limpio y que tiene emisiones de gases casi nulas, es cómodo de conducir, sencillo, cómodo y silencioso (Serrano, 2014).

Plantearse comprar un coche eléctrico, actualmente, presenta ciertas ventajas económicas, como el Plan MOVEA², un plan de impulso para ayudar a comprar coches eléctricos, que consistía en dar 500€ a los individuos que compraban un turismo eléctrico y 18000€ para autobuses o camiones del mismo tipo, e incluía una ayuda que se permitía ahorrar hasta 40% para la instalación del punto de carga en casa. Otras bonificaciones económicas que pueden conseguirse por el hecho de comprar un coche eléctrico son conseguir hasta un 75% de ahorros en el pago de IVTM (Impuesto sobre Vehículos de Tracción Mecánica), y ahorros en el IRPF (Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas) en el caso de que la adquisición sea para actividades de explotación empresarial (Bernaldo de Quirós Aparicio, 2018).

El coste de mantenimiento para este tipo de vehículo es casi un 40% menor que un coche de combustión tradicional, ya que no necesita cambios de aceite para el motor, ni de filtros de aceite, aire o los accesorios relacionados. Por tanto, supone la reducción de los gastos de producción y mantenimiento que favorecen tanto a la fabricación como al cliente. Además, al utilizar menores elementos mecánicos en su composición del coche eléctrico, la probabilidad de averías también se reduce significativamente respecto a la de un mecanismo de combustión tradicional (como la rotura de correa de distribución entre otras) (Frías y Del Miguel, 2019).

Actualmente, el precio de compra de un coche eléctrico es más alto que el de un coche de combustión tradicional, pero el precio de la energía es mucho menor que el de combustible tradicional (Serrano, 2014). Por otra parte, la batería, que es una pieza clave del coche eléctrico, es su mayor limitación para conseguir una mayor cuota de mercado, dado que tiene una autonomía determinada que hace que no esté preparado para circular largas distancias.

² El Plan de Impulso a la Movilidad con Vehículos de Energías Alternativas

Este hecho, combinado con la falta de disponibilidad de puntos o estaciones de recarga con “enchufes rápidos”, y mayor tiempo de recarga comparando con tipo combustión que apenas se necesita unos minutos en realizarla, lleva a que el coche de motor combustible resulte más adecuado para desplazamientos largos (M. Francisco, 2016). La batería tiene también una durabilidad limitada que además supone en el futuro un alto coste de reciclaje para los fabricantes (Ahlbom, A., et al.,1998).

Como señalan Frías y Del Miguel (2019), el coche eléctrico puede reducir hasta un 24% en el impacto sobre el calentamiento global comparando con el coche de combustión tradicional. No obstante, en el proceso de fabricación de las baterías y el motor, el coche eléctrico presenta un impacto negativo sobre el medioambiente.

3. Realización de la encuesta y Análisis de los datos obtenidos

3.1 Encuesta sobre la percepción de los consumidores respecto a los coches eléctricos y las baterías

Se ha realizado una encuesta con doce preguntas³ con respuestas cerradas.⁴ La encuesta (que tiene importantes limitaciones) se realizó por dos medios distintos con la intención de poder obtener una cantidad mayor de respuestas. En el periodo del 13 al 29 de febrero 2020 se realizó una encuesta online, enviando el enlace a los encuestados solicitándoles contestar a la encuesta y, por otro lado, se realizaron entrevistas presenciales en las calles, utilizando la encuesta formada impresa y preguntando personalmente a cada uno de los encuestados. El universo de este análisis es la población de Barcelona de edad mayor o igual a 18 años. Finalmente, se ha obtenido un total de 229 encuestas recibidas y validadas, lo que supone un error

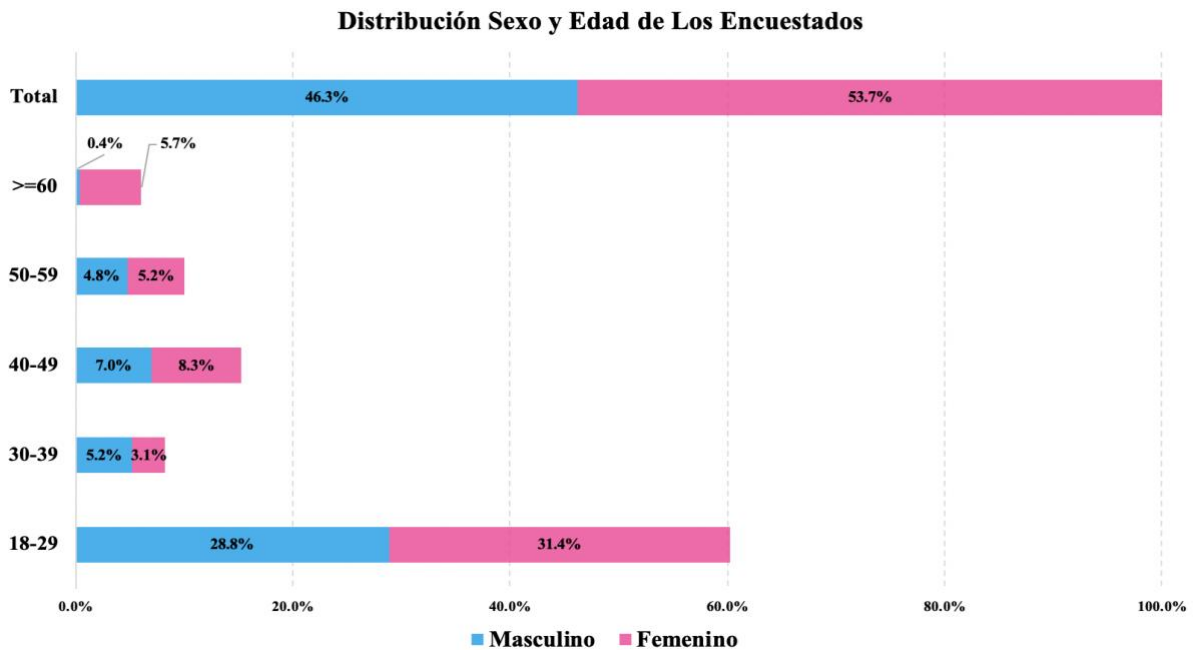


Figura 1

³ Véase al anexo I

⁴ La elaboración de la encuesta ha sido realizada en colaboración con mi compañero de ADE (Dong He Chen) y de su tutora (Laura Isierte Moreno). Ambos, incluimos en la encuesta preguntas ya que estudiamos aspectos distintos del sector del automóvil nuestros trabajos fin de grado.

muestral de edad de más o menos de 1.21%⁵ para un nivel de confianza del 95%⁶, conforme con 5.575 millones de habitantes presentes en Barcelona.

En los datos obtenidos, ver Figura 1, del total de los encuestados, más de la mitad de las respuestas recibidas son de mujeres (las respuestas recibidas por mujeres en cada rango de edad son relativamente mayores que los hombres), pero la posición está bastante equilibrada. Además, las encuestas son mayoritariamente recibidas y respondidas de la población joven, en el rango de edad entre los 18 y los 30 años, que representan más de 60%, cabe destacar que, la edad media también figura un 20% de la muestra aproximadamente.

3.2 Situación del coche actual según la muestra

En la Figura 2, se puede ver que la mayoría de los encuestados que poseen el coche tiene un coche de combustible tradicional (diésel o gasolina). Este es el caso de más

Tipo de coche que tiene según género y edad

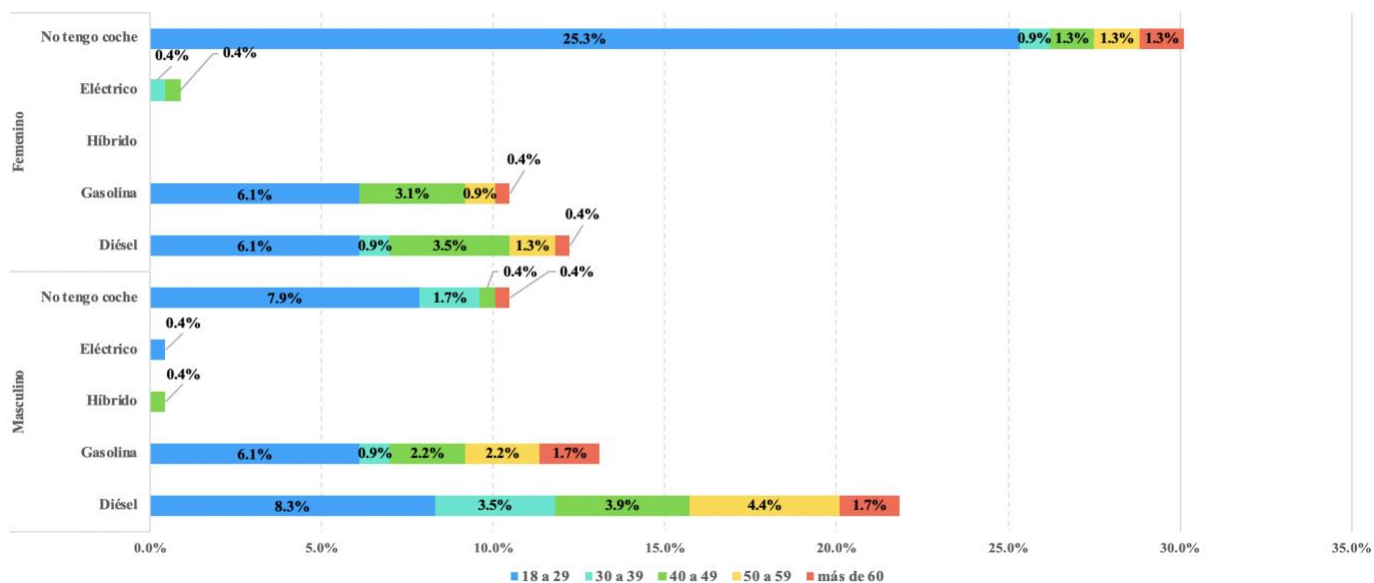


Figura 2

⁵ Los resultados de la encuesta obtenida deben tomarse con mucha caución debido a las limitaciones en las que se ha realizado. Como se puede observar de la Figura 1, es evidente que según la muestra presenta problema de sesgo muestral, ya que mayoritariamente las respuestas están centradas en el rango de la edad joven.

⁶ Para la obtención del error muestral se aplica la fórmula $z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, donde z es la puntuación correspondiente al nivel de confianza, σ es la desviación estándar de la población y, n es el tamaño de la muestra, en dicho caso, la desviación típica que se ha obtenido en el Gretl es un 14.54, respecto la edad, z para un 95% de nivel de significatividad es 1.96.

de la mitad de la muestra y, excepcionalmente, hay unos pocos que tienen un coche híbrido o eléctrico, aproximadamente un 2% de la muestra. Por ello parece que los coches de combustibles tradicionales todavía tienen una posición dominante en el mercado presente. Además, se puede ver que en la muestra hay 40% de los encuestados que no poseen un coche y en general éste está distribuido entre la población joven, mayormente entre las jóvenes.

3.3 Intención de compra

En la muestra, los menores de 40 años parecen ser los que tienen mayor propensión a comprar un coche en el futuro, con una tendencia de comprarlo en un plazo mayor a un año. Este tramo de edad es en general el que tiene una renta disponible mayor. Cabe destacar que, entre los encuestados de edad media, hay más de 40% de conductores que piensan en comprar o renovar su coche en el futuro (véase la Tabla 1).

	No tengo intención	Sí, en menos de un año	Sí, en uno o dos años	Sí, en más de dos años
18 a 29	34.8%	12.3%	19.6%	33.3%
30 a 39	26.3%	10.5%	31.6%	31.6%
40 a 49	54.3%	14.3%	20.0%	11.4%
50 a 59	47.8%	8.7%	21.7%	21.7%
más de 60	92.9%	0.0%	7.1%	0.0%

Tabla 1

Muchos de los encuestados, casi de 60% del total, declara estarse planteando comprar un automóvil. Un tercio de los individuos que están a favor de adquirir un vehículo se plantean hacerlo en el corto plazo, dentro del periodo de 2 años, mientras que un cuarto de la muestra está pensando en comprarlo a largo plazo (véase Figura 3).

Intención de compra de coche según género y el modelo de coche que posee actualmente el encuestado

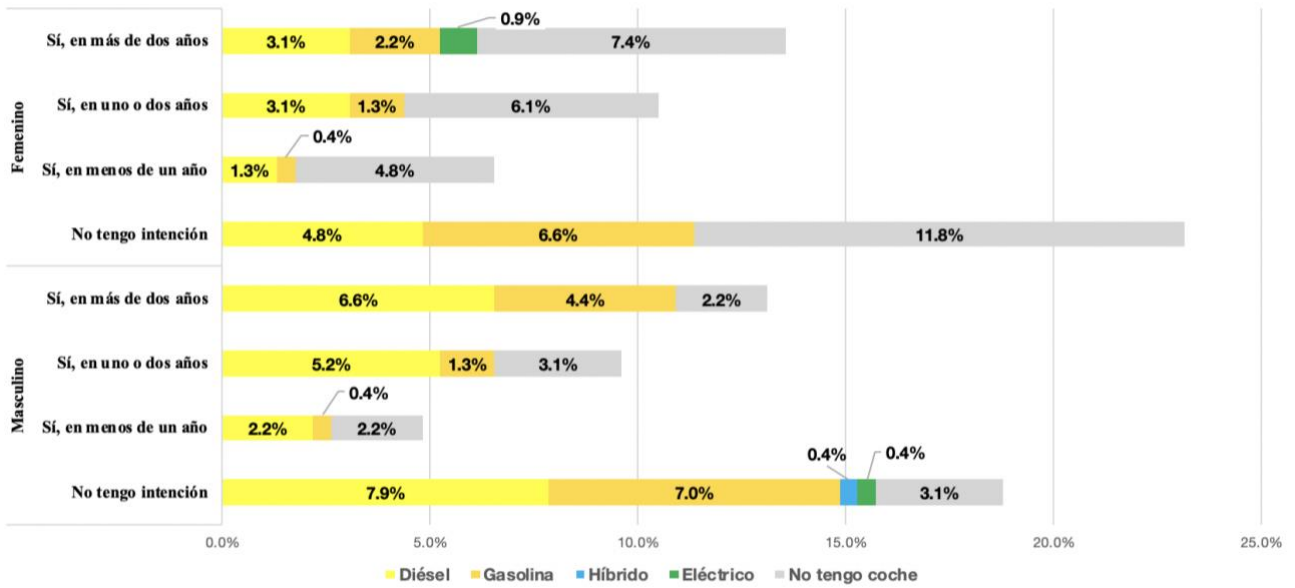


Figura 3

Curiosamente, mientras que hay más mujeres que no poseen un coche actualmente, ellas declaran que están pensando en comprar un vehículo y las que muestran mayor intención de comprar un coche prefieren hacerlo en menos de dos años. Además, tanto hombres como mujeres que tienen un coche de combustible tradicional

Tipo de coche que querría si el individuo pudiese comprar

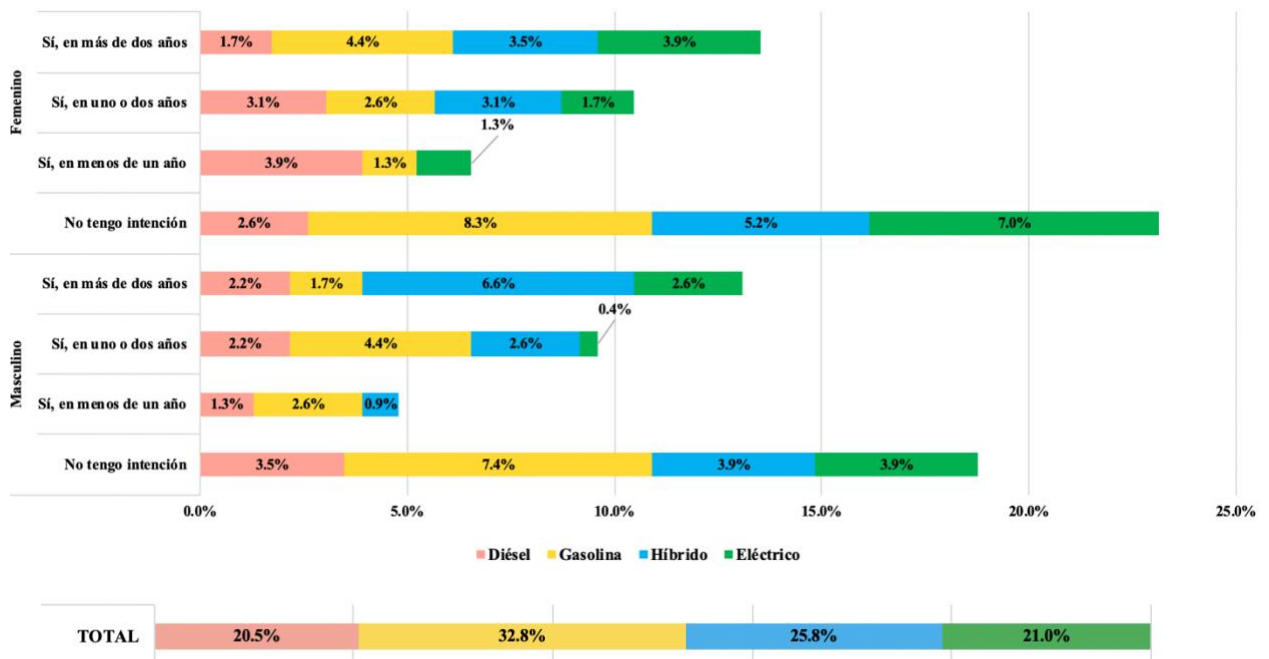


Figura 4

mayoritariamente no tienen intención de renovar su coche dentro de corto plazo, más bien en largo plazo.

Más del 50% de los individuos encuestados tienen intención de comprar un coche cuya motorización sea de combustible, pero cabe destacar que un 21% de consumidores está inclinándose a la compra de un vehículo eléctrico.

Tipo de coche que querría comprar según género y tipo de coche que posee actual

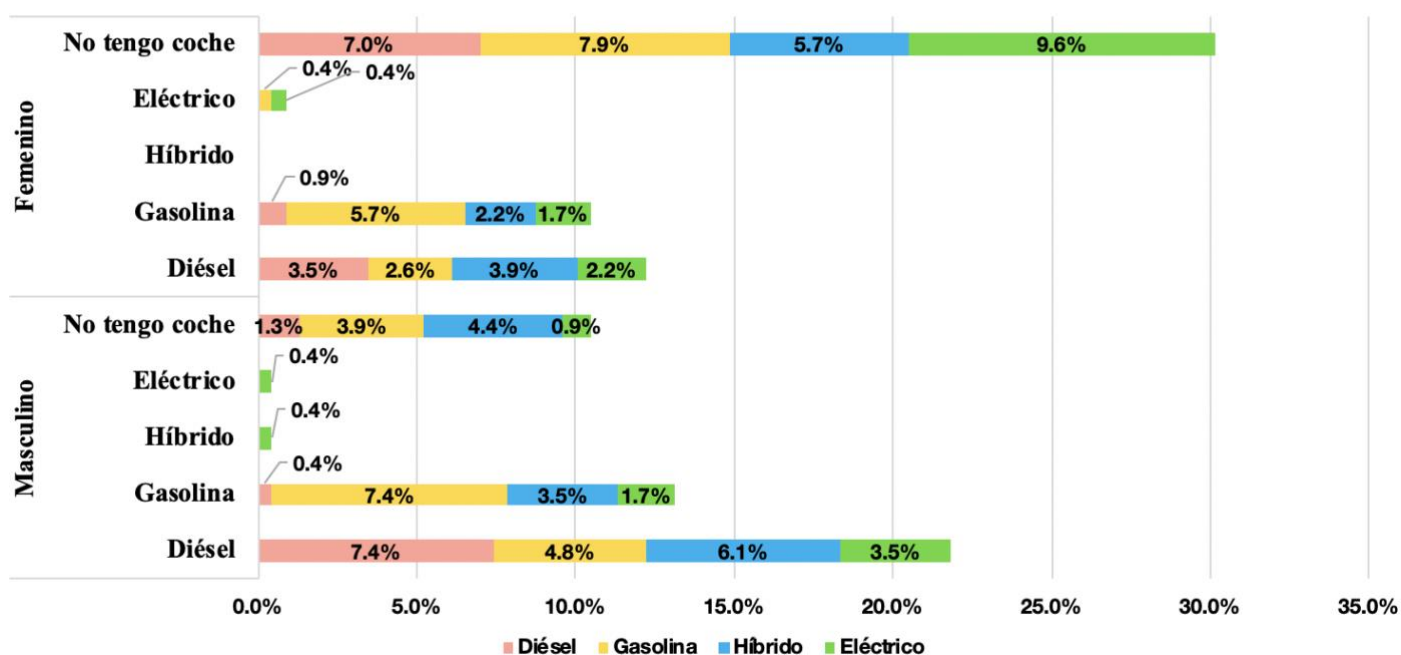


Figura 5

Como se muestra en las Figura 4 y 5, parece que las mujeres son más propensas hacia la compra de vehículos con motor menos contaminantes, lo que se puede interpretar como que ellas tienen más preocupación por los efectos-causas del efecto medioambiental, la emisión de gases de efecto invernadero, la ecología etc...

En el caso de los hombres, se puede comprobar que presentan un comportamiento menos orientado al futuro y tienden más hacia la adquisición de vehículos contaminantes. Además, se puede observar que, hay casi la mitad de los hombres que poseen un coche de diésel tienen intención de comprar un coche híbrido o eléctrico.

Como se ve en la Figura 2, en la muestra los propietarios de un vehículo no tienen coches eléctricos ni siquiera en la variedad de coche híbrido. Las respuestas de la encuesta parecen indicar un aumento potencial de la demanda de este modelo de motor, lo que ayudaría a reducir la incertidumbre de su lanzamiento al mercado y al mismo tiempo permitiría a los proveedores tener mayores garantías e incentivos a la hora de poner en marcha ciertos desarrollos e investigaciones de tecnologías.

La Tabla 2 permite subrayar que, para la población joven, los motores de gasolina son los más preferidos, mientras para la población de edad entre 30 y 39 años hay una dispersión de punto de vista a la hora de adquirir nuevo vehículo, y una parte están atraídos hacia el sentido de la combustión tradicional de diésel y otra al motor eléctrico. Para la población entre 40 y 59 años, los motores de diésel parecen tener menor interés y menos consideración a la hora de comprar. Cabe mencionar que entre la edad de 50 a 59 años los motores eléctricos e híbridos presentan mayor consideración. Para la población de mayores de 60 años, parece que la combustión tradicional tiene mayor importancia, quizás esto podría estar debido a la reticencia a cambiar y a menores conocimientos de los motores nuevos emergentes.

	Diésel	Eléctrico	Gasolina	Híbrido
18 a 29	18.8%	18.8%	35.5%	26.8%
30 a 39	36.8%	31.6%	21.1%	10.5%
40 a 49	11.4%	17.1%	37.1%	34.3%
50 a 59	13.0%	34.8%	26.1%	26.1%
más de 60	50.0%	14.3%	21.4%	14.3%

Tabla 2

3.4 Aspectos importantes para la compra del coche

La Figura 6, muestra que más del 80% de los encuestados consideran que el coche eléctrico es el coche futuro. Para las mujeres, casi la mayoría considera que este tipo de motor es la generación futurista, mientras para los hombres hay una parte proporcional de aproximadamente 10% dicen que aún no llega su turno.

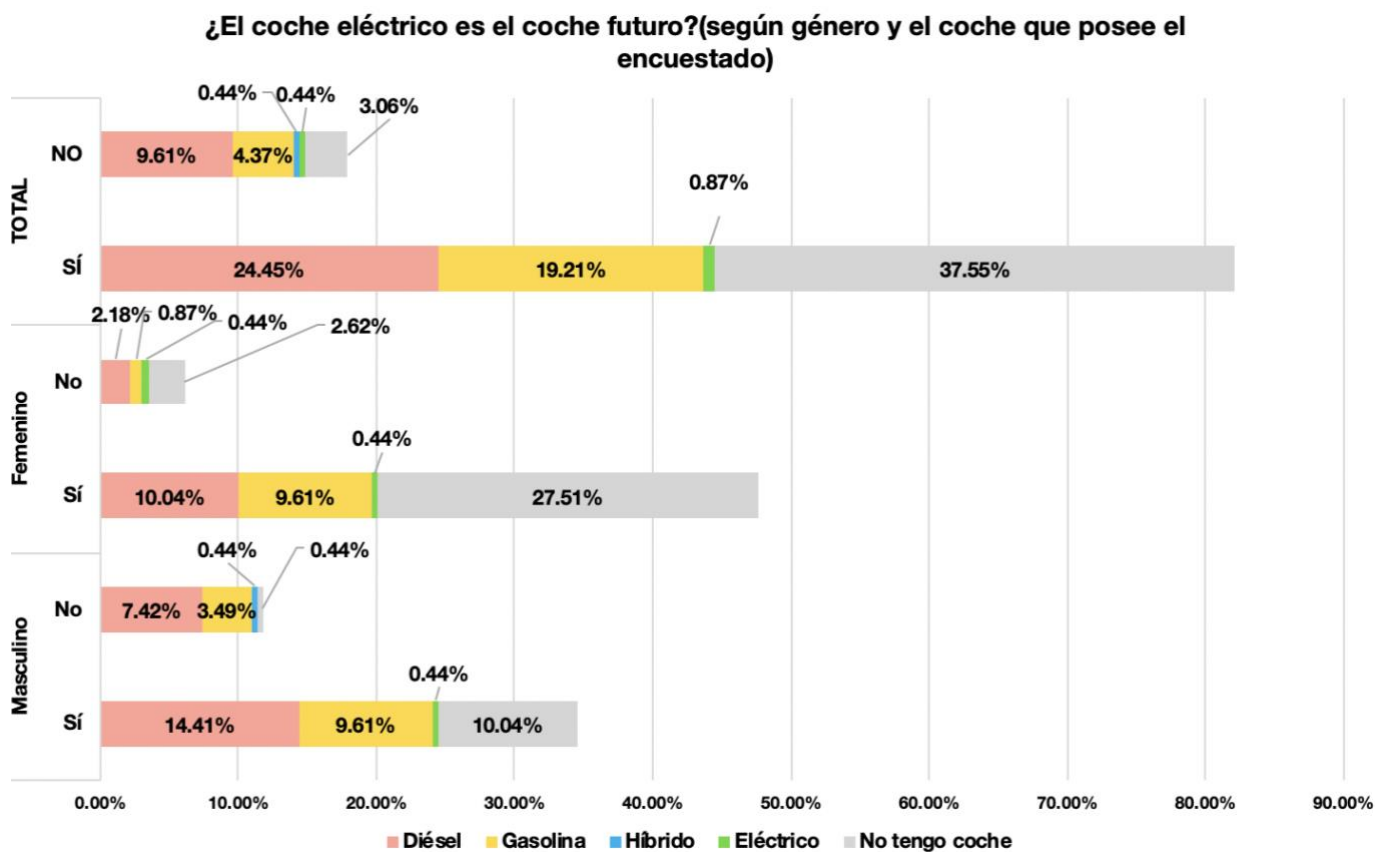


Figura 6

La población encuestada presenta percepciones discrepantes respecto de los motores (ver Figura 7). Una parte de la población se inclina hacia los motores de combustión tradicional, y considera la compra de un coche diésel o gasolina, considerando que estos son coches más contaminantes, ruidosos y menos ecológicos, pero son más duraderos, baratos, tienen mejor relación precio-calidad y además son más fiables. Otra parte de la población se inclina a favor de los motores híbridos y eléctricos porque son silenciosos, limpios, provocan una menor contaminación atmosférica etc...

PERCEPCIÓN DE LOS MOTORES

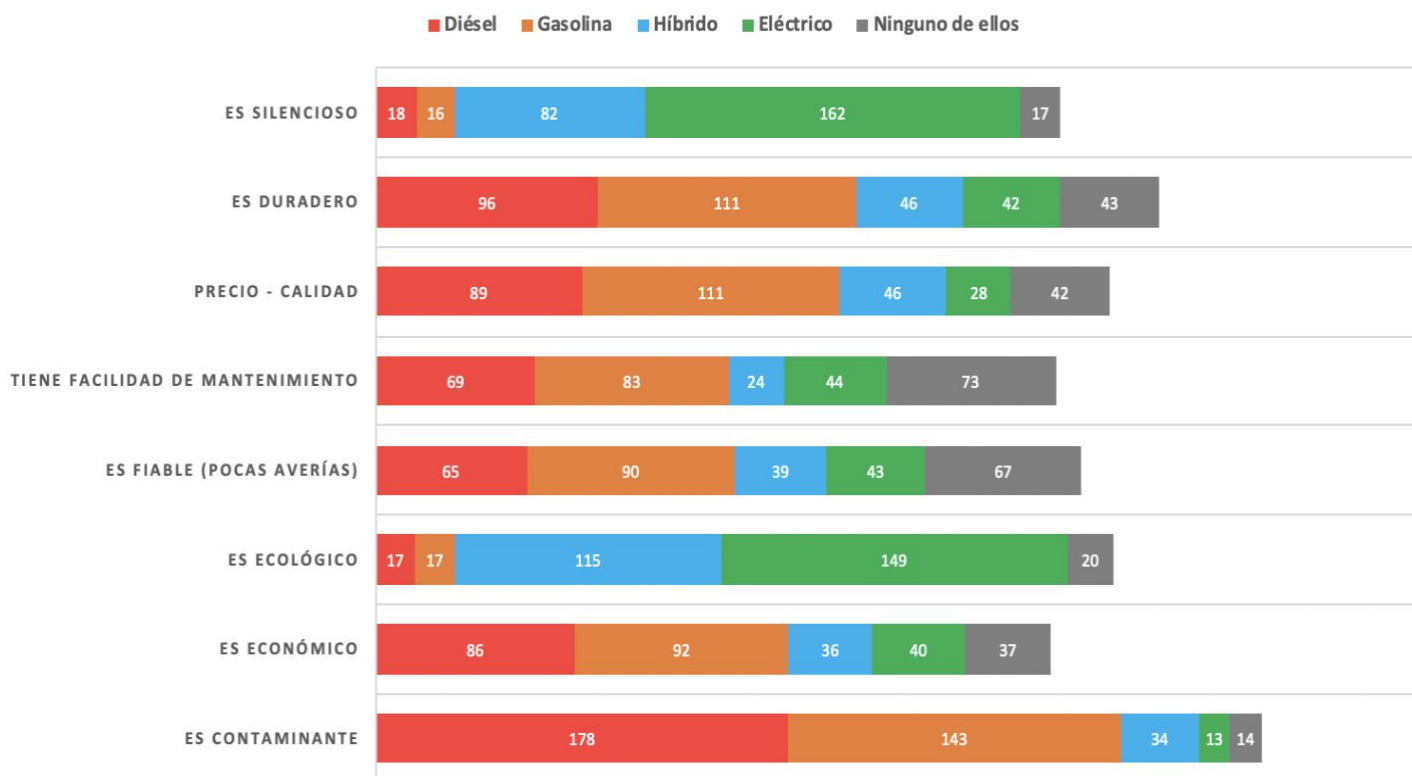


Figura 7

En el momento de comprar un vehículo, la seguridad y el precio son los factores o determinantes más esenciales a la hora de tomar la decisión. Cabe decir que la población parece tener conscientemente el respecto al medioambiente, y las emisiones figuran como un aspecto importante cuando se plantean adquirir el coche. De aquí se podría interpretar que las intenciones de compras expresadas en la encuesta e indicadas anteriormente son debidas principalmente al precio, la durabilidad y la confianza que ofrecen en comparación con los vehículos de combustión tradicional (ver Figura 8).

Hablando del precio, en la actualidad los coches eléctricos e híbridos son relativamente más caros que los de combustión tradicional. El alto coste de adquisición y la planificación intertemporal de la vida útil del coche hace que el precio supera el poder adquisitivo y las expectativas de muchos individuos. Por tanto,

la opción óptima para tener un transporte particular sería optar por un motor diésel o gasolina cuya tecnología es más estandarizadas, presentan importantes economías de escala y experiencia, y, mayoritariamente, son percibidos como vehículos de menor coste de mantenimiento y fiabilidad.

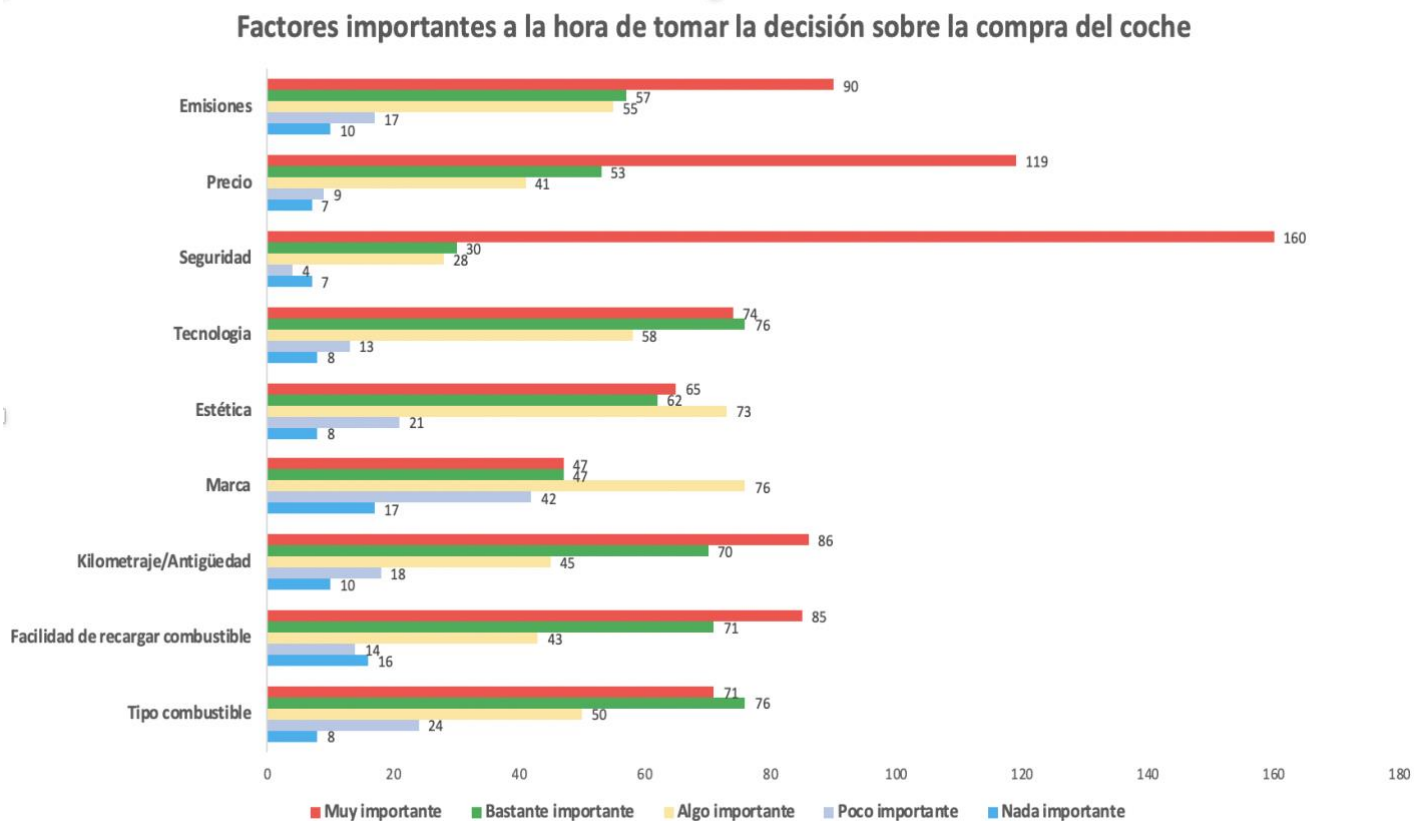


Figura 8

3.5 Factores que pueden impedir la compra del coche eléctrico

Comprar el coche eléctrico presenta unas cuantas barreras. El precio es un factor predominante a la hora de tomar la decisión de comprarlo, como se puede comprobar en la Figura 9. Los otros factores especialmente que han sido considerados especialmente por los encuestados son los problemas de la batería. La batería presenta problemas (Lázaro y Flórez, 2009) tales como su durabilidad, su baja autonomía (que no permite una circulación de larga distancia), y también el eterno tiempo de la recarga en caso de si el coche no tuviese acceso a un punto de carga rápida etc...

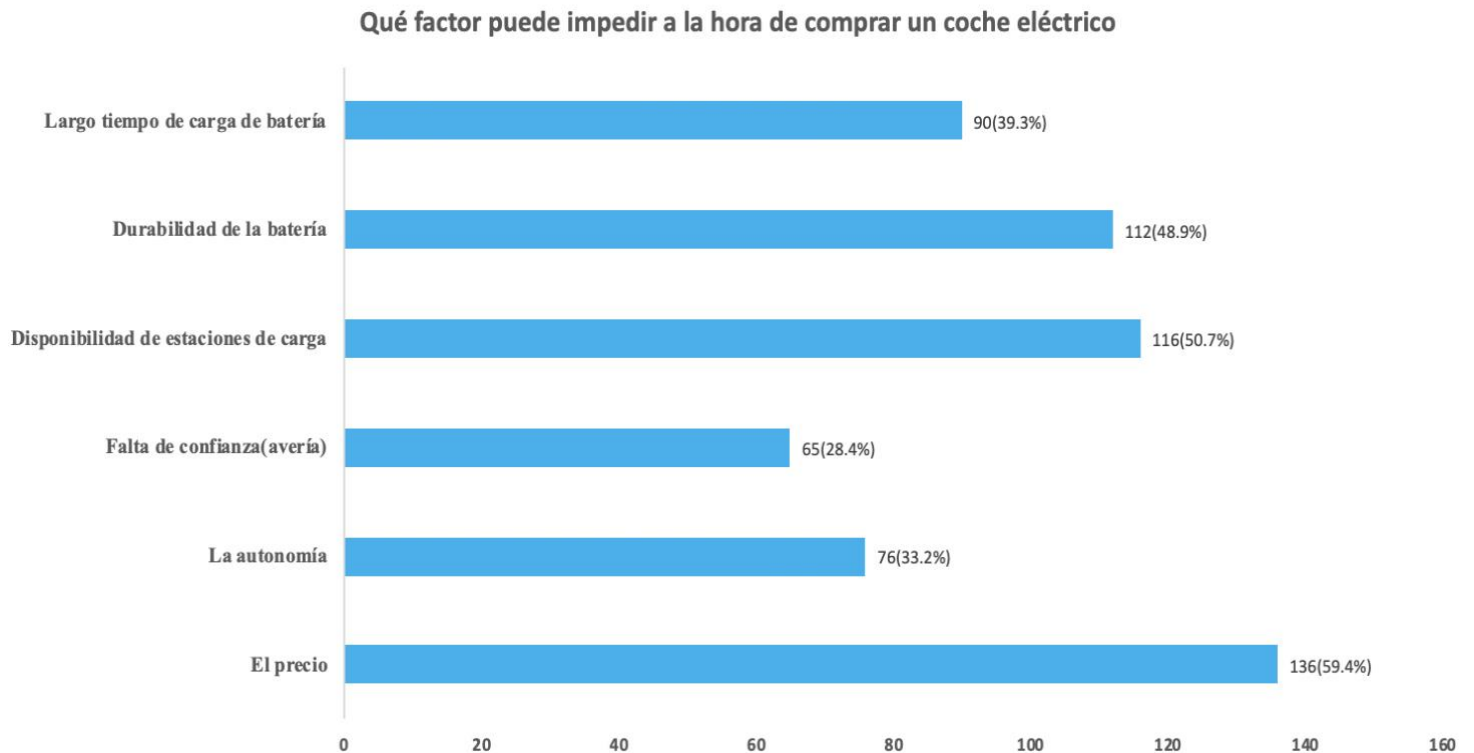


Figura 9

Actualmente, la batería más estable que se emplea es la de litio, que tiene una durabilidad regular, con unos precios altos.

3.6 Análisis de los datos

Después de exponer el análisis descriptivo de las variables de la muestra, en el este apartado, dado que la mayoría de las variables son variables cualitativas, vamos a utilizar un modelo de regresión lineal simple de probit. Con el modelo estimado de probit analizaremos qué variables describen la probabilidad de que el conductor se incline a comprar un coche eléctrico. En otras palabras, intentamos ver cómo afectan al conductor en su decisión de comprar un coche eléctrico, variables como género, la edad, si posee estudios universitario o equivalente, si está trabajando o no, si considera que la durabilidad de la batería y la autonomía del coche eléctrico son un problema, si el precio del coche es muy importante, si la emisión del coche es muy importante, si tiene intención en comprar el coche en el corto plazo y si considera el coche eléctrico es el coche futuro.

En primer lugar, vamos a establecer una matriz de colinealidad (usando el programa Stata) para ver si hay correlaciones entre las variables.

La matriz de colinealidad⁷ es la siguiente:

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(1) CocheEléctric	1.000										
(2) Sexo	0.160	1.000									
(3) Edad	-0.147	-0.185	1.000								
(4) Título universitario	0.205	0.243	-0.455	1.000							
(5) Trabaja	0.053	-0.155	0.100	-0.256	1.000						
(6) CE_es_futuro	0.152	0.179	-0.225	0.196	-0.016	1.000					
(7) Durabilidad_batería	-0.085	-0.089	0.023	-0.012	-0.038	-0.001	1.000				
(8) Autonomía	-0.142	-0.153	0.147	-0.049	0.013	-0.166	0.266	1.000			
(9) Precio	-0.079	-0.111	0.087	-0.113	-0.027	-0.157	0.064	0.158	1.000		
(10) Emisión	0.126	-0.016	0.256	-0.063	-0.035	-0.090	-0.024	-0.093	0.250	1.000	
(11) Encortoplazo	-0.157	-0.007	-0.060	0.069	0.174	0.080	-0.069	0.008	0.038	-0.041	1.000

Tabla 3

Podemos observar que, en general no hay existencia de correlación entre las variables. No obstante, se puede verificar en la tabla 3, que hay una colinealidad entre la variable “Edad” y “Título universitario”, y es lógico que exista esta fuerte correlación, puesto que, los mayores tuvieron menos oportunidades y menos recursos para acceder a un nivel de estudio avanzando. Por tanto, a la hora de construir el modelo de Probit vamos a omitir la “Edad”.

Estimamos con Stata la intención de comprar un coche eléctrico usando un modelo de Probit con la siguiente ecuación:

$$CocheEléctrico = \beta_0 + \beta_1 Sexo + \beta_2 Título\ universitario + \beta_3 Trabaja + \beta_4 CE_{esfuturo} + \beta_5 Durabilidad_{batería} + \beta_6 Autonomía + \beta_7 Precio + \beta_8 Emisión + \beta_9 Encortoplazo$$

⁷ Excepto la variable *Edad*, el resto de las variables son variables ficticias, *Sexo* es 1 si es Femenino, y 0 si es Masculino, *CocheEléctrico* toma valor 1 con compra coche eléctrico y 0 si no, las variables *Trabaja* y *CE_es_futuro* toman valor 1 con respuesta sí y 0 con no, las variables *Durabilidad de batería*, *Autonomía*, *Precio* y *Emisión* toman valor 1 con respuesta sí es muy importante y 0 no caso contrario, la variable *Encortoplazo* toma valor 1 con respuesta sí compra coche el corto plazo y 0 si no.

El modelo estimado es el siguiente:

CocheEléctrico	Coef.	St. Err.	t-value	p-value	[95% Conf Interval]	Sig
Sexo	0.314	0.216	1.46	0.145	-0.108 0.737	
Título universitario	0.671	0.225	2.98	0.003	0.230 1.113	***
Trabaja	0.577	0.228	2.53	0.012	0.129 1.024	**
CE_es_futuro	0.680	0.347	1.96	0.050	0.000 1.360	*
Durabilidad_batería	-0.145	0.207	-0.70	0.485	-0.551 0.262	
Autonomía	-0.243	0.238	-1.02	0.307	-0.709 0.223	
Precio	-0.152	0.212	-0.72	0.473	-0.568 0.264	
Emisión	0.500	0.210	2.38	0.017	0.088 0.912	**
Encortoplazo	-0.733	0.244	-3.00	0.003	-1.211 -0.255	***
Constant	-2.113	0.437	-4.83	0.000	-2.971 -1.256	***
Mean dependent var		0.212	SD dependent var		0.409	
Pseudo r-squared		0.163	Number of obs		222.000	
Chi-square		33.619	Prob > chi2		0.000	
Akaike crit. (AIC)		211.757	Bayesian crit. (BIC)		245.784	

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Podemos fijarnos que, en general, la mayoría de las variables seleccionadas son significativas con un error de 5%. Hay variables que no son explicativas para el modelo estimado, pero el signo de su coeficiente nos aporta una información importante de la percepción que tiene los consumidores sobre el coche eléctrico. Por tanto, los consumidores presentan cierta preocupación en el precio, la autonomía del coche eléctrico y la durabilidad de la batería a la hora de plantearse comprar este tipo de coche.

Observamos que, la gente que tiene una titulación universitaria o equivalente tiene mayor preferencia a la compra del coche eléctrico. Con la correlación que hemos discutido antes entre la variable “Edad” y “Título universitario”, intuitivamente para una edad mayor tendrá menos preferencia a la compra del coche eléctrico. Siguiendo la misma dirección, los consumidores que son conscientes de las emisiones del coche también tienden más a la compra del coche de este tipo.

De la estimación también se deduce que, la compra del coche eléctrico es más bien de los que planifican comprar coche a largo plazo y no a corto plazo. El signo del coeficiente de la variable independiente “Trabaja” es esperable, ya que, en general el hecho de no trabajar implica que no hay fuentes de ingresos. De la misma idea, los consumidores que consideran que el coche eléctrico es el coche futuro están a favor en la elección de este tipo de coche. Aunque la variable independiente “Sexo” tiene nula significatividad para los 3 errores estándares, podemos interpretar con el coeficiente obtenido, que la población femenina tiende más comprar el coche eléctrico que la población masculina.

Para verificar hasta cuánto se ajusta bien el modelo a la predicción, después de ejecutar en el programa Stata tenemos:

Classified + if predicted Pr(D) >= .5		
True D defined as CocheEléctrico != 0		
Sensitivity	Pr(+ D)	19.15%
Specificity	Pr(- ~D)	95.43%
Positive predictive value	Pr(D +)	52.94%
Negative predictive value	Pr(~D -)	81.46%
False + rate for true ~D	Pr(+ ~D)	4.57%
False - rate for true D	Pr(- D)	80.85%
False + rate for classified +	Pr(~D +)	47.06%
False - rate for classified -	Pr(D -)	18.54%
Correctly classified		79.28%

Cuadro 1

Con una predicción de 79% clasificada correctamente, se constata que los resultados que se obtienen son coherentes con los obtenidos y discutidos anteriormente.

4. Las baterías

4.1 Tipos de baterías e innovación

Como hemos discutido anteriormente, la batería, el componente clave del coche eléctrico, a pesar de los avances tecnológicos que se están desarrollando, tiene un alto coste de adquisición, tiene el riesgo de provocar incendio como consecuencia de explosión debido a su inestabilidad, es de gran tamaño y existen escasas formas de recarga y baja capacidad de almacenaje de la energía. En consecuencia, las baterías son los principales obstáculos de la expansión del coche eléctrico y, por tanto, se necesita un camino largo de mejoras (García y Reyes, 2015).

Aunque la autonomía de las baterías actuales para el coche eléctrico es baja, ésta es suficiente para la gran mayoría de los desplazamientos diarios. El alto coste de adquisición irá reduciéndose cuando la tecnología vaya revolucionando a lo largo del tiempo y permita obtener economías de escala o de experiencia (Freysenet, 2011).

Según García y Reyes (2015), hoy en día hay al menos siete tipos de baterías (plomo, níquel, hierro, zinc, vanadio, sodio y litio) que se pueden utilizar para el coche eléctrico. Y, según el tipo de componente que tienen, las baterías ofrecen con diferentes características, los principales tipos de baterías que se utilizan para el coche eléctrico serían los que se muestran en la Tabla 4⁹.

⁹ Tabla adaptada del RACE, disponible en el siguiente enlace <https://www.race.es/como-son-baterias-coches-electricos>

Tipo de batería	Ciclo de vida	Densidad(Wh/Kg)	Necesidad mantenimiento	Ventajas	Desventajas
Plomo-ácido	500-800	30-80	Sí y periódica	Menor coste de adquisición Eficiente ante temperatura baja	Son pesadas El plomo es tóxico Lentitud de carga
Níquel-cadmio (NiCd)	1500-2000	40-60	Sí, pero menos que plomo-ácido	Menor fallos comparando con plomo-ácido Se puede reciclar totalmente	Alto coste de adquisición Tiene efecto de memoria Es contaminante
Níquel-hidruro metálico (NiMh)	300-500	30-80	Sí y frecuente	Tiene menos efecto de memoria que Níquel-cadmio	Menos fiable que níquel-cadmio No soporta fuertes descargas y altas corrientes de carga No es resistente a temperaturas altas
Ion-litio (LiCo02)	400-1200	100-250	No requiere	Alta densidad energética Tamaño reducido y peso ligero Alta eficiencia y no tiene efecto memoria	Alto coste de producción Es frágil Necesidad de circuito de seguridad Necesidad de un almacenaje cuidadoso
Ion-litio con cátodo de LiFeP04	2000	90-100	No	Mayor seguridad Mayor estabilidad Mayor potencia	Menor densidad energética Mayor coste de adquisición
Polímero de litio (LiPo)	1000	300	No	Mayor densidad energética Más ligeras Mas eficiente	Precio muy elevado Ciclo de vida corto

Tabla 4

Fuente: adaptada del RACE

Actualmente la batería de Ion litio es la dominante en el coche eléctrico, ya que, respecto a otros tipos de baterías, presenta ciertas ventajas comparativas. Según García y Reyes (2014) había más de siete mil patentes sobre las baterías (tanto para uso de dispositivo móvil como para coche) hasta 2013, pero la mayoría de ellas están en manos de las empresas asiáticas, son las empresas que tienen mayores apoyos y subvenciones gubernamentales para sus costosas investigaciones y desarrollos, ya que, las innovaciones no son un simple descubrimiento, sino una acumulación de aprendizajes y experiencias durante el proceso de desarrollo, por tanto, comportan ciertas incertidumbres y riesgos. Debido a esta situación desfavorable, finalmente se ha convertido en una traba para la competencia de empresas americanas y europeas.

4.2 Comprar o alquilar la batería: el caso de Renault

Como hemos mencionado antes, el alto precio ha sido el obstáculo principal para la difusión del coche eléctrico y la batería representa casi un tercio del coste total del coche eléctrico (Segura, 2017).

Además del precio de compra, el desconocimiento de este tipo de coches hace también que los consumidores vean el coste futuro de la batería (reemplazarla, por ejemplo) como un coste adicional importante. Este riesgo de gasto futuro puede disuadir al comprador. En este marco, hay una opción que alguna empresa utiliza y es especialmente interesante: ofrecer la posibilidad de alquilar la batería en vez de comprarla. Un contrato de alquiler con el proveedor del vehículo la empresa que produce la batería, con una cuota mensual a un precio llamativo y reducido, puede ser atractivo para algunos consumidores. Es interesante preguntarse, detrás de esta estrategia de alquilar batería en vez de venderla con el coche, ¿qué es que pretende el vendedor? ¿qué es lo que puede atraer al consumidor?

Para estudiar este aspecto, nos enfocamos en el caso de la marca que es Renault y, en su oferta de compra y alquiler de batería para su gama de turismo eléctrico que es el ZOE.¹⁰

¹⁰ Para más información sobre el caso de estudio, véase el Anexo III

Batería	Compra	Alquilar
Precio	Precio del coche + 7560€ IVA incluido	Precio del coche + una cuota a partir de 74€
Garantía que ofrece	- 8 años o 160.000km - Garantía de prestación de al menos 66%	Reparación o cambio gratuitamente de la batería: - Primeros diez años, si la capacidad <75% que inicial - Después de diez años, si la capacidad < 60% que inicial
Asistencia por avería	Si está dentro de garantía (2años)	24 horas y 7 días a la semana por cualquier fallo en carretera
Propietario	El comprador del coche	La empresa de alquiler (Overlease, S.A)
Avería	- Reparación en centro autorizado - Préstamo de vehículo de sustitución	- Se sustituirá por una nueva - Préstamo de vehículo de sustitución
Reciclaje	La marca se asume la responsabilidad del procedimiento del reciclaje de la batería.	

Tabla 5: Oferta de Renault
Fuente: adaptada de Emobilityadvisor¹¹

De acuerdo con la información extraída de la marca y consultada de diferentes fuentes (véase Tabla 5):

- **Si el cliente optase por alquilar de la batería**, deberá hacer un pago mensual a partir de 74€ mensual según el kilometraje que recorre el coche (se debe tener en

¹¹ <https://emobilityadvisor.com/alquilar-o-comprar-la-bateria-de-tu-coche-electrico>

cuenta que esta cuota se paga constantemente y no hay una fecha final), puede sustituir gratuitamente la batería en el caso de reducción del rendimiento y tiene asistencia ante averías 24 horas al día y 7 días a la semana. Resaltar que la cuota que paga el cliente varía en función del kilometraje que recorre con su coche, de modo que si el kilometraje está entre 0 y 7500km, paga 74€ al mes, y cuando el cliente estima que puede pasar a un kilometraje de 17.500 km entonces paga una cuota mensual de 114€.

- **En caso si el cliente eligiese por compra de la batería**, la propiedad de la batería es del cliente, por tanto, una vez haya adquirido el coche con la batería integrada, no tendrá que pagar una cuota mensual a la marca y puede recorrer al kilometraje que desee.

En mi opinión, con esta oferta, la marca intenta atraer más consumidores dándoles la confianza de poder alquilar la batería en lugar de comprarla. Como se puede observar de la Tabla 5, alquilar una batería tiene muchas ventajas en vez de comprarla. Si calculamos el coste en situación de un uso estándar, como hemos visto que una batería comprada tiene una vida garantizada de ocho años, en este sentido, si calculamos el precio de alquilar la batería considerando su vida útil también es de ocho años, entonces obtenemos $74 \cdot 8 \cdot 10 = 5920€$, de esta manera descubrimos que hay una diferencia aparente de 1640 €. En mi opinión, el alquiler de batería se puede obtener un ahorro considerable, mientras tener una cobertura más beneficiosa que comprar, y al cliente le permite pagar cómodamente la cuota en vez de liquidar todo y pagar estos “1640€” de más. Como hemos estudiado en la teoría del consumidor, contra más, mejor, estas condiciones benéficas hacen que aumente la utilidad esperada del consumidor y, por tanto, desplaza la curva de la demanda hacia la derecha y favorece a Renault conseguir más ventas y lograrse mayor cuota de mercado del coche eléctrico que hemos visto en el apartado 3.

4.3 Selección adversa: menú de contrato para la compra del coche eléctrico

Adoptamos el modelo más sencillo posible que tiene los ingredientes antes discutidos. Consideramos un vendedor de coches eléctricos (formados por el coche y la batería). Suponemos que hay dos tipos de comprador que se plantean comprar un coche ahora, y que se plantean comprar un coche eléctrico. Unos consumidores están mejor informados conocen el coste de la batería tendrá en el futuro y otros más “desconfiados” (o adversos al riesgo, aunque no modelizamos el riesgo), o peor informados, que temen que la batería sea en el futuro un gran problema (un sobre coste).

Consideramos dos periodos, $t=1$ y $t=2$. El coche se compra en $t=1$, y dura dos periodos ($t=1$ y $t=2$). Una forma de entender $t=2$ es el futuro (una batería dura unos 8 años). El vendedor desea vender (y cobrar) el coche eléctrico en $t=1$.

La utilidad de un consumidor que compra en $t=1$ el coche C al precio p es:

$$\text{en } t=1, u_1 = S - P + C$$

$$\text{y en } t=2, u_2 = C$$

donde denotamos por S el ahorro del consumidor y suponemos que la utilidad que da el coche es la misma en dos períodos. Combinando ambos tenemos la utilidad total

$$U = S - P + 2C$$

Si el consumidor compra un coche tradicional, paga el precio es P_o y la utilidad que le da el coche tradicional es $2C_o$. Por lo tanto, si compra un coche de motor tradicional, su utilidad es

$$U(C_o, P_o) = 2S - P_o + 2C_o$$

Definimos esta utilidad como la utilidad de reserva: $2S - P_o + 2C_o = \underline{U}$ (por que esta es otra posibilidad de compra que tiene el consumidor que necesita comprar un coche en $t=1$).

Si el consumidor compra un coche eléctrico, el consumidor tiene una utilidad

$$U(C_e, P_e) = 2S - P_e + 2C_e - B$$

donde B es el coste futuro de la batería.

Para calcular el precio P_e que el vendedor fija para el coche eléctrico si sólo hay un tipo de consumidor y en información simétrica, el vendedor maximiza su beneficio. Dado que el coche eléctrico ya está producido, lo que maximiza es su ingreso:

$$\begin{aligned} & \text{Max } P_e \\ & \text{s. a } 2S - P_e + 2C_e - B \geq 2S - P_o + 2C_o \end{aligned}$$

La condición de participación se satura, porque lo que intenta hacer el vendedor es maximizar su beneficio, por tanto, sube el precio del coche eléctrico hasta donde le da la misma utilidad al consumidor que comprar un coche de combustión tradicional.

Por tanto, obtenemos que:

$$P_e = P_o + 2(C_e - C_o) - B$$

Entonces el precio que fija el vendedor para el coche eléctrico depende de 3 factores:

1. El precio del coche de combustión tradicional. Cuanto más alto sea el precio del coche tradicional, la alternativa para el consumidor es más cara, y mayor será el del coche eléctrico
2. La diferencia de valoración entre el coche eléctrico y coche convencional. Cuanto mayor sea la valoración del consumidor del coche eléctrico respecto del tradicional, por ejemplo, por su menor contaminación, mayor será el precio que el vendedor puede fijar para el coche eléctrico.
3. El coste futuro de la batería. Si el coste futuro de la batería aumenta, el precio del coche eléctrico deberá ser menor.

Supongamos ahora, que los consumidores se diferencian en el coste (esperados) que esperan que tenga la batería, es decir, en B . La población es bien de tipo A (los adversos y que temen los sobre costes, coste de batería alto) o B (los que no temen estos sobrecostes, coste de la batería bajos) con $B_A > B_B$. Supongamos que hay $\alpha\%$ de tipo A.

Suponiendo que para el vendedor el tipo del comprador es conocido los precios P_e^A y P_e^B que el vendedor pone para cada tipo de comprador se calculan de manera similar a

la anterior: los beneficios totales del vendedor. El vendedor determinará el precio para cada consumidor resolviendo:

$$\begin{aligned} & \text{Max } \alpha P_e^A + (1 - \alpha)P_e^B \\ \text{s. a } & 2S - P_e^A + 2C_e - B^A \geq 2S - P_o + 2C_o \\ & 2S - P_e^B + 2C_e - B^B \geq 2S - P_o + 2C_o \end{aligned}$$

La condición de participación para cada comprador se satura, por la misma razón que la anteriormente expuesta, y por tanto los precios serán:

$$\begin{aligned} P_e^A &= P_o + 2(C_e - C_o) - B^A \\ P_e^B &= P_o + 2(C_e - C_o) - B^B \end{aligned}$$

Es fácil comprobar que $B^A > B^B$ implica $P_e^A < P_e^B$.

Para estos precios, el beneficio total del vendedor, según las proporciones α de tipo A y $(1 - \alpha)$ de tipo B, es:

$$\begin{aligned} & \alpha[P_o + 2(C_e - C_o) - B^A] + (1 - \alpha)[P_o + 2(C_e - C_o) - B^B] \\ &= P_o + 2(C_e - C_o) - B^B(1 - \alpha) - \alpha B^A \end{aligned}$$

Sin embargo, habitualmente el vendedor no conoce el tipo del comprador, o existe una norma que impide que el mismo bien tenga dos precios distintos (no es posible discriminar sólo a través del precio). Es decir, estamos en una situación de selección adversa. En estos casos, es fácil ver que uno de esos tipos de consumidor tiene incentivos a mentir y hacerse pasar por el otro tipo.

Como hemos visto antes, en información simétrica, dado que A considera el coste de la Batería en el futuro más alto, el vendedor tiene que ofrecer un precio más asequible, es decir un P_e^A más bajo. Si el vendedor ofreciese los contratos de información simétrica, el comprador de tipo B tiene incentivo a mentir porque aumenta su utilidad al pagar un precio menor.

Si el vendedor no distingue el tipo de comprador y seguimos considerando que el vendedor sólo puede ofrecer contratos estándar que fijan un cierto precio a pagar hoy por el coche, tenemos la siguiente alternativa. El vendedor solo puede ofrecer o bien

el precio para consumidor de tipo A o para el consumidor de tipo B, es decir, fijar uno de los precios siguientes:

$$P_e^A = P_o + 2(C_e - C_o) - B^A$$

$$P_e^B = P_o + 2(C_e - C_o) - B^B$$

Con el primer precio vende a todos los consumidores a un precio bajo, y su beneficio es

$$B_{SA}^o(P_e^A) = P_o + 2(C_e - C_o) - B^A$$

Con el segundo precio vende solo a los consumidores que no temen el precio futuro de la batería a un precio alto, y su beneficio es

$$B_{SA}^o(P_e^B) = (1 - \alpha)[P_o + 2(C_e - C_o) - B^B]$$

Si en el mercado hay muchos consumidores de tipo A (α es muy grande) y pocos de tipo B, la mejor opción es ofrecer el P_e^A , aunque la empresa no puede maximizar sus beneficios debido el comportamiento oportunista de los consumidores de tipo B.

Si hay muchos de tipo B, la mejor opción es ofrecer el P_e^B , en este caso, intentamos maximizar la cuota de mercado posible. Como hay pocos consumidores de tipo A, la pérdida de venta de este tipo de agente es lo mínimo para la empresa.

Formalmente

$$B_{SA}^o(P_e^A) > B_{SA}^o(P_e^B) \Leftrightarrow \alpha > \frac{(B^A - B^B)}{P_o + 2(C_e - C_o) - B^B}$$

Sin embargo, dado que la situación que consideramos tiene dos momentos $t=1$ y $t=2$, el vendedor puede elegir otro modo de pago. El vendedor puede discriminar entre los consumidores usando el asegurado el gasto futuro en la batería. Puede ofrecer contratos tradicionales (P_e) y contratos con seguro sobre la batería (q_e, b) donde q_e es el precio a pagar hoy y b es el precio a pagar mañana por la batería.

Un consumidor que firma un contrato con seguro de gasto de batería tendrá como utilidad en $t=1$ y $t=2$

$$u_1 = S - q_e + C_e$$

$$u_2 = C_e - b$$

Si las agregamos tenemos

$$U = 2S - q_e + 2C_e - b$$

Si ofrece un contrato (q_e, b) destinado a los compradores tipo A (luego verificamos que nadie tendrá incentivos a mentir), el vendedor maximiza su ingreso presente y futuro, $q_e + b$, y descuenta los costes de reparar la batería en $t=2$, B^B . De modo que

$$\begin{aligned} \text{Max } q_e + b - B^B \\ 2S - q_e + 2C_e - b \geq 2S - P_o + 2C_o \end{aligned}$$

La condición de participación se satura, ya que el vendedor intentará maximizar el precio.

$$q_e + b = P_o - 2(C_o - C_e)$$

Dado que al estar completamente asegurado el consumidor A ya no teme el problema del sobre coste de las baterías y $q_e + b = P_e^B$.

Es fácil comprobar que, con el menú de contratos $(P_e^B, (q_e^A, b))$, ninguno de los consumidores tiene interés en mentir. Como es habitual para el tipo de consumidor que desearía hacerse pasar por otro, podemos mantener el contrato de pago sólo en el presente. Para el otro tipo de consumidor, la idea de ese contrato es que A pague una parte en $t=2$ a cambio de que no deberá pagar nada si se le rompe la batería.

$$\begin{aligned} q_e^A + b &= P_o + 2(C_e - C_o) \text{ pagan } q_e^A \text{ en } t=1 \text{ y pagan } b \text{ en } t=2 \\ P_e^B &= P_o + 2(C_e - C_o) - B^B \text{ pagan } P_e^B \text{ en } t=1 \text{ y pagan } 0 \text{ en } t=2 \end{aligned}$$

Los beneficios del vendedor son:

$$B_{SA}^o(P_e^B, (q_e^A, b)) = P_o + 2(C_e - C_o) - B^B$$

También es fácil comprobar que, con este menú de contratos, el vendedor gana más beneficios, sea cual sea el valor de α :

$$\begin{aligned} B_{SA}^o(P_e^B, (q_e^A, b)) &= P_o + 2(C_e - C_o) - B^B > B_{SA}^o(P_e^A) = P_o + 2(C_e - C_o) - B^A \\ B_{SA}^o(P_e^B, (q_e^A, b)) &= P_o + 2(C_e - C_o) - B^B > B_{SA}^o(P_e^B) = (1 - \alpha)(P_o + 2(C_e - C_o) - B^B) \end{aligned}$$

Lo que explica por qué razón el vendedor utiliza la estrategia de ofrecer ese menú de contratos.

5. Conclusión

La demanda de los coches eléctricos está en una tendencia al alza en estos años, tanto en el mercado español como el mercado europeo. No obstante, en comparación con los coches de combustión tradicional, todavía presentan una serie de inconveniencias.

La estimación del modelo econométrico con los datos de la encuesta realizada muestra que el coche eléctrico es el coche futuro pero los consumidores no están a favor de renovar o comprar este tipo de coche en el corto plazo. La batería sigue siendo el principal inconveniente para conseguir una mayor cuota de mercado, ya que, para los consumidores, la batería necesita una mejora radical tanto en su rendimiento como en su precio de venta para ser convincente en la compra del coche eléctrico. A medida que la tecnología va evolucionando y las características de este mercado se mejoren, las empresas podrán estandarizar el coste de fabricación. Por tanto, la oferta de los coches eléctricos aumentará y el coste de adquisición para los consumidores se reducirá.

También hechos vistos que ofrecer un contrato de compraventa único bajo el problema de selección adversa no garantiza el mayor beneficio para el vendedor. Una estrategia de proporcionar varias opciones de pago en la compra de coche eléctrico atrae varias ventajas para el mercado. Por parte del consumidor, le permite encontrar la opción más adecuada y beneficiosa que se adapte a su preocupación, o bien pagando el coste de la batería al comprar el coche o bien haciéndolo en el futuro. Por parte del vendedor, introducir diferentes ofertas para la compra del coche eléctrico ayudan a diversificar el riesgo que puede asumir el vendedor ante la incertidumbre del sector, identificar el tipo de consumidores y separarlo (discriminar precios), así evitando su comportamiento oportunista y maximizando su beneficio esperado.

Entre las limitaciones de este trabajo fin de grado, hay que señalar que los resultados obtenidos de la encuesta deben tomarse con mucha precaución debido a varias

limitaciones. En primer lugar, es una muestra pequeña y la distribución de edades no está equilibrada, puesto que la mitad de los encuestados son jóvenes, por tanto, los estimadores son sesgados y pierden la eficiencia. Al tratarse de los datos con un método de análisis de probit, habrá que examinar los posibles problemas para conseguir un estudio más a la profundidad. En cuanto a la formulación de la encuesta, por una parte, sería más interesante agrupar algunas respuestas para obtener mayor significatividad dado si la muestra es muy pequeña, la estimación de la ecuación nos aportará un resultado muy confuso. Además, hay preguntas que presentan alta correlación, por ejemplo, si el consumidor responde que tiene coche, directamente nos hace pensar que tiene carné de conducir. En cuanto a la construcción del modelo para análisis de la oferta de la batería, es evidente que hay muchos determinantes o factores que pueden influir en la fijación del precio de la venta del coche eléctrico, lo ideal sería poner en contacto con algún fabricante en el mercado actual y pedir que nos proporcione alguna información para poder llevar a cabo un análisis más profundo.

6. Bibliografía

- Ahlbom, A., Bergqvist, U., Bernhardt, J. H., Cesarini, J. P., Grandolfo, M., Hietanen, M., & Swicord, M. L. (1998). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health physics*, 74(4), 494-521.
- Bernaldo de Quirós Aparicio, I. (2018). Ventajas e inconvenientes del Vehículo eléctrico. Comparación con el coche de combustión.
- Freyssenet, M. (2011). Lo más dudoso no es lo más improbable: el coche eléctrico. La nueva revolución del automóvil. Jornada internacional ‘Movilidad sostenible y vehículo eléctrico, el motor de la innovación local, Ayuntamiento de Valladolid, Valladolid, España, Fundación CEU-San Pablo Castilla y León.
- Frías Marín, P & Del Miguel Perales, C. (2019). Aspectos medioambientales del vehículo eléctrico. *Economía industrial*, ISSN 0422-2784, N° 411, 2019, págs. 45-53
- Frías Marín, P & Román Úbeda, J (2019). Vehículo eléctrico: situación actual y perspectivas futuras. *Economía industrial*, ISSN 0422-2784, N° 411, 2019, págs. 11-20.
- García Garnica, A., & Reyes Álvarez, J. (2015) Patentamiento, trayectoria y características de las baterías automotrices: el caso de los autos híbridos. *Entre ciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 3(6).
- González, M. R., & Pérez, E. M. (1989). La innovación tecnológica y su gestión (Vol. 25). Marcombo.
- Ibarra Segura, R. (2017). El coche eléctrico de batería en España.
- Joric, C (2016). Larga vida al coche eléctrico. *Historia y vida*, 82-83.
- Lázaro, A. C., & Flórez, J. S. (2009). El coche eléctrico: el futuro del transporte, la energía y el medio ambiente. *World Watch*, (30), 30-40.
- Martín Moreno, F (2016) Vehículos Eléctricos. Historia, Estado Actual y Retos Futuros. *European Scientific Journal* May 2016 /SPECIAL/ edition ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.

- Serrano, C. B. (2014). Ecología sobre ruedas: vuelve el coche eléctrico. *Nuestro tiempo*, (683), 28-35.

ANEXO I

Las preguntas de la encuesta:

¿Cuál es tu género? (Selección única)	<input type="radio"/> Masculino <input type="radio"/> Femenino
¿Qué edad tienes?	
¿Cuál es tu nivel de estudios? (Selección única)	<input type="radio"/> Sin estudios <input type="radio"/> Educación primaria <input type="radio"/> Graduado Escolar (E.S.O.) <input type="radio"/> Formación profesional <input type="radio"/> Titulado de grado medio / Bachillerato <input type="radio"/> Titulado universitario o superiores
¿Estás trabajando actualmente? (Selección única)	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No
¿Tienes coche? (Selección única)	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No
¿Es tu coche de diésel, gasolina, híbrido o eléctrico? (Selección única)	<input type="radio"/> No tengo coche <input type="radio"/> Diésel <input type="radio"/> Gasolina <input type="radio"/> Híbrido <input type="radio"/> Eléctrico
¿Tienes intención de comprar un automóvil? (Selección única)	<input type="radio"/> No tengo intención <input type="radio"/> Sí, en menos de un año <input type="radio"/> Sí, en uno o dos años <input type="radio"/> Sí, en más de dos años
Y según el tipo de motor. ¿Qué tipo de coche te planteas comprar? (Selección única)	<input type="radio"/> Diésel <input type="radio"/> Gasolina <input type="radio"/> Híbrido <input type="radio"/> Eléctrico
¿Hasta qué punto son importantes cada uno de estos aspectos para ti a la hora de decidir la compra de un automóvil? [Selecciones múltiples]	<input type="radio"/> Tipo de combustible <input type="radio"/> Facilidad de recargar combustible <input type="radio"/> Kilometraje y/o antigüedad <input type="radio"/> Marca <input type="radio"/> Estética <input type="radio"/> Tecnología <input type="radio"/> Seguridad <input type="radio"/> Precio <input type="radio"/> Emisiones

<p>¿Qué percepción tienes de cada uno de estos motores? [Selecciones múltiples]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Son coches contaminantes <input type="radio"/> Son coches económicos <input type="radio"/> Son ecológicos <input type="radio"/> Son fiables (tienen un fácil mantenimiento) <input type="radio"/> Su mantenimiento es económico <input type="radio"/> Tienen una buena relación precio-calidad <input type="radio"/> Son duraderos <input type="radio"/> Son silenciosos
<p>¿Crees que los coches eléctricos son el futuro? (Selección única)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No
<p>¿Qué te puede impedir comprar un coche eléctrico? [Selecciones múltiples]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> El precio <input type="radio"/> Largo tiempo de carga de batería <input type="radio"/> Disponibilidad de estaciones de carga <input type="radio"/> Durabilidad de la batería <input type="radio"/> La autonomía <input type="radio"/> Falta de confianza (avería)

ANEXO II

Información de Renault sobre alquilar y comprar de las baterías del modelo ZOE

MODELO	LIFE	INTENS		ZEN
Potencia MOTOR (Eléctrico)	80kW R110	80kW R110	100kW R135	100kW R135
TIPO BATERÍA / SU AUTONOMÍA	40kWh Flexi Bajo condición optima 398km	50kWh Flexi	50kWh Flexi	50kWh Flexi
Velocidad Máxima	135km/h	135km/h	140km/h	140km/h
Transmisión Tracción	Tipo automático	Tipo automático		Tipo Automático
Precio con alquiler de batería ¹²	Desde 21667€ ¹³	Desde 23788€	Desde 24249€	Desde 25355€
Precio con compra de batería	Desde 29227€	Desde 31348€	Desde 31809€	Desde 32915€
Diferencia de precio entre alquilar y compra de batería	7560€	7560€	7560€	7560€

Los datos obtenidos de la tabla anterior provienen de la página oficial de Renault¹⁴, el análisis se basa en las configuraciones básicas.

¹² Los precios establecidos son los que vienen configurados por defecto por la fábrica. Si el cliente necesita alguna modificación o personalización (como el caso de cambiar el cromo del coche, en lugar de blanco por defecto para modelo life, a un color alternativo como gris, se suman 500€ adicionales) el precio variará.

¹³ Se deberá formalizar un contrato de arrendamiento de la batería cuyo propietario es Overlease, S.A. La cuota de alquiler se calculará en base a la duración y kilometraje total, incluyendo la asistencia en carretera. Por ejemplo, el alquiler para un kilometraje total de 7500kms, será de 74€ (IVA incluido), mientras que para un kilometraje de 17.500kms, será de 114€ IVA incluido. Se puede consultar la tarifa que más se ajuste al consumo total previsto.

¹⁴ Información disponible en el enlace

<https://www.renault.es/electricos/zoe/configurador.html?conf=https%3A%2F%2Fes.co.rplug.renault.com%2Fc%2FBADax%2FAtrAx1g>.