

CONSIDERACIONES SOBRE LA ELECTRIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS PRIVADOS EN ESPAÑA.

Pedro A. Prieto Pérez



18.04.2019

ÍNDICE

PÁGINA

1. Introducción.....	
1.1. La energía que consume un coche eléctrico.....	
1.2. La letanía del ahorro de CO2.	
1.3. El uso de ciertos materiales en el coche eléctrico, sus posibles limitaciones y sus precios.....	
2. ¿Qué es la red eléctrica nacional y cómo funciona?.....	
2.1. Un supuesto de gestión de la red eléctrica nacional.....	
2.2. sistemas de generación de energía eléctrica.....	
2.3. Red de transporte de alta capacidad de energía eléctrica.....	
2.4. Red de distribución de energía eléctrica.....	
2.5. Red de distribución eléctrica del último tramo.....	
2.6. Conclusiones y costes aproximados de la red eléctrica nacional.....	
3. Consumo por sectores de la actividad económica	
4. Los coches eléctricos. Consideraciones varias.....	
4.1. El parque automovilístico español de combustión interna actual y sus consumos actuales.....	
4.1.1. ¿Cuánto ahorraríamos en importación de productos petrolíferos con la electrificación del parque de vehículos privados?.....	
4.1.2. ¿Quien subsidia a quien? El mito de los subsidios a las energías fósiles, especialmente a los derivados del petróleo.....	
4.2. Los coches eléctricos en el mercado. Un muestreo sencillo.....	
4.3. La relación carga/tara.....	
4.4. El problema de las autonomías del vehículo eléctrico y la vida realmente útil de sus baterías.....	
4.5. Una aproximación al consumo de los vehículos eléctricos.....	
4.6. Puntos de abastecimiento o de recarga para los vehículos actuales.....	
4.7. ¿Cuántos puntos de recarga en la red eléctrica nacional, de qué tipo y dónde instalarlos?.....	
4.7.1. Recarga convencional (16 Amperios).....	
4.7.2. Recarga semi-rápida (32 Amperios).....	
4.7.3. Recarga rápida (¿y super-rápida?).....	
4.8. Los contratos de suministro eléctrico más comunes.....	
4.9. Los tipos de viviendas más comunes.....	
4.10. Los cargadores en diferentes emplazamientos y sus costes.....	
4.10.1. Puntos requeridos en electrolineras.....	

- 4.10.2. Puntos de recarga en lugares de concentración de vehículos.....
- 4.10.3. Puntos de recarga callejeros.....

- 5. Análisis sobre implicaciones económicas, sociales y políticas.....
- 5.1. El coche eléctrico y el poder adquisitivo de los españoles.....
- 5.2. Hacia el car-sharing, el car-pooling alquiler de coches con conductor y otros nuevos sistemas de prestación de movilidad.....
- 5.2.1. “Car Sharing”
- 5.2.2. “Car Pooling”
- 5.2.3. Alquiler de coches con conductor.
- 5.3. El efecto cascada y los riesgos de embarcarse en una sociedad eléctrica 100%
- 6. Conclusiones

1. INTRODUCCIÓN.

Podemos con todos los coches eléctricos y no se funden los plomos. Con motivo de la publicación de un artículo en El Periódico de la energía recogiendo unas declaraciones de un responsable de Red Eléctrica Española (REE) que aseguraba que hay suficiente capacidad en el sistema eléctrico para la incorporación de 24 millones de coches eléctricos y los continuos artículos que se publican respecto a las grandes posibilidades que ahora ofrecerá el autoconsumo eléctrico, a continuación sometemos a los lectores algunas consideraciones sobre dichas posibilidades. Alguna otra información amplía estos datos con declaraciones generalistas y muy populistas, como la siguiente: Jordi Sevilla (REE): “Si todos los eléctricos se enchufan a la vez, no se van a fundir los plomos”

El objeto de este trabajo, no tiene tanto la intención de mostrar respuestas concluyentes, ni positivas ni negativas, sino más bien de ofrecer todos los datos que generalmente quedan ocultos en los artículos que aparecen publicados habitualmente y nunca tratan, por lo limitado de los mismos, el problema de forma general. Se invita, por tanto, a los lectores a hacer sugerencias, corregir posibles errores, que seguramente los habrá y proponer datos que puedan resultar diferentes y que puedan ser contrastados por algo más serio que una opinión personal. El objeto es que el coche eléctrico se vea en el contexto general de la red que lo alimenta y de la sociedad que lo hace posible.

James Howard Kunstler, un famoso escritor crítico social y conferencista, autor de varios libros de impacto, fue entrevistado en el documental de Greg Green “The End of Suburbia”. Ese “suburbia” era refiriéndose al estadounidense (no confundir con la expresión más bien despectiva de “suburbio” en castellano; allí se trata, en definitiva, del modo de vida muy extendido de las urbanizaciones con chalets individuales o pareados o incluso de urbanizaciones cerradas), decía que era “the greatest misallocation of resources in the history of the world”. Es decir, el mayor derroche de recursos (energéticos) de la historia mundial.

Está claro que ese modo de vida sólo fue posible y lo hizo posible la popularización del coche privado, que inicialmente se llamó el coche familiar, desde la mitad del siglo XX. La expresión “coche familiar” la utilizó en 1975, por ejemplo, Marvin Harris, famoso antropólogo estadounidense, en su libro “Vacas, cerdos, guerras y brujas” cuando decía, explicando la razón de por qué los indios no se comen las vacas en su país, porque sería suicida comerse las principales fábricas de abono orgánico, generadores de energía (prendiendo la bosta seca, cocina una familia una comida), tractores para el cultivo, fábricas de tractores, desbrozadoras de barbechos y malas hierbas, etc., concluía dirigiéndose al pueblo estadounidense, voraz consumidor de carne de

vacuno, que no entendía su postura: **“Si desean ver una verdadera vaca sagrada, salgan a la calle y observen el automóvil de la familia.”**

Bien, unas décadas después ya podemos hablar en la mayoría de los países occidentales desarrollados del coche individual, hasta tal punto se ha generalizado su uso.

Por tanto, podríamos decir, hablando del coche privado, o individual, que efectivamente es, por inferencia, el mayor derroche de recursos de la historia mundial.

Y evidentemente, todo el urbanismo doméstico del mundo, sobre todo del más desarrollado, se ha construido sobre la base de alta movilidad y transporte privado y ahora las grandes ciudades exigen el coche para seguir sosteniéndose.

Ni siquiera queda claro en las actuales circunstancias, que en este tipo de urbanismo extendido en superficie y poco denso, el transporte colectivo fuese mucho más eficiente, como gran parte de los partidarios del transporte colectivo presuponen, debido a la baja densidad de habitantes por superficie y a las largas distancias que el transporte público debería recorrer para dar un servicio similar al coche privado; sobre todo, para proporcionar horarios de frecuencias relativamente asequibles y ofrecer movilidad en tiempos de recorrido similares (para mantener el sistema, claro)

Por tanto, este debate tan intensificado en estos últimos tiempos, se ha derivado, seguramente de forma bastante intencionada a obviar el problema de tener un sistema de movilidad y un urbanismo dado como consecuencia, que son el mayor derroche de recursos de la historia y que tienen muy mala marcha atrás (especialmente el mundo de las urbanizaciones extendidas en superficie, donde vive habitualmente el segmento de mayor poder adquisitivo).

Este es un problema no reconocido en general y se está tratando de derivar, ignorando que pronto, hablando en términos históricos, nos quedaremos sin suficientes combustibles fósiles, si es que no no nos estamos quedando ya en muchos países .

En esta situación, el coche eléctrico, con sus variantes intermedias de los diferentes tipos de vehículos híbridos, viene a forzar una suerte de “sostenella y no enmendalla” o una segunda edición del mayor derroche de recursos de la historia mundial, esta vez ofreciendo el coche eléctrico como solución "no contaminante" y ecológica, que aliviará el irrespirable aire de la ciudad.

Una situación que ni urbanistas, ni políticos ni fabricantes, ni ingenieros ni economistas, parecieron haber pensado que terminaría sucediendo, cuando hace pocas décadas se iniciaba la carrera desenfrenada hacia una movilidad individualizada, usando para ello una muy compleja máquina de

1.500-2.000 kilos para trasladar a uno o dos seres humanos autotransportables de 70 kilos de peso para hacer tareas, en muchos casos prescindibles, a distancias impensables antes de la existencia de esa vaca sagrada.

1.1. La energía que consume un coche eléctrico.

Las comparativas que se suelen ofrecer en este tipo de estudios, se suelen centrar en los consumos por cada 100 km. en Europa (en EE. UU. sería en millas recorridas por galón de combustible, que es otra forma de valorar lo mismo).

En el caso de comparaciones entre el coche de combustión interna y el eléctrico, se suelen hacer midiendo, el primero, en litros de gasolina o diésel por cada 100 Km., y en el segundo, en kWh por cada 100 Km. Después, se suele acudir a analizar precios de combustibles y precios del kWh para recorridos similares y así realizar la comparación.

También suele ser muy habitual, sobre todo en el caso de los coches eléctricos, que los fabricantes y los defensores de los mismos destaquen siempre las toneladas de CO₂ que el coche eléctrico ahorra en emisiones, generalmente. A veces, aunque menos, salvo el último interés en demonizar el combustible diésel, no eran generales las medidas de emisiones de dióxido de nitrógeno o las emisiones de partículas, al parecer mayores en el caso de los diésel que en el caso de los vehículos con gasolina.

En este caso, falta casi siempre por analizar los coches con una visión más amplia, como es el ciclo de vida, que incluye no solo el gasto del combustible que utiliza el vehículo para hacer los kilómetros de vida útil media de los mismos, sino también, por ejemplo, otras variables, siendo una importante la energía que exige un vehículo para su fabricación y que muchas veces se ignora. O la que exige para su desguace y eliminación de los residuos.

Aquí se ofrece una información sucinta sobre éste tipo de consumo. Por ejemplo, Volkswagen calcula que un coche térmico convencional, como un Golf consume para su fabricación una energía de entre 18 y 22.000 kWh.¹

Por otro lado, la agencia francesa de energía y medio ambiente, ADEME, considera que la fabricación de un coche térmico supone unos 20.800 kWh, pero calcula que la fabricación de un coche eléctrico (equivalente) supone un coste energético de 34.700 kWh. Es decir, el coche eléctrico, según esta agencia, cuesta un 67% más de energía que uno térmico. Esto son 13.900 kWh más de energía en la fabricación de un coche eléctrico que en uno térmico. Más adelante veremos que se calcula que un coche eléctrico consume unos 25 kWh por

1 https://en.wikipedia.org/wiki/Embodied_energy#cite_note-VW-12

cada 100 km. Luego un coche eléctrico, nada más salir de la fábrica, ya ha consumido, según este informe, unos 55.600 Km en energía extra consumida.

Otra comparativa interesada del coche eléctrico frente al coche de combustión interna, se refiere a tratar de hacer ver que un motor térmico de una cierta potencia tiene rendimientos de energía fósil a movimiento por debajo del 30% por la baja eficiencia del ciclo de Carnot en los motores de combustión, frente a un 90% o más en los motores eléctricos (de tres a cuatro veces más eficiente el motor eléctrico a igualdad de potencia del motor).

Para evitar estas comparaciones interesadas, lo que haremos en este documento, es analizar los consumos de los coches eléctricos conociendo su gasto real promedio por cada 100 km recorridos y suponiendo que sustituyen a todos los coches de motores de combustión interna (cuyos consumos en combustibles fósiles conocemos muy bien y se dan en una tabla más abajo), en los kilómetros que en 2016 recorrieron los coches térmicos en España.

1.2. La letanía del ahorro de CO₂ con el coche eléctrico.

Si se incluyen los datos referidos al coste energético de fabricar el coche eléctrico y los datos de la consideración del origen de la energía eléctrica, no es honesto ni adecuado, afirmar con tanta facilidad que los coches eléctricos son coches “limpios” que no emiten CO₂. No solo por esta poderosa razón, sino porque la electricidad se consume, en muchos sitios, quemando combustibles fósiles (en Canarias, por ejemplo, el 90% de la electricidad, aproximadamente, se produce quemando diésel o gas en centrales térmicas).

En España, el 34% de la electricidad se genera con sistemas llamados renovables (ver la tabla de la generación eléctrica de REE más abajo), aunque algún año hidrológico excepcional, como el 2018, que llevó la generación hidroeléctrica al 13,2% y aumentó un 7%, acerque la generación renovable al 40%, pero no es de esperar con el cambio climático y el aumento del uso del agua, que haya muchos años hidrológicos así; por tanto, entre el 60 y el 66% se genera con otros combustibles no renovables. En el mundo el 63% de la electricidad se produce quemando combustibles fósiles y sube hasta un 76% con combustibles no renovables (más nucleares u otros)². Es decir, en este documento no se acepta la habitual letanía de los defensores y fabricantes de coches eléctricos, de que son coches limpios.

2 BP Statistics Review of World Energy 2018 con datos de 2017. Electricity Generated by fuel.

Cuando se hacen ver estos extremos, las respuestas y vías de escape más habituales, giran en torno a dos premisas:

a) Que la principal razón para la fabricación de coches eléctricos sería para reducir la contaminación en las grandes ciudades, aunque luego las centrales térmicas estén produciendo electricidad con combustibles fósiles, pero ya claro, fuera de las ciudades. Este es un argumento no despreciable para los ciudadanos que viven en grandes urbes, pero no es condición suficiente para resolver el problema de emisiones de gases en el medio. El problema del calentamiento global no es un fenómeno urbano, es global.

Esta premisa, por sí sola, deja abandonada y por los suelos la idea de que no se debe seguir contaminando en ninguna parte, ni en las ciudades, ni en la periferia y menosprecia la lucha por el calentamiento global, que es eso, global y planetario, independientemente de dónde se produzcan las emisiones. Y confirma, de paso, que nuestra avanzada civilización no sabe planificar cuando ha permitido que las ciudades lleguen a extremos tan intolerables de contaminación por el uso indiscriminado y brutal de motores de combustión interna. Y persiste en seguir haciendo crecer las ya absolutamente insostenibles ciudades *ad infinitum*, sin plantearse un cambio drástico del modelo urbanístico y de movilidad.

b) Que la idea final, todavía sin horizonte de cuándo verá la luz o si llegará a suceder, es que los coches eléctricos se moverían con electricidad generada por fuentes renovables. De hecho, ya hay varios fabricantes de coches eléctricos y de ciertos puntos de recarga, que se anuncian y promueven asegurando que ellos contratan electricidad sólo de origen renovable.

Esta otra premisa es bastante falaz y abunda no solo en la falsa creencia de que el coche eléctrico no emite, especialmente porque se cargará con electricidad de origen renovable, sino que esto extiende necesariamente la falsa creencia que los sistemas de generación renovables más modernos (energía solar fotovoltaica, solar térmica o eólica) salen también de la nada, sin contaminar.

Sin embargo, estos sistemas serían absolutamente impensables, si no existiese una sociedad fosilista apuntalándolas, desde los intensivos procesos de exploración y extracción minera, separación de gangas y mena, refino para obtener los materiales, algunos de ellos muy escasos y de muy baja ley, de su transformación en complejas metalurgias, muy intensivas en fósiles, su transporte, siempre fósil, su instalación, su mantenimiento y hasta su desmantelamiento, proceso que ya ha empezado en los parques eólicos más antiguos de Alemania y en algunos elementos dañados de plantas solares en toda Europa.

En realidad las llamadas energías renovables, son sistemas no renovables, capaces de captar, durante un limitado periodo de tiempo, parte de los flujos renovables de energía que circulan a través de sus palas o que irradian sobre sus paneles.

Si, por ejemplo, se verificase que algunos sistemas llamados renovables tienen una Tasa de Retorno Energético (TRE) baja o muy baja como, por ejemplo, se ha verificado en algún estudio sobre energía fotovoltaica en nuestro país³, digamos que por cada dos unidades de energía generadas en la vida útil se consume una unidad de energía invertida en que el sistema funcione. En este caso, lo que en realidad estaría sucediendo es que un despliegue masivo de energía llamada renovable, estaría, en realidad utilizando una masiva cantidad de energía fósil, sobre todo el primer y segundo año de fabricación e instalación del sistema (además de la del mantenimiento) para recuperar apenas el doble de energía eléctrica fotovoltaica, pero en los 25 años siguientes, que se consideran la vida útil.

Eso es un golpe brutal de energía fósil como para presumir de ser una energía totalmente limpia, que también se apunta el ahorro de emisiones de CO₂ sin considerar el concepto de Tasa de Retorno Energético (TRE), especialmente considerando los insumos energéticos asociados que generalmente no se consideran en otros estudios convencionales.

Queda finalmente la consideración de que un sistema de generación eléctrica 100% renovable, no existe prácticamente en ningún país del mundo. Las pocas excepciones, como la de la República Democrática del Congo, con las presas de Inga o de Noruega, país privilegiado montañoso, húmedo y poco poblado, no son extrapolables ni a la situación del mundo, ni a la de España, con todos los grandes cauces fluviales ya copados y con apenas un 9-12% de generación eléctrica de este origen, no son extrapolables a la mayor parte del mundo.

Más adelante se detallará y hará una valoración aproximada de este coste energético en el apartado "Conclusiones sobre la red eléctrica nacional".

De todas formas, no se profundizará más en este aspecto, colateral al del coche eléctrico, aunque vinculado al mismo, cuando se ve de forma holística.

1.3. El uso de ciertos materiales en el coche eléctrico, sus posibles limitaciones y sus precios.

3 [Spain's Photovoltaic Revolution: The Energy Return on Investment](#). Pedro A. Prieto y Charles A. S. Hall Springer 2013

El coche eléctrico utiliza una gran cantidad de materiales diversos, que también conviene analizar y evaluar en términos de orígenes y disponibilidad de los mismos a medio y largo plazo, más allá del coste energético de su fabricación, analizado en el apartado 1.1. anterior.

El objeto del estudio pretende ver a más largo plazo tan importante emprendimiento mundial de transformación de los próximos 5 años y más allá de la geografía española, aunque solo se ofrezcan datos de ella, por el grado de interconectividad de la sociedad industrial y tecnológica actual.

Por ejemplo, si pensamos en los neumáticos del coche eléctrico, estos salen de procesar determinados hidrocarburos insaturados, llamados monómeros. Por ahí, mal nos estaríamos deshaciendo del petróleo y sus derivados.

El coche eléctrico también utiliza grandes cantidades de plásticos en la carrocería y en el interior del vehículo. Estos salen también de derivados del petróleo. Seguimos en deuda con el petróleo y sus derivados.

Por otra parte, el coche eléctrico tiene la estructura y el chasis metálico; los mejores coches lo hacen de aluminio, que es más ligero que el acero, aunque es también mucho más intensivo en consumo de electricidad para algunos procesos y ya hemos visto de dónde sale la electricidad en general. Todos los elementos eléctricos tienen también carcasa metálica, incluyendo las pesadas baterías. Todo el metal, sea acero o aluminio, se produce en altos hornos metalúrgicos, que utilizan generalmente carbón de hulla o coque, con lo que seguimos en dependencia de los combustibles fósiles. Después deben pasar por trenes de laminación, y sistemas para preformar el metal, que utilizan también mucha energía fósil y prensas de alta capacidad que consumen mucha electricidad.

Finalmente, las partes eléctricas y las baterías utilizan una gran variedad de elementos, de los que aquí se listarán de forma muy sucinta:

- **Cobre** para todos los motores, desde los de las ventanillas al motor de tracción. Se calcula que si bien un coche de gasolina utiliza unos 24 kilos de cobre, un coche eléctrico puede utilizar entre 50 y 113 kilos de este metal.

Desde luego, aunque este uso de cobre aumentará de forma considerable con la masificación del coche eléctrico (la Sonami chilena estimaba una demanda de 132.000 toneladas de cobre chileno solo para producir 2,2 millones de vehículos eléctricos y esperan que en 2027 se produzcan 17 millones de coches eléctricos que

consumirán un millón de toneladas), esto no necesariamente provocará la escasez de este mineral, al menos en el volumen de pocos millones de vehículos anuales de producción.

Pero este no es el único sector de necesitará más cobre, si la sociedad mundial tiende hacia una mayor electrificación. Y ahí puede haber un problema considerable de abastecimiento en el medio/largo plazo. Un reputado científico como Antonio García-Olivares, estima⁴ que el desarrollo de un mix de energías renovables, con las que se cuenta para terminar de autoconvencerse de que la energía eléctrica de los vehículos eléctricos es totalmente verde, para responder a la demanda mundial de energía (en forma eléctrica) necesitaría de 330 a 384 millones de toneladas de este metal, que son un 49-56% de las reservas mundiales conocidas. Y considera esto una limitación para poder completar la “tecnosfera” actual de 17 Teravatios (TW, son 10^{12} vatios) de potencia en forma renovable, aunque se considere que en teoría se podría hacer con unos 11 TW de potencia.

Por otra parte, hay indicios claros de lo que supone el agotamiento de los yacimientos de cobre, por ejemplo, en el mayor productor mundial, que es Chile y lo que esto puede representar en cuanto a precios del cobre futuros, por mucho que la Unión Europea esté reciclando para su uso hasta el 40% del cobre de la chatarra⁵.

Por ejemplo, Chile es el mayor productor mundial de cobre con el 27 % de la producción mundial (5.330.000 toneladas frente a las 19.700.000 toneladas mundiales en 2017)⁶. Las reservas mundiales de cobre se calculan en 790.000.000 toneladas⁷. Esto da un ratio de reservas sobre producción de unos 40 años, sin haber comenzado a producir masivamente ni renovables ni coches eléctricos. Su trayectoria en los 10 últimos años ha sido tremenda, con un aumento de cerca de un 40% del consumo de energía (combustibles fósiles y electricidad, en buena parte de origen fósil, ambas prácticamente a la mitad cada una), mientras su producción ha seguido prácticamente estancada, por el agotamiento gradual de las mejores vetas y la obligación de explotar minerales de ley mucho más baja.

4 Energy and mineral peaks, a future steady state economy. Antonio García-Olivares y Joaquim Ballabrera-Poy. Technological Forecasting & Social Change. Elsevier 5 March 2014

5 <https://www.autofacil.es/tecnica/2015/06/16/cobre-coche/25824.html>

6 https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_copper_production

7 <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/copper/mcs-2018-coppe.pdf>

El cobre en Chile. Producción y consumos energéticos en base 100 de 2008

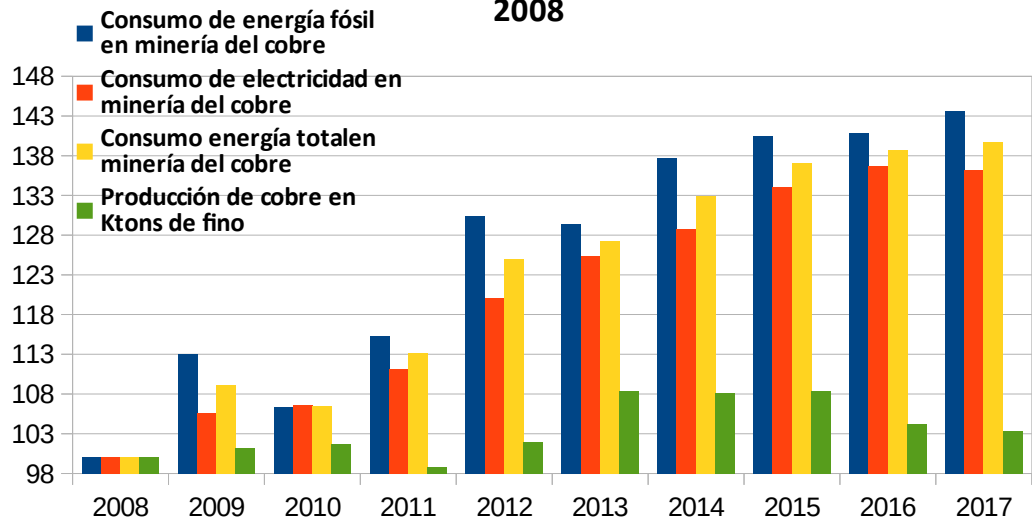


Figura 1.1. Datos de la explotación minera del cobre en Chile. Fuente: Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) <https://www.cochilco.cl/Lists/Anuario/Attachments/18/Anuario%20Cochilco%202017%20final.pdf>

En la economía convencional, uno debe preguntarse sobre la lógica de los precios de este producto a la vista de sus crecientes costes de extracción, suponiendo los demás factores más o menos constantes (por ejemplo, mano de obra o en el caso de Chile el coste de desalar y subir a caso 3.000 m. sobre el nivel del mar el agua desalada para la producción de cobre, o el coste de la maquinaria pesada, generalmente importada y productos químicos para lixiviar el mineral, etc. etc.). La conclusión es que los precios deberían aumentar.

Sin embargo, es frecuente encontrar gráficos y estadísticas sesgadas, en las que el precio parece bajar cuando aumenta la producción, utilizando el burdo esquema de que la producción masiva obra siempre el milagro de reducir los costes y por tanto los precios. Esto puede resultar en bienes de consumo de cierto tipo en la producción industrial, pero no necesariamente cuando se trata de materiales o minerales limitados o escasos. Suelen ser, pues, gráficos tomados en cortos lapsos o intervalos de tiempo que el interesado selecciona para justificar su posición, basándose en movimientos espurios o especulativos de mercado.

■ Litio

El metal más ligero tiene muchas aplicaciones y aparece como el metal estrella, precisamente por su ligereza, para las baterías de los coches eléctricos. Se extrae generalmente en forma de carbonato de litio

Las reservas y los recursos de litio son los siguientes:

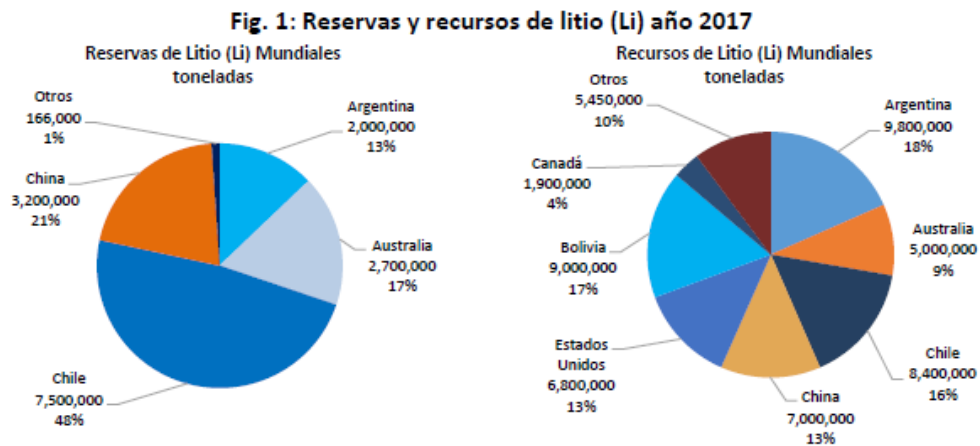


Figura 1.2. Reservas y recursos de litio a nivel mundial en toneladas Las reservas probadas sumarían 15.566.000 toneladas y los recursos subirían a los 53.350.001 toneladas. Fuente: Cochilco con datos de USGS. Mercado internacional del litio y su potencial en Chile DEPP28/2018

No obstante, como se sabe, los recursos son teóricos y como dice el informe aludido, una buena parte de ellos no será factible explotarlos económicamente por los altos niveles de impurezas como el magnesio.

El litio se utiliza para diversas funciones, que se mencionan a continuación, y cuyos porcentajes que pueden ser muy cambiantes, en función de los intereses del mercado.

Conviene no confundir el litio metálico con, por ejemplo, el carbonato de litio equivalente (en inglés Lithium Carbonate Equivalent o LCE) del que sale. La relación es de 1 kg de litio metálico por cada 5,3 kilos de carbonato de litio, por ejemplo. Se estima que para una batería se necesitan entre 113 a 246 g. de litio (o entre 600 g y 1,3 kg de carbonato de litio equivalente (LCE) por cada kWh de capacidad de la batería⁸. Para los coches que aquí se analizarán, un cálculo de unos 50 kWh por batería parece razonable.

Yendo al mínimo teórico, se necesitarían unos 5,5 kg de litio metálico o unos 30 kilos de carbonato de litio por batería. El estudio mencionado indica que el mundo real suele demandar entre 4 y 10 veces más de material activo de litio que el señalado en el mínimo.

8 http://www.meridian-int-res.com/Projects/How_Much_Lithium_Per_Battery.pdf

Tomaremos el dato de 5 kilos de litio o 30 de carbonato de litio (LCE) por batería media de un coche eléctrico de 50 kWh como una cifra muy conservadora. Eso serían unas 30.000 toneladas de LCE por cada millón de baterías de coche eléctrico fabricadas.

El mundo real, recordemos, podría exigir 150.000 toneladas de LCE. Son los niveles proporcionalmente aproximados que calculaban de LCE dos informes de Dundee Capital Markets y Reuters para un millón de coches eléctricos Chevrolet Volt, de apenas 16 kWh de baterías⁹ (tres veces menos que un coche eléctrico promedio actual).

En 2016 el destino de la producción mundial de litio fue el siguiente¹⁰:
39% baterías (se espera que dos tercios para el 2025). Otras fuentes¹¹, indican y esperan cerca de un 87% para el 2027 en partes similares, provenientes del carbonato de litio y del hidróxido de litio grado batería (de un nivel de refinado adecuado para la producción de batería).

30% agregados en vidrio y cerámicas para mayor resistencia a temperaturas.

8% grasas y aceites que resisten el calor (p.e. engranajes de aerogeneradores).

5% aleaciones para industria aeronáutica.

3% Filtros de aire.

10% otros usos (medicinal, en psicofármacos como estabilizante de ánimo)

5% elaboración de polímeros.

Es previsible que la demanda de los demás sectores que no son baterías siga aumentando a los ritmos habituales, pero evidentemente, las baterías van a ir aumentando en porcentaje.

En cuanto a la producción mundial de litio fue de 234.000 t. de carbonato de litio¹² equivalente (LCE, por sus siglas en inglés). Esto hace que la relación teórica Reservas y Producción (R/P) actuales den como para 1 siglo de abastecimiento, si bien es conocido que este cociente no es en realidad útil para conformar el momento de la llegada al cenit que se debería producir mucho antes, ya que la extracción de un recurso mineral sigue prácticamente siempre una curva de producción no lineal, sino en forma de campana.

9 Ibid

10 http://cima.minem.gob.ar/assets/datasets/marzo_2017_-_informe_especial_litio_.pdf

11 Cochilco. Mercado internacional edel litio y su potencial en Chile DEPP 28/2018. Página 11

12 Cochilco. Mercado internacional edel litio y su potencial en Chile DEPP 28/2018. Página 8

Especialmente, si la producción debe subir en varios órdenes de magnitud. Porque aunque este documento ofrece datos sobre España, está claro que si se trata de resolver un problema ambiental, éste alcanza un carácter global (o lo hacemos todos o no sirve de nada) y además, porque la globalizada y multinacional industria del automóvil nunca piensa en soluciones de este tipo para un solo país, sino para el mundo entero y entonces hay que contar con las disponibilidades mundiales de materiales y recursos, para ver si el modelo español es extrapolable.

Hoy hay unos 1.200 millones de vehículos en el mundo y el plan de la ministra de Transición Energética de alcanzar el 100% de vehículos eléctricos en 2050 en España, si arranca ahora y si su plan se extrapolase a nivel mundial podría ser como el del siguiente gráfico.

Ese ejercicio actualizado, supone que el parque de vehículos mundial se mantiene constante hasta 2050 (que ya es mucho suponer, habida cuenta lo que ha progresado el parque desde 2009, sin ir más lejos) y que las baterías de los coches fabricados desde 2019 tienen la posibilidad de tener que ser reemplazadas a los 10 años de ser fabricadas, con una tasa de recuperación actual del litio menor del 1%, que imaginaremos sube al 20% en 2030 y hasta el 30% en el 2040.

El resultado es el de la siguiente figura:

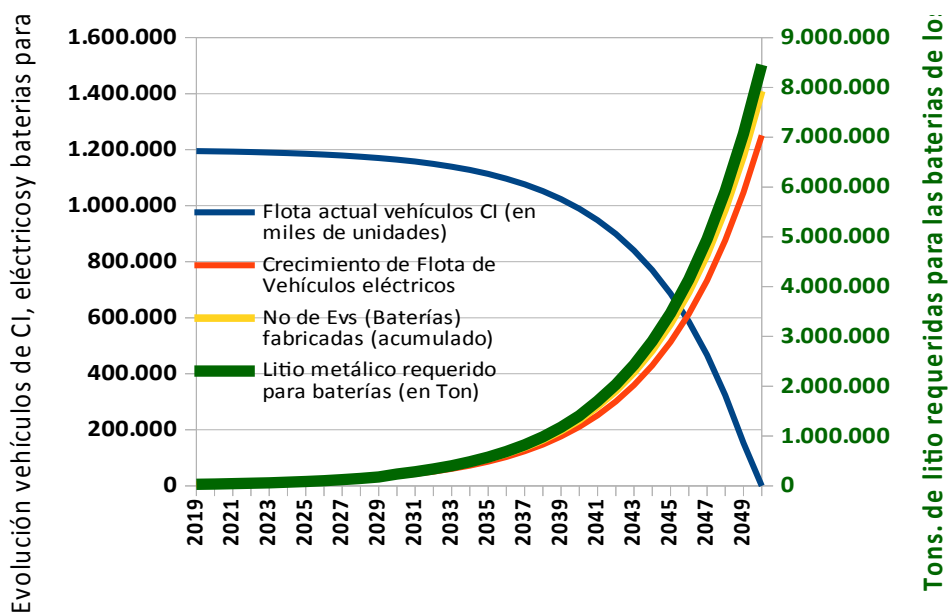


Figura 1.3. Análisis de un reemplazo 100% pero gradual, del parque mundial de vehículos de combustión interna hasta el año 2050 y toneladas de litio necesarias para abastecer el parque de baterías de los vehículos eléctricos. Fuente: elaboración propia con los datos de este capítulo.

Los casi 8.5 millones de toneladas de litio representan la mitad de las reservas mundiales conocidas, según la figura 1.2 de más arriba; esto sin considerar la evolución de las necesidades de litio de las demás aplicaciones y que aproximadamente a la mitad de la explotación de las reservas de un recurso mineral, se llega a un cenit y la producción no puede aumentar, aunque sí aumentan los costes energéticos de extracción y procesamiento, como hemos visto en el caso del cobre, lo que resultaría paradójico en un proceso industrial que trata de capturar energía y al que se le va cada vez más energía. El litio, es pues, uno de los elementos críticos.

El precio del litio, que en 2018 ha tenido un comportamiento extraño de bajada en medio de un aumento de la demanda global, no puede considerarse sino como una anomalía especialmente por las acciones de la principal empresa china relacionada con este metal, la Qinghai's lithium brines . Lo más razonable es ver la evolución de los precios en función de la producción a más largo plazo y no mostrando periodos cortos que interesan por alguna razón en particular.

Así, la figura 1.4, que toma ya una periodo más largo que el año, pero ni siquiera muy largo, muestra cómo el precio se ha prácticamente cuadruplicado, desde enero de 2016.

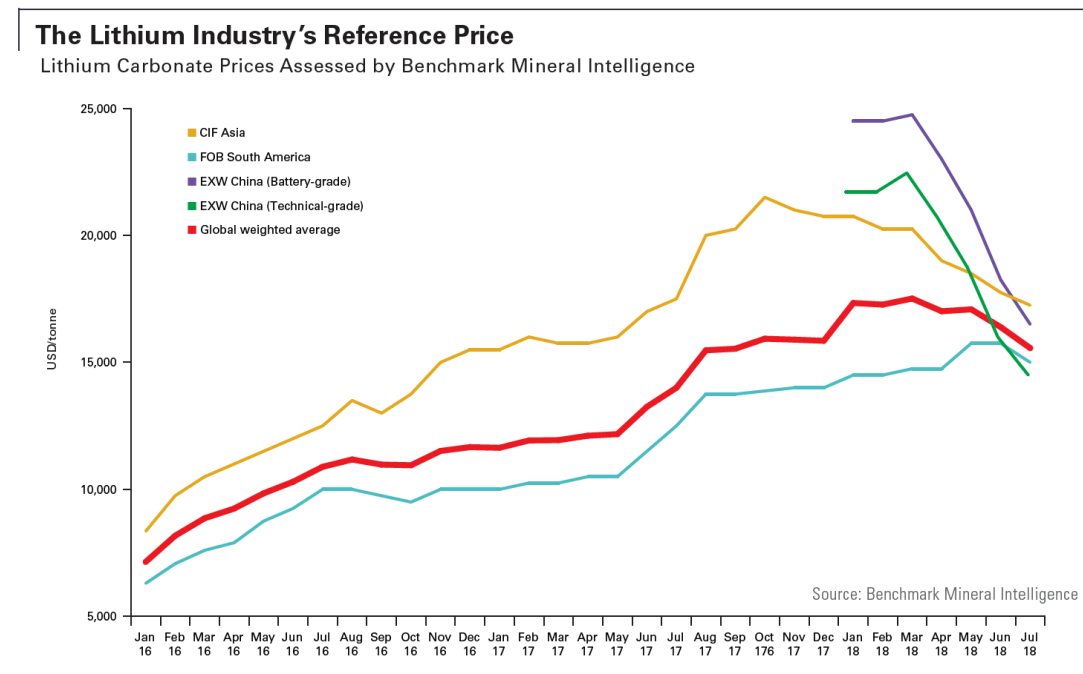


Figura 1.4. Variación de los precios del carbonato de litio en US\$ /tonelada. Fuente: <https://www.benchmarkminerals.com/chinas-lithium-price-decline-is-not-the-full-picture-to-an-industry-surgin/>

Si miramos ahora la producción mundial a más largo plazo enfrentada con los precios del mercado, la correlación cambia de forma considerable: a mayor producción no siempre (menos en estos casos) el precio es menor, sino justo lo contrario

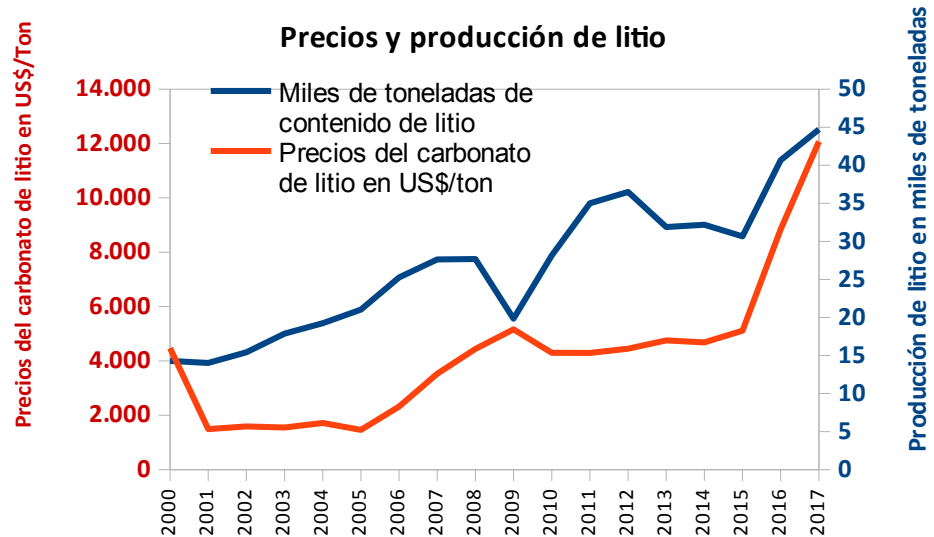


Figura 1.5. Precios y producción de litio. Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2018 y elaboración propia.

Como conclusión, vemos en un plazo más largo que la producción de litio se triplica, pasando de las 15 a las 45.000 toneladas anuales en 15 años y el precio del litio prácticamente se quintuplica pasando de los 2.000US\$/tonelada a más de 12.000 US\$/tonelada, habrá que preguntarse qué sucederá con el precio del litio y las baterías que lo contienen, cuando en un proceso de electrificación de más de 1.000 millones de vehículos obligue a producciones más que duplicadas hacia el 2030 o incluso más que quintuplicadas al final del periodo considerado.

Desde luego, no es una situación sencilla la de la disponibilidad de este elemento. Y todavía no se ha hablado de la necesidad de abordar también en algún momento previo a 2050, la electrificación también de camiones, autobuses, maquinaria pesada, maquinaria agrícola, etc. etc. Entonces ya sí habría un problema incluso siendo excesivamente generosos con los recursos.

Otro problema es la consideración temporal del uso del litio para 1.200 millones de vehículos, cuya vida media de las baterías es de unos 10 años. Si ya con eso hay problemas de reservas y de recursos, pensar en sucesivas generaciones de automóviles a digamos 50 años vista, sería mucho más problemático.

Pensar que el litio se va a poder reciclar en cantidades suficientes, es una ilusión que choca con los principios termodinámicos y de entropía, dada la dispersión enorme de este material por todo el mundo y el enorme coste energético de volver a separarlo de sus mezclas y volver a juntarlo. En la actualidad, no se consigue reciclar más del 10% del litio que se utiliza en los EE. UU. y menos del 1% en Europa¹³. Del resto del mundo, ni siquiera hay datos fiables.

Conclusión: el litio es escaso y será uno de los cuellos de botella, si no se encuentra reemplazo de igual o mejor densidad energética. También como conclusión podemos adelantar que los frecuentes anuncios de las bajadas de precios en \$/kWh de batería, gracias a los avances tecnológicos, no dejan de ser un sueño que no constata ni confirma su generalización hacia el futuro, sino todo lo contrario.

▪ **Cobalto**

Al igual que con el litio, el cobalto es un metal de transición que forma parte esencial de las baterías más capaces y eficientes hoy conocidas y utilizadas en la industria del sector y es quizá mucho más escaso que el litio.

Se calcula que la cantidad de cobalto que contiene una batería de coche eléctrico, está entre los 11 kg. y actualmente se ha podido bajar a unos 4,5 kg.¹⁴

Por tanto, la producción de unos 1.000 millones de vehículos eléctricos se llevaría unos 5.000 millones de kilos de cobalto o 5 millones de toneladas.

Las reservas y recursos mundiales conocidos de cobalto son los siguientes (en toneladas métricas):

¹³ Knut Einar Rosendahl, Diana Roa Rubiano. Norwegian University of Life Sciences. How effective is lithium recycling as a remedy for resource scarcity? Página 2. <https://www.nmbu.no/download/file/fid/31498>

¹⁴ <http://www.mining.com/wp-content/uploads/2018/05/Teslas-Cobalt-Evolution-Benchmark-Mineral-Intelligence.png>

Cobalto en Toneladas		
Países	Reservas	Recursos
Congo	3.500.000	
Australia	1.200.000	
Cuba	500.000	
Filipinas	280.000	
Zambia	270.000	
Canadá	250.000	
Rusia	250.000	
Madagascar	150.000	
Papua Nueva Guinea	51.000	
Sudáfrica	29.000	
EE.UU.	23.000	1.000.000
Otros países	560.000	
Total mundial	7.063.000	25.000.000
En lechos oceánicos		120.000.000

Tabla 1.1. Reservas y recursos de cobalto. Fuente: United States Geological Survey (USGS) <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cobalt/mcs-2018-cobal.pdf>

Es importante señalar de nuevo que los recursos son cantidades muy teóricas que en muy buena parte quizá jamás salgan de los yacimientos en razón a su bajísima concentración y dificultad de extracción.

Por ejemplo, mientras en yacimientos terrestres en piroxenitas o serpentinitas de tipo alpino pueden alcanzar concentraciones de 50 a 100 partes por millón, aunque en la mayoría de las extracciones mineras estén entre 0,5 y 20 partes por millón, donde se suponen más recursos, en el agua del mar las concentraciones oscilan entre los 0,0003 y 0,0004 microgramos por litro y en ríos africanos o norteamericanos entre 0,006 y 0,43 microgramos por litro¹⁵.

Existen grandes cantidades, pero ponerlas a disposición de la sociedad implicaría un gigantesco coste energético extractivo por la pobrísima relación entre ganga y mena y también en las infraestructuras exigidas para recuperar cantidades tan difusas, de forma que superaría con creces el uso posterior del cobalto extraído.

En 2011, según el United States Geological Survey (USGS)¹⁶, el destino del cobalto fue el siguiente:

- 30% para baterías
- 19% para superaleaciones
- 13% herramientas endurecidas y de diamante
- 9% catalizadores
- 9% pigmentos y usos cerámicos
- 7% aleaciones magnéticas

15 <https://pubs.usgs.gov/pp/1802/f/pp1802f.pdf>

16 Ibid

- 13% otros usos

Aunque es evidente que el peso porcentual de las baterías aumentaría considerablemente, no se pueden descartar crecimientos moderados de otros usos, como por ejemplo, partes claves de motores de aviación. El uso de los catalizadores podría disminuir si aumentase el porcentaje de coches eléctricos y disminuyese el de los vehículos de combustión interna.

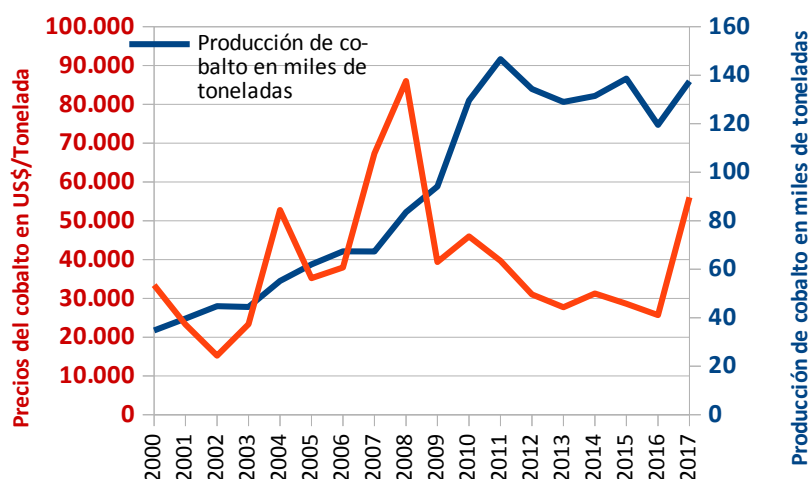


Figura 1.6. Evolución de los precios y la producción de cobalto en el periodo 2000-2017. Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2018 y elaboración propia.

Aunque aquí los precios han sufrido vaivenes muchos más espectaculares en la última década y medio, salvo el pico de precios del 2008, también han visto una tendencia alcista al prácticamente triplicarse su precio en el mismo periodo.

Así en el caso del cobalto, para resumir, la relación entre reservas y producción (R/P) es mucho más crítica aún que en el caso del litio, ya que su producción es unas tres veces superior al del litio y sin embargo sus reservas son la mitad que las de litio.

Por tanto, no es de esperar, con un mínimo de racionalidad, que si la producción de vehículos eléctricos se disparase intentando sustituir los 1.200.000.000 de coches de combustión interna de la actualidad, los precios deberían subir y encarecer las baterías más eficientes y con mejor relación carga/peso, de forma muy probablemente prohibitiva.

Por eso, aunque algunas informaciones interesadas se desvivan por demostrar que puede bajar el precio, lo suelen hacer buscando alteraciones espurias de mercado

para justificar su estrategia, Por ejemplo, indicando que el precio de las baterías bajó, entre 2017 y 2018, de 214 a 176 US\$/kWh¹⁷ o bien mostrando gráficos circunstanciales como el siguiente de Reuters:

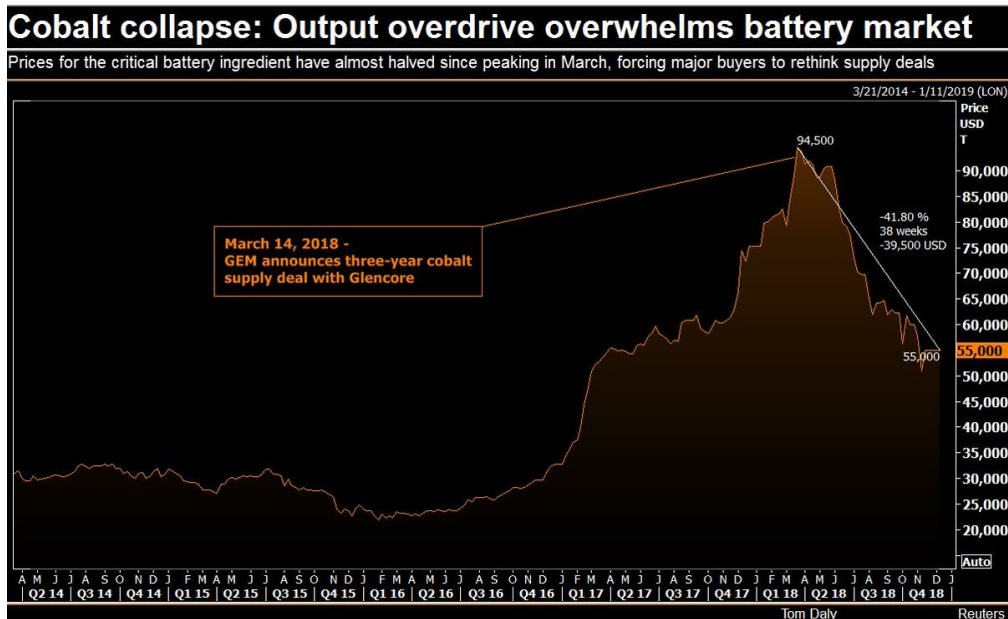


Figura 1.7. Caída circunstancial de precios del cobalto desde el pico de 94.500 US\$/tonelada en el primer trimestre de 2018, originado, según Tom Daly, por el anuncio de General Motors de adquirir masivamente cobalto para su producción a los 55.000 US\$/Tonelada del cuatro trimestre de 2018.

Sin embargo, si las cosas se ven a más largo plazo y sobre todo, si se extrapolan las necesidades reales a nivel mundial frente a las existencias reales y factibles, las cosas aparecen en un contexto más adecuado y real, como el gráfico desde 2013 de la evolución de precios desde 2013 a 2018, producto de un simple aumento de la demanda, que dista mucho de ser la que realmente debe impulsar esta transformación telúrica.

¹⁷<https://twitter.com/BloombergNEF/status/1075410072283594753>



Figura 1.8. Precio del cobalto del London Metal Exchange (LME)

El principal corolario de este breve análisis de los metales escasos que confirman las baterías de ion-litio, las mejores actualmente en el mercado, que a su vez constituyen el mayor peso en precio de un coche eléctrico, es que hay un serio problema para escalar la producción para sustituir los 1.200.000.000 de coches que hoy circulan.

Por supuesto, ni se habla de electrificar camionetas, camiones, autobuses, maquinaria pesada de obras públicas, maquinaria agrícola o minera, aviación, o marina mercante, aparte de fuerzas armadas. Un intento de este tipo, llevaría la escasez de estos materiales esenciales a niveles de imposibilidad absoluta.

Hay otros materiales, también muy escasos, que están ganando protagonismo por su utilidad (a cierta escala), que si se multiplican de forma masiva en su uso, también crearían cuellos de botella considerables en los desarrollos de la movilidad eléctrica mundial, sobre todo si se aplican a los sistemas complejos que captan flujos renovables de energía, como aerogeneradores o módulos fotovoltaicos.

No entraremos aquí a describir en detalle las limitaciones en el uso de elementos que se obtienen de tierras raras como el **neodimio** o el **praseodimio** en la construcción de imanes permanentes, que se utilizan cada vez más en motores eléctricos, porque reducen su peso para la misma eficiencia. U otros como el **galio** el **indio**, el **tántalo** y demás.

2. ¿QUE ES LA RED ELÉCTRICA NACIONAL Y CÓMO FUNCIONA?

Veamos ahora como está constituida la red eléctrica nacional, que es algo más que el segmento al que se refería el presidente de REE en sus declaraciones y que en la figura 1 se subraya con un círculo.

La red eléctrica de un país o de una región (hay países que no disponen de una red eléctrica totalmente unificada, sino una amalgama de redes superpuestas con una cierta interconexión), se compone de varias etapas:

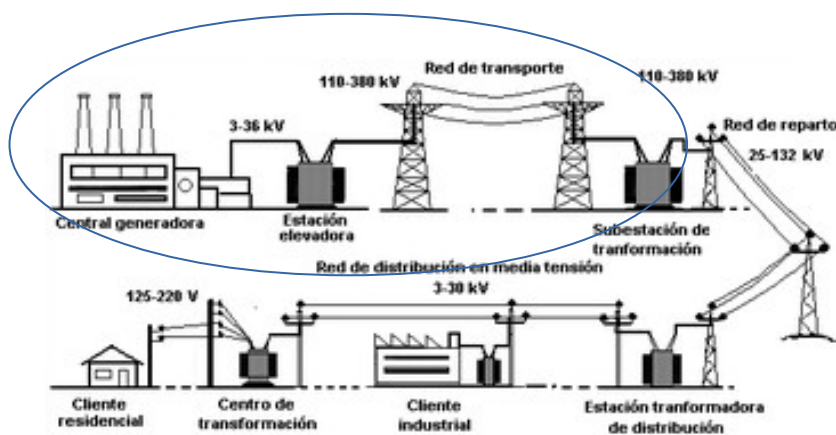


Figura 2.1. Esquema general de una red eléctrica. Fuente: Wikipedia

En primer lugar, están los dispositivos que generan energía o centrales generadoras. Estas entregan dicha energía a la red de muy alta tensión y gran capacidad de carga, para llevarla a diferentes partes del país. Se suele llamar a esta red, la red de transporte y equivale a las grandes arterias del cuerpo humano llevando el fluido vital a los puntos claves del cuerpo. Se utiliza la muy alta tensión para reducir las pérdidas de transporte (a mayor tensión, menores pérdidas) y así llevar el grueso de la energía a los centros principales desde donde se hará la distribución.

Una vez la energía eléctrica en estos puntos, mediante nuevas estaciones transformadoras, esta vez se va bajando la tensión, para hacerla más manejable y se entrega a la llamada red de distribución, que viene a ser como las venas que riegan todo el cuerpo partiendo de las arterias principales.

Algunos centros industriales importantes, pueden tomar ya la electricidad de ese nivel directamente. En otros casos, como los de consumo residencial, necesitan todavía una menor tensión y vuelven a irse transformando en alguna subestación o centro de transformación. Así

forman una capilaridad similar a la de los capilares del cuerpo humano, que todavía se extiende más finamente al entrar en los edificios hasta las tomas de corriente



Figura 2.2. Mapa general de la red eléctrica española. Fuente: REE

Esta red ha sido siempre y es todavía fundamentalmente de flujo básicamente unidireccional, a pesar de que los electrones pueden fluir en una dirección o en otra en función de dónde se les genere el potencial para viajar. Es decir, viajan desde los grandes centros de generación hacia las instalaciones finales donde los ciudadanos consumimos y utilizamos la electricidad.

Por supuesto, que en redes desarrolladas y complejas como la española se instalan a veces anillos que permiten el suministro de un punto a otro por dos vías diferentes, por motivos de seguridad, en caso de avería de alguna línea. Esto se suele hacer en torno a las grandes ciudades, que son las más demandantes de energía eléctrica y a veces se hacen anillos regionales. Esta medida encarece la red al exigir un mayor despliegue y coste, pero resuelve y facilita la gestión de la red.

También las conexiones internacionales ayudan a mejorar la necesaria estabilidad de la red (la generación debe siempre seguir al consumo con gran precisión para evitar desequilibrios que pueden afectar a toda o gran parte de la red). Un ejemplo de lo estrictamente que se debe llevar a cabo el ajuste de producción y consumo casi al segundo, es el magnífico gráfico que ofrece Red Eléctrica de España en tiempo real, entre consumo y programación de generación.

Este gráfico, que varía de día en día pero mantiene la estructura general de mayor consumo en dos picos diarios y menor consumo durante la noche, será muy importante para determinar los mejores momentos de carga de coches eléctricos.

En general, se consideran las horas nocturnas las más apropiadas para la recarga, lo que además coincide en general con los periodos de descanso de los usuarios en sus casas y cuyas tarifas, hasta ahora, son más económicas, precisamente, porque es el momento en que hay que retirar de la generación algunas centrales.

Si con la entrada masiva de coches eléctricos, la curva quedase más plana hacia la parte superior, seguramente se perderían también las ofertas de tarifas más bajas, porque no habría incentivo para mantener la generación equilibrada.

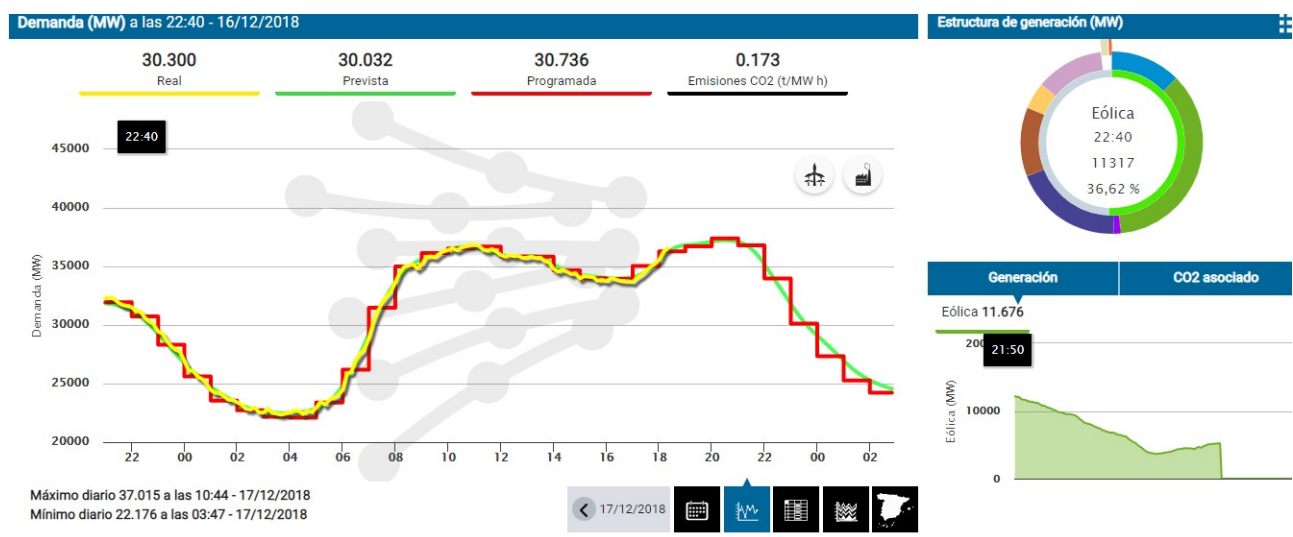


Figura 2.3. Gráfico de la demanda eléctrica en España en tiempo real de REE, real, previsto y programado. Fuente: REE <https://demanda.ree.es/visiona/peninsula/demanda/total>

En el caso de España, las conexiones son con Portugal, Marruecos y Francia, con la que existían conexiones muy pequeñas y recientemente se han aumentado algo. Esto permite aliviar excesos de producción y recibir del exterior flujos de energía cuando hay algún tipo de déficit. Hay también razones circunstanciales y comerciales de precios entre operadores, pero en general, se busca la interconexión internacional para aumentar la seguridad de suministro en casos de necesidad o de emergencia.

2.1. Un supuesto de gestión de la red eléctrica nacional

Supongamos, por un momento, que la red eléctrica nacional, que ofrece un servicio tan esencial a los ciudadanos, se nacionaliza y se hace toda ella pública, desde la generación, pasando por el transporte y la distribución. Este supuesto se hace para interiorizar como algo nuestro lo que en realidad es nuestro y mejor entender el coste de una red y la complejidad de

su mantenimiento y posibles alteraciones como resultado de cargas adicionales que puedan demandar más energía de forma considerable y sobre todo, si los patrones de consumo son algo erráticos e impredecibles y no necesariamente coinciden, por ejemplo, con los periodos de mayor generación de energías renovables, ahora que se intenta asociar la energía para los coches eléctricos con energía de origen renovable. De hecho, hay empresas que ofrecen puntos de recarga garantizando (de momento) en los que el suministro proviene o provendrá de fuentes renovables.

Aunque también sirve para mejor entender los efectos y costes que puede tener en toda la red eléctrica a todos los niveles (desde los sistemas de generación ya existentes, hasta el usuario final) en el caso, por ejemplo de tipos de autoconsumo que permitan a los usuarios cambiar su perfil y no sólo consumir según patrones conocidos, sino aportar o inyectar energía en la red cuando consideran que tienen excedente productivo, desde sus propias conexiones terminales.

Bien. Ahora no tenemos oligopolio, tenemos un monopolio al servicio de los ciudadanos. No hay que pagar dividendos considerables a accionistas, ni tampoco salarios y bonos escandalosamente altos a los directivos de estas empresas, sino que bastaría con salarios de funcionarios hasta llegar a los más altos a nivel de director general, con unos 60-70.000 euros/año.

Estupendo. La red ya existe y ofrece el servicio esencial del suministro eléctrico a los 46 millones de españoles y las empresas y centros en los que trabajan y viven: guarderías, colegios, universidades, hospitales, ministerios, lugares públicos, iluminación callejera, almacenes, mercados, tiendas, cuarteles, comisarías, cárceles y a todo el entramado social sin distinción. Y por supuesto, también a las viviendas, de las que sólo una muy pequeña minoría son viviendas unifamiliares y la mayoría son apartamentos en bloques de viviendas.

Ahora los ciudadanos ya somos dueños de nuestra red eléctrica esencial y debemos vigilar su buen funcionamiento. Y a usted le nombran director general de la red eléctrica nacional.

Llega al despacho y ¿qué se encuentra? Pues lo siguiente. Debe usted dirigir una red que tiene aproximadamente estos **sistemas de generación**, con las siguientes producciones eléctricas:

2.2. sistemas de generación de energía eléctrica

Fuente: Red Eléctrica de España (REE) avance informe 2018				% s/ total	
	MW	Gwh	generación	% Utiliz	
Hidráulica	17.051	34.100	13	23	
Turbinación bombeo	3.329	2.009	1	7	
Nuclear	7.117	53.198	20	85	
Carbón	10.030	37.274	14	42	
Fuel/Gas	2.490	6.683	3	31	
Ciclo Combinado	26.284	30.045	12	13	
Hidroeléctrica	11	24	0	25	
Eólica	23.466	49.526	19	24	
Solar fotovoltaica	4.707	7.747	3	19	
Solar térmica	2.304	4.424	2	22	
Otras renovables	864	3.556	1	47	
Cogeneración	5.746	29.010	11	58	
Residuos	653	3.311	1	58	
Total generación	104.052	260.907	100	29	
Consumos en bombeo		-3.201			
Saldo intercambios internacionales		11.102			
Demanda (b.c.)		268.808			

Tabla 2.1. Energía eléctrica generada y potencia instalada en España por tipo de generación, en 2018. Fuente: <https://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/informe-anual/avance-del-informe-del-sistema-electrico-espanol-2018>

IMPORTANTE 1: En el año 2018, por ejemplo, la máxima potencia instantánea peninsular en todo el año, en un momento determinado, alcanzó los 40.961 MW el 18 de enero a las 20-21 horas¹⁸ Como vemos en la tabla de más arriba, en teoría el sistema eléctrico español dispone de una potencia instalada de 104.052 MW. Parece que incluso en el punto máximo de consumo del año bastaría con tener en funcionamiento el 40% de los sistemas de generación para abastecer tal demanda puntual.

Esto ha permitido a diversas fuentes criticar el sistema por sobredimensionado en cuanto a centrales de generación, para el consumo que existe. De hecho, hay bastantes países que no tienen una cantidad de sistemas de generación tan elevada respecto de sus picos máximos de consumo. También es lo que ha permitido a los directivos de REE asegurar que pueden absorber la demanda de hasta 24 millones de vehículos eléctricos cargando simultáneamente, por ese excedente de potencia. La tabla superior, nos indica que esa potencia de reserva o excedente proviene en buena parte de las centrales de gas de ciclo combinado infrutilizadas y actualmente utilizadas más como respaldo a las renovables.

18 REE El sistema eléctrico español. Avance 2018 Pestaña C11

Sin embargo, esto no es tan inmediato ni tan sencillo. Cualquier país, a medida que aumenta su penetración de sistemas renovables, como es el caso de España, que es uno de los que más porcentaje de solar y eólica tiene en todo el mundo, a pesar del parón de los últimos años al desarrollo de las renovables, va a hacer aumentar la potencia instalada supuestamente en exceso sobre los picos máximos de consumo, porque son sistemas con baja capacidad de carga, como se ve en el cuadro superior, a pesar de que cuando hay sol o viento tienen prioridad de entrada en la red.

Por otra parte, siempre es imprescindible tener suficiente colchón de potencia instalada en la reserva. En el año 2017, dos centrales nucleares al menos pararon durante varios días para los mantenimientos preventivos. A veces deben parar por razones de seguridad, por algún problema técnico o algún peligro de escape o algún sistema que no funciona bien.

La generación hidroeléctrica tampoco asegura su disponibilidad en buena parte del año, por falta de caudal y por la prioridad que tienen algunos embalses para dedicar el agua a alimentación humana o animal o para agricultura que tienen prioridad sobre la generación eléctrica.

Accidentes como el de Fukushima, que obligaron a parar la práctica totalidad de las centrales nucleares niponas que daban una gran parte de la energía eléctrica a la red, hubiese sido mucho más dramática para aquel país, si no hubiese dispuesto de un gran número de plantas de gas natural en la reserva, con capacidad ociosa. Y de hecho, ahora Japón está construyendo incluso plantas de carbón.

Este aspecto de la capacidad ociosa o aparentemente en exceso necesaria de los sistemas de generación, se repetirá cuando se entre en más detalle a calcular la potencia requerida para cargar 24 millones de vehículos eléctricos privados, porque una cosa será la energía demandada por esos vehículos y otra más importante, la mayor o menor simultaneidad de cargas de todos ellos y sobre todo, el análisis de los tiempos en que se producirán la mayor parte de las cargas.

El dimensionamiento de estos sistemas de generación para asegurar la carga en cualquier circunstancia, debería ir siempre por el cálculo del lado más pesimista de simultaneidad máxima de carga y disponibilidad mínima de sistemas de generación en coincidencia con la demanda máxima.

IMPORTANTE 2: La consideración de que el sistema eléctrico nacional tiene suficiente capacidad para soportar la carga simultánea de 24 millones de vehículos privados eléctricos (además de seguir abasteciendo las necesidades eléctricas actuales), debe tener siempre en

perspectiva que una buena parte de esta generación, depende de que lleguen los insumos de los combustibles importados a nuestro país.

El caso de la energía nuclear es paradigmático. Las estadísticas del gobierno suelen considerar energía nacional la nuclear, pero el uranio se importa en un 100%, por tanto, ese 21% de electricidad depende de que los flujos del combustible nuclear sigan llegando puntualmente del exterior. No somos autónomos en absoluto en este rubro.

Con el gas pasa algo similar. Toda la producción de las centrales de gas de ciclo combinado es posible porque se importa y está siempre disponible el 100% del gas que se quema para producir electricidad. Más del 50% del gas se importa desde Argelia, que es un país, cuyo ministro del ramo ha declarado recientemente que ese país podría dejar de exportar gas tan pronto como en 2022 o en 2032, según la fuente:

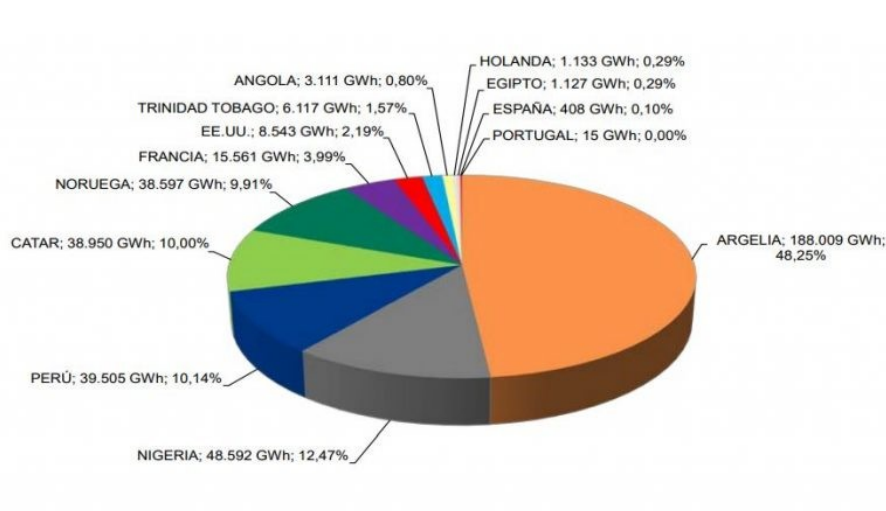


Figura 2.2. Importación de gas en España en 2018. fuente: <https://blog.cnmec.es/2018/08/28/de-donde-viene-el-gas-que-necesitamos-en-espana/>

Finalmente, la producción de energía eléctrica en base al carbón, también depende en buena medida del carbón importado y del fuel-gas que se produce en las refinerías con petróleo importado o que se importa directamente. Eso significa, según la tabla 2.1, que aproximadamente un 50% de la energía eléctrica se produce porque se está importando de otros países el combustible esencial no renovable para generar electricidad.

Se entiende que el presidente de REE, al decir que tienen capacidad suficiente, para cargar 24 millones de vehículos eléctricos a la vez “sin que se fundan los plomos” al sistema, está pecando un poco de arrogancia por un lado y por el otro, está fiando a la única fuente con

capacidad para absorber ese impacto de mayor consumo eléctrico que todavía está bastante ociosa respecto de la potencia instalada, que son las centrales de gas de ciclo combinado que hoy apenas trabajan al 16,6% de su capacidad teórica. Pero eso ya no sería una electricidad estrictamente “verde”, sino un intercambio de energía fósil para mover coches eléctricos, con todas las pérdidas que se encuentran en los procesos de transformación y transporte y distribución.

En cuanto a la energía hidroeléctrica, España ya tiene ocupados más del 90% de los grandes cauces con embalses y por tanto, no es una fuente que pueda aumentar mucho su aportación y depende enormemente del año pluvial que se pueda presentar. En la tabla 2.1., aportó el 13% de la electricidad nacional, aunque fue un año hidrológico excepcionalmente bueno, pero otros años apenas alcanza el 8% de la demanda y apenas puede crecer más en nueva potencia instalada, al estar todas las grandes cuencas fluviales españolas ya muy explotadas por embalses.

Y las modernas renovables, a pesar de ser de los países del mundo con mayor porcentaje de penetración, aportaron el 38% de la demanda nacional y tienen el inconveniente de que no necesariamente se ajustan a los exigidos tiempos de recarga de los vehículos eléctricos, especialmente si se trata de recargas domiciliarias nocturnas, por ejemplo, en el caso de la energía solar. Más adelante trataremos esto con más detalle.

2.2. Red de transporte de alta capacidad de energía eléctrica

Otra de las partes fundamentales de la red eléctrica es la **red de transporte de alta capacidad** para llevar a diversos centros por toda España el grueso de la energía eléctrica, como sigue:

Fuente: <http://www.ces.es/documents/10180/4509980/Inf0417.pdf>

Instalaciones de la red de transporte de España 2016	
Red de transporte peninsular y no peninsular	
Km. de circuito por tensión	
400 kv	21.620
220 kv	19.496
150-132-110 kv	523
<110 kv	2.025
Total	43.664
Posiciones de subestaciones peninsulares y no peninsulares	
Número de posiciones por tensión	
400 kv	1.458
220 kv	3.150
150-132-110 kv	90
<110 kv	791
Total	5.489
Capacidad de transformación peninsular y no peninsular	
Potencia (MVA)	85.144

Tabla 2.2. Estado de la red de Transporte eléctrico nacional en España en km. de circuitos de líneas de muy alta tensión y posiciones de subestaciones por todo el país.

A continuación, se encuentra la red de distribución, como sigue, aunque esté algo incompleta:

2.3. Red de distribución de energía eléctrica

Red de distribución	
ENDESA	
Líneas (en Km.)	317.782
Subestaciones	1.258
Centros de transformación	133.193
Puntos de suministro	11.400.000
IBERDROLA	
Líneas (en km.)	248.278
Subestaciones	959
Centros de transformación	95.247
Puntos de suministro	10.600.000
NATURGY (UNIÓN FENOSA)	
Líneas (en km.)	214.399
Subestaciones	
Centros de transformación	
Puntos de suministro	3.720.509
VIESGO	
Líneas (en km.)	5.000
Subestaciones	34
Centros de transformación	3.500
Puntos de suministro	654.000
EDP	
Líneas (en km.)	
Subestaciones	
Centros de transformación	
Puntos de suministro	654.000
TOTAL LÍNEAS (en km.)	785.459
TOTAL SUBESTACIONES	2.251
TOTAL CENTROS TRANSFORMAC.	231.940
TOTAL PUNTOS SUMINISTRO	27.028.509

Tabla 2.3. Datos generales de la red de distribución en Km. de líneas de alta y media tensión, incluyendo subestaciones, centros de transformación y puntos de conexión de usuarios a red. En la actualidad son más de 28 millones de contratos. Fuentes: Varias de operadores eléctricos

Esto es, hay en la actualidad unos 28 millones de puntos de conexión o de acceso eléctricos en toda España.

2.4. Red de distribución eléctrica del último tramo.

Pero aparte de los 800.000 km de líneas eléctricas de distribución de media y baja tensión y fuera de las responsabilidades de los operadores de redes de distribución, pero dentro de las obligaciones de los propios ciudadanos o personas jurídicas propietarias de las instalaciones internas, luego hay millones de kilómetros de tendidos, desde los contadores más o menos centralizados. Según el tipo de vivienda o instalación, hay que analizar y valorar las

derivaciones individuales, Interruptores de Control de Potencia (ICP's), cuadros generales de mando y protecciones y de ahí, internamente por los edificios, los tendidos de cables, sean en residencias particulares, en bloques de viviendas, o en oficinas, talleres, almacenes, fábricas, industrias, hospitales y centros de salud, comercios, hoteles, ministerios e instituciones públicas como ayuntamientos, centros educativos, penitenciarios, etc. etc., hasta las tomas de energía.

Hay que considerar también estos últimos millones de kilómetros intra-viviendas, en cuanto a capacidad de poder suministrar energía eléctrica suficiente para según qué tareas y que muchos de ellos, requerirán modificaciones sustanciales para entrar en norma de recarga de vehículos. Más adelante se tratará este asunto con más detalle.

2.5. Conclusiones sobre la red eléctrica nacional.

La antigua UNESA (Asociación Española de la Industria Eléctrica) ofrecía en su tiempo informes regulares públicos de fácil acceso sobre sus inversiones anuales en los sistemas de generación y de transporte y distribución de la red, aquí cubiertos en los apartados anteriores del 3.1 al 3.3. (no del 3.4.). Esa organización ha devenido en la Asociación de Empresas de Energía Eléctrica ([AELEC](#)), donde ya no parece tan fácil analizar el coste de la red y las inversiones necesarias para mantenerla y ampliarla, si fuese necesario.

No obstante, de un estudio anterior¹⁹ de UNESA entre los años 2001 y 2009, se puede deducir que las inversiones para mantener la red eléctrica oscilaron en 17.434 millones de euros en sistemas de generación y 17.980 millones de euros en transporte y distribución.

Es decir, unos 1.937 millones en generación por año en promedio y unos 2.000 millones en transporte y distribución en promedio por año. Un total de casi 4.000 millones de euros anuales en periodos de estabilidad sin exigencias importantes de nuevas inversiones y sin incluir los costes en energías renovables.

Un supuesto razonable es que la red de transporte y distribución puede exceder los 100.000 millones de euros. Se asume que la duración de las infraestructuras eléctricas es de unos 50 años, según las recomendaciones de la AIE.

Este es el valor estratégico del patrimonio de la red eléctrica y las inversiones requeridas para mantenerla están en torno a los 4.000 millones de euros anuales.

¹⁹ Ver Spain's Photovoltaic Revolution. The Energy Return on Investment. Pedro A. Prieto y Charles A. S. Hall. Springer. 2013. Páginas 104-106

Cualquier modificación exigida para introducir nuevas variables, tales como los 23-24 millones de coches eléctricos, o para incluir niveles elevados de autoconsumo mediante módulos fotovoltaicos, cuyos excedentes de producción respecto del consumo doméstico se puedan inyectar en red, habrá que considerarla seria y cuidadosamente a efectos de repercutir sobre la introducción de la nueva actividad los extras que pueda suponer.

Esto, por no hablar de los programados cierres de las centrales nucleares, que están todas ellas bastante cercanas al fin de su vida útil o de las centrales de carbón, que incrementarían dichos costes, si hay que reponerlas con otros tipos de generación. La entrada de energías renovables y su carácter intermitente, al llegar a ciertos niveles de penetración en la red, exigirían costes de almacenamiento que pocos se ha atrevido a considerar.

Generar con intermitencia y sus problemas. Graham Palmer, un profesor de la Universidad de Melbourne, en Australia ha estimado que el coste de evitar las intermitencias en una red renovable durante dos horas, reduce un 10% la eficiencia de la red (y aproximadamente aumenta en ese porcentaje su coste). Garantizar evitar las intermitencias durante 12 horas, implica unos costes de acumulación masiva que harían aumentar el coste de la red en más de un 40%. Y garantizar que se pueden evitar las intermitencias de la red renovable durante dos días con la red a carga normal, exigiría multiplicar el sistema fotovoltaico (en el supuesto de que es este sistema el que alimenta la red) al menos dos veces y media y multiplicaría el coste, incluyendo los almacenamientos masivos posibles de energía unas cinco veces.²⁰

Estos datos deberían hacer reflexionar a los expertos en ordenar cambios masivos de comportamientos en la estructura de la red eléctrica nacional y analizar sus costes y dificultades con suma cautela. Porque si consideramos que la red eléctrica nacional es nuestra y es un servicio esencial a la comunidad, se entenderá mejor que cualquier nueva actividad de consumo (o incluso de generación, como el autoconsumo mediante energía fotovoltaica con posibilidad de inyectar en red, que suponga un incremento de coste en la misma, debiera incorporarse al coste de esa alteración en la red en forma justamente proporcional a la misma.

Por ejemplo, más adelante analizaremos que la introducción de unos 24 millones de vehículos eléctricos en la red eléctrica nacional supone aumentar en un 25% el consumo de la red nacional. Por tanto, en justa proporción, a la hora de considerar los costes de los coches eléctricos, en esa visión de conjunto, estos costes de la red, que son exclusivamente imputables al coche eléctrico, se deberían tener en cuenta.

20 An Exploration of Divergence in EPBT and EROI for Solar Photovoltaics. Graham Palmer and Joshua Floyd. Springer International Publishing. November 2017. BioPhysical Economics and Resource Quality (2017) 2:15 <https://doi.org/10.1007/s41247-017-0033-0>

3. CONSUMO POR SECTORES DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA.

En resumen, se debe utilizar profesional y sensatamente esta delicada red, para ofrecer el servicio eléctrico esencial a sus actuales propietarios, los ciudadanos, que hoy se ofrece de la siguiente forma:

Energía eléctrica por sectores		Ktep
Año 2016	% S/ TOTAL	
Industria	33,5	6.699
Extractivas (no energéticas)	0,8	152
Alimentación, bebidas y tabaco	4,8	957
Textil, cuero y calzado	0,7	143
Pasta, papel e impresión	2,5	499
Química (incluyendo petroquímica)	4,2	839
Minerales no metálicos	2,5	509
Siderurgia y fundición	5,8	1.161
Metalurgia no férrea	4,0	803
Transformados metálicos	2,1	410
Equipo de transporte	1,8	362
Construcción	0,9	174
Madera, corcho y muebles	0,5	106
Otras industrias	2,9	584
Transporte	2,3	463
Carretera	0,1	24
Ferrocarril	1,1	224
Marítimo interior		-
Aéreo: aviación interior		-
Aéreo: aviación internacional		-
Oleoductos		-
Otros transporte no especificados	1,1	216
Usos diversos	64,2	12.834
Agricultura	2,6	515
Pesca		-
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	30,9	6.183
Residencial	30,0	5.990
Otros usos diversos no especificados	0,7	146
Consumo de energía final	100,0	19.996

Tabla 3.1. Energía eléctrica demandada por sectores en Ktep, expresadas en Ktep y en porcentaje sobre el total del consumo de energía eléctrica final de 19.996 kTep. Fuente: MINETUR/IDAE

<http://sieeweb.idae.es/consumofinal/bal.asp?txt=Energ%EDa%20el%E9ctrica&tipbal=f&rep=1>

Si por ejemplo, nos centramos en los dos sectores que más ven los ciudadanos, el sector de comercio y servicios y el residencial, obtenemos los siguientes tipos de comportamiento y consumo eléctrico:

Fuente: IDAE	
SECTOR SERVICIOS	
CONSUMO ELÉCTRICO	% S/ TOTAL
Oficinas	9,8
Hospitales	2,6
Comercio	10,3
Restaurantes y Alojamientos	3,0
Educación	0,8
Otros Servicios	4,5
TOTAL	30,9

Tabla 3.2. Consumos en el sector servicios. Fuente: IDAE. 2016

La tabla 3.2. indica que el sector servicios consume el 30% de la energía eléctrica nacional final. La mayor parte se lo lleva el comercio y las oficinas. Los grandes centros comerciales situados en espacios amplios, que disponen de tejados suficientemente grandes, pueden intentar realizar instalaciones fotovoltaicas sobre sus cubiertas, aunque seguramente no puedan cubrir sus necesidades energéticas con ello.

No obstante, la mayoría de los comercios que están situados en los bajos de los edificios de varias plantas en las grandes urbes, van a tener mucho más difícil intentar el autoconsumo con energía solar fotovoltaica. Lo mismo que las oficinas, que tienden a instalarse en los centros de las grandes ciudades y en bloques de bastante altura con poco espacio en cubierta para hacer autoconsumo con la energía solar fotovoltaica.

SECTOR RESIDENCIAL						
CONSUMOS ELÉCTRICOS Y NO ELÉCTRICOS DEL SECTOR RESIDENCIAL	Calefacción	Refrigeración	ACS	Cocina	Iluminación y electrodomésticos	TOTAL
Electricidad en % sobre total consumo eléctrico final nacional	2,2	0,7	2,2	2,8	22,0	30,0
Otros consumos no eléctricos en % equivalente sobre consumo eléctrico total nacional						
Calor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gas	8,0	0,0	7,4	1,9	0,0	17,4
Combustibles sólidos	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Productos petrolíferos	10,0	0,0	3,5	1,1	0,0	14,7
GLP	2,4	0,0	2,8	1,1	0,0	6,4
Gasóleo	7,6	0,0	0,7	0,0	0,0	8,3
Energías renovables	12,2	0,0	1,4	0,1	0,0	13,7
Solar térmica	0,1	0,0	1,1	0,0	0,0	1,2
Biomasa	12,1	0,0	0,3	0,1	0,0	12,5
Geotermia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
TOTAL	32,8	0,7	14,6	6,0	22,0	76,1

Tabla 3.3. Consumos residenciales de energía eléctrica y no eléctrica, pero puestos todos ellos en porcentajes equivalentes de energía eléctrica respecto del total del consumo eléctrico final nacional. Fuente: IDAE

Vemos aquí que el sector residencial consume el 30% del total de la energía eléctrica nacional final, pero curiosamente hay un gasto de energía no eléctrico, generalmente para usos térmicos, que supera incluso a esa cantidad en energía equivalente, especialmente en calefacción y agua caliente sanitaria, que se abastecen principalmente de gasóleos y gas. Cocinar con gas es otra práctica que se lleva cerca del 2% de la energía. En cuanto a los consumos residenciales de energías renovables, parece que no se ha progresado mucho en energía solar térmica a pesar de ser el país de Europa más indicado para ello. Por el contrario, se sigue utilizando la leña o los llamados “pellets” en una buena parte de la sociedad para calefacción.

Una vez analizada la estructura de la red eléctrica nacional en España, pasaremos a analizar la introducción en la red eléctrica de 24 millones de vehículos eléctricos.

4. LOS COCHES ELÉCTRICOS. CONSIDERACIONES VARIAS.

4.1. El parque automovilístico español de combustión interna actual y sus consumos actuales.

Se ha explicado antes que Red Eléctrica tiene responsabilidad sobre la red de transporte, no sobre la generación y la red de distribución de la red eléctrica nacional.

El parque automotor español consta de las siguientes flotas de vehículos:

Datos parque vehículos terrestres en España. Fuente: DGT 2016			
Camiones y furgonetas de gasolina	Camiones y furgonetas de gasoil/diésel	Camiones y furgonetas con otros combustibles	Total camiones y furgonetas
495.458	4.378.199	5.823	4.878.480
Autobuses de gasolina	Autobuses de diésel	Autobuses otros combustibles	Autobuses total
241	59.944	1.653	61.838
Motos gasolina	Motos gasoil/diésel	Motos otros combustibles	Motos total
3.201.831	2.644	6.999	3.211.474
Coches gasolina	Coches diésel	Coches otros combustibles	Coches total
9.820.553	13.038.663	17.614	22.876.830

Tabla 4.1. Parque automovilístico español. Fuente Dirección General de Tráfico. Año 2016. ²¹

De todo este parque, analizaremos, porque es lo único que se debate estos días y en este, la implicación energética y de viabilidad de pasar los 22,8, que a todos los efectos y para redondear, consideraremos 24 millones de coches privados con motores de combustión interna o térmicos a vehículos eléctricos. Las motos serían la parte más sencilla y viable de electrificar, siguiendo los pasos, por ejemplo, de China y se da por supuesto que pueden cargarse en la red sin costes energéticos de relevancia.

En cuanto a camiones, furgonetas (que incluyen de varios tipos, capacidades y potencias) y autobuses, no se está pensando en ninguna solución de electrificación, admitiendo incluso por parte de los más optimistas, que “todavía no es el momento”

Ahora analizaremos el consumo energético de combustibles fósiles actual respecto de los vehículos de combustión interna a estudiar. Y procederemos al desglose de los que están en los planes del Ministerio de Transición Ecológica para conseguir la supuesta “descarbonización” de nuestro sistema energético para 2050. Estos planes, han empezado (y ya veremos si

²¹ <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/tablas-estadisticas/>

continúan) por los coches privados para que sean todos eléctricos hacia 2050 y hay idea incluso de adelantar este proyecto a 2040, al menos en cuanto a congelar absolutamente la fabricación de los coches no eléctricos. El consumo de energía del parque actual es el siguiente:

	Cantidad en ktons	Estructura Consumo del crudo en%
Año 2016. España		
Consumo de gasolinas		
95 I.O.	4.376	7,6
98 I.O.	376	0,7
Otras gasolinas	4	0,0
GLP	2.509	4,4
Total	7.265	12,7
Consumo de gasóleos		
Gasóleo A		
Gasóleo turismos	6.509	11,3
Gasóleo camiones	10.762	18,7
Gasóleo furgonetas	4.603	8,0
Gasóleo autobuses	499	0,9
Gasóleo B (agrícola, pesquero, etc.)	3.911	6,8
Gasóleo C (calefacción o calor)	1.855	3,2
Biodiesel	5	0,0
Biodiesel mezcla	13	0,0
Otros gasóleos	2.025	3,5
Total	30.182	52,6
Consumo de kerosenos		
Aviación	5.893	10,3
Otros gasóleos		
Total	5.894	10,7
Consumo de fuelóleo y otros productos		
Fuelóleo BIA	2.221	3,9
Otros	6.399	11,1
Total fuelóleos	8.620	15,0
Lubricantes	396	0,7
Asfaltos	734	1,3
Coque (altos hornos, etc.)	2.189	3,8
Otros	2.119	3,7
Total otros productos	5.438	9,5
Gran Total	57.399	

Tabla 4.2. Consumo de derivados del petróleo en España en 2016. Datos en miles de toneladas de petróleo equivalente y en porcentaje sobre el total de combustibles líquidos. Fuente: Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos (CORES). <https://www.cores.es/es/estadisticas>

En la tabla 4.2., podemos observar que el movimiento que aparentemente resulta revolucionario y rompedor para “descarbonizar” España en poco más de dos décadas, afecta apenas a los rubros señalados en rojo en dicha tabla. Es decir a un 24% de todos los productos petrolíferos que consume nuestro país.

Queda por tanto, una gran incógnita sobre cómo se va a proceder a “descarbonizar el 76% restante de productos petrolíferos (los más contaminantes) y como se va a eliminar el consumo de carbón y de gas natural.

Pero volvamos, incluso así, a analizar la introducción en nuestra red eléctrica de 24 millones de vehículos privados eléctricos.

Lo que nos movemos en coche en un año en km. El parque de vehículos para uso personal recorre actualmente un promedio de 12.563 Km al año, según la última encuesta del INE²². O unos 35 Km. diarios en promedio, cada uno de los 365 días del año.

Esto daría un total de unos 287.401.615.290 Km recorridos cada año, solo por estos vehículos privados o turismos.

Aunque la capacidad de carga, la relación carga/tara y la autonomía siguen siendo muy diferentes entre el coche eléctrico y el de combustión interna, incluyendo que los térmicos tienen claramente mayor autonomía, el Tesla, supondremos que se mantiene casi una supuesta paridad de autonomía y pasemos a calcular el consumo de estos coches para realizar ese kilometraje anual.

5.1.1 ¿Cuánto ahorraríamos en importación de productos petrolíferos con la electrificación del parque de vehículos privados?

La tabla 4.3. más abajo, señala que se consumieron 4,76 millones de toneladas de gasolinas, que tienen una densidad aproximada de 0,68 kilos por litro. Esto haría un total de 7.000 millones de litros de gasolinas.

También indica que se consumieron 2,5 millones de toneladas de Gases Licuados del Petróleo (GLP) cuyas densidades oscilan entre los 0,5 y 0,58 kilos por litro. Esto haría un total de unos 4.500 millones de litros más de combustible derivado del petróleo .

Finalmente, de entre los derivados del petróleo que se pretende dejar de consumir para el 2050, están unos 6,5 millones de toneladas de diésel para turismos. Con una densidad de 0,83 kilos por litro, eso supone un total de unos 7.800 millones de litros de diésel.

Se puede calcular que lo que los ciudadanos pagaron por los combustibles líquidos derivados del petróleo que se van pretenden eliminar podría suponer un ahorro para los bolsillo de los españoles como sigue:

22 <http://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t25/p500/2008/p10/l0/&file=10020.px>

Ahorros en caso de electrificación 100%	Mton (2016)	k/l	Millones de l.	Precio medio/l (2018 en €)	Total compras en millones de €
Gasolinas	4,76	0,68	7.000	1,25	8.750
GLP	2,5	0,55	4.545	0,67	3.045
Diesel	6,5	0,832	7.813	1,2	9.375
TOTAL					21.170

Tabla 4.3. Consumos de combustibles líquidos para vehículos privados en España y precios pagados por los mismos en 2018. Fuentes: CORES para productos derivados del petróleo y Ministerio de Industria, Turismo y Comercio para precios medios de combustibles en 2018. <http://w2.cetm.es/principal/carburantes/gasoleos/datos.asp>

En realidad, lo que se ahorraría en España, en todo caso, serían las importaciones del porcentaje petróleo que corresponde a esos derivados que luego salen de las refinerías (hay también importaciones y exportaciones de productos refinados, pero despreciaremos estos flujos negativos y positivos, a efectos prácticos).

Y eso sería aproximadamente la cuarta parte de todos los productos petrolíferos importados. España importó en 2017 petróleo crudo por valor de unos 25.611 millones de euros a un coste medio de 48 US\$ por barril²³. Si los productos refinados mencionados en la tabla anterior representan aproximadamente el 24% de todo el petróleo crudo importado, en realidad, las gasolinas y diésel que se pretende evitar quemar con la transformación del parque actual de vehículos privados o de turismo a vehículos eléctricos, representaría unos 5.000 millones de euros en importaciones de crudo.

El resto, serían actividades de valor añadido en España en refinerías y demás actividades conexas para la comercialización y puesta a punto de los derivados que salen de esa cantidad importada. De hecho, incluso se exporta más volumen de productos refinados que la que se importa, aparte de la importación del petróleo crudo para las refinerías nacionales.

De los 21.170 millones de euros que los españoles pagaron por las gasolinas y el diésel en los coches de turismo o de combustión, cabe destacar que una parte fundamental, el 52% para la gasolina y el 47% para el gasóleo A o diésel son impuestos²⁴, de los impuestos a los hidrocarburos y el IVA.

²³ <https://www.elindependiente.com/economia/2018/01/04/espana-ahorro-2-300-millones-caida-petroleo-2017/>

²⁴ <https://intereconomia.com/empresas/energia/por-que-en-espana-se-paga-el-doble-por-la-gasolina-que-en-estados-unidos-20180814-1313/>

Es decir, en grandes números, el Estado dejaría de importar productos petrolíferos por un valor aproximado de 5.000 millones de euros al electrificarse el parque de turismos al 100%, pero también dejaría de percibir unos 10.000 millones de euros en impuestos por vía de la fiscalidad a los combustibles vendidos para dichos vehículos en España.

Este doble efecto contrario (dejar de importar 5.000 millones y dejar de percibir 10.000 millones en impuestos) habría que analizarlo muy en detalle para ver qué le sucede a los ingresos del Estado por vía impositiva de la electricidad adicional que iban a consumir los coches eléctricos.

IMPORTANTE: Aquí conviene hacer una precisión sobre la situación en la que irían quedando las actuales gasolineras a medida que se fuesen introduciendo los coches eléctricos en el mercado.

Hemos visto en la tabla 4.2. más arriba, que los autobuses, los camiones, las furgonetas y los tractores y maquinaria agrícola siguen sin planes de “descarbonización” por las potencias que requieren y la falta de baterías adecuadas para realizar las tareas actualmente encomendadas. Por tanto, las gasolineras, al menos una parte importante y estratégicamente distribuida de ellas, deberían seguir en pie hasta que supuestamente hubiese usos eléctricos para los autobuses, camiones y furgonetas y la maquinaria que emplea ahora gasóleo B y que se abastece también de estos puntos. Muchas de ellas ya claman porque sus negocios están bastante al límite.

Quedarse sin los ingresos de varios millones de vehículos que consumen los combustibles más caros y con mayor nivel de impuestos, puede llevar al cierre a bastantes de ellas y dejar al país como ahora están algunos países en desarrollo, donde pasarse una gasolinera, puede significar quedarse sin combustible antes de alcanzar la siguiente.

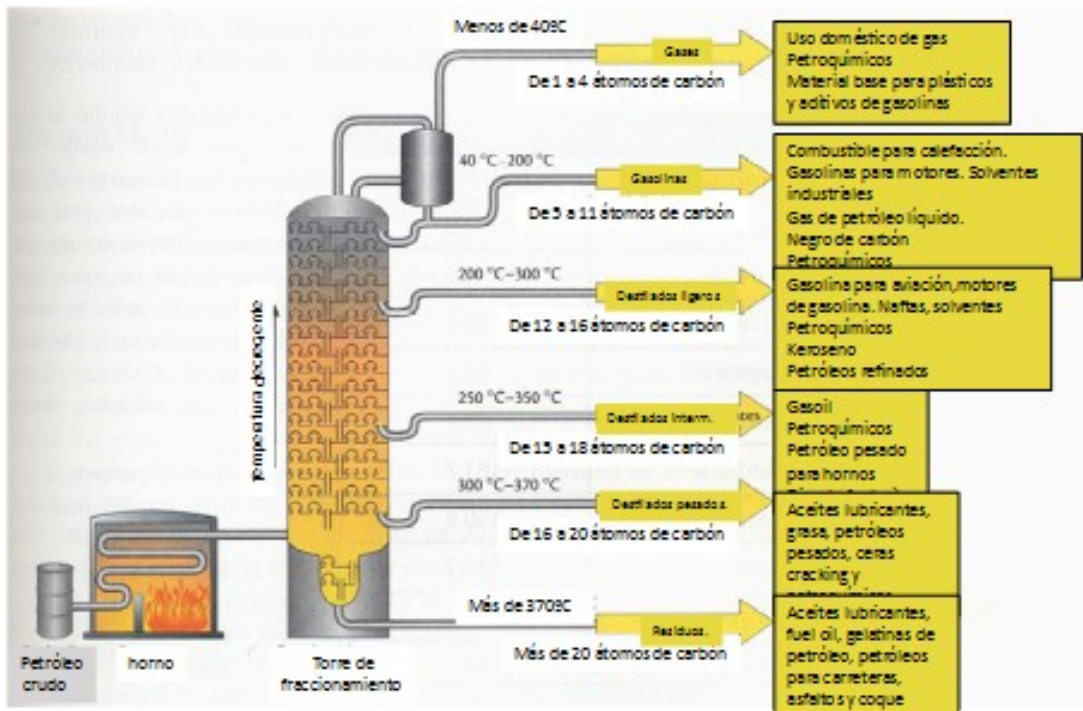


Figura 4.1. Productos derivados del petróleo que se obtienen en una refinería. Fuente:Shiafam Bitumen Products

Ello, por no hablar de las refinerías, que sufrirían un enorme problema no de descenso de la producción, sino de un desequilibrio sustancial de los productos refinados que ahora obtienen por el clásico fraccionamiento en las torres de las refinerías. Cada barril que entra en una refinería, produce NECESARIAMENTE derivados de todo tipo y aunque existe la posibilidad de regular un cierto porcentaje de los mismos, al final terminan saliendo de todos los tipos.

En realidad, la cosa es más complicada que todo esto, porque dependiendo de los tipos de petróleo que entran en cada refinería se producen diferentes mezclas (proceso llamado "blending") que dan lugar a diferentes porcentajes de los derivados ya consumibles del petróleo, como se muestran en la figura 6 de más abajo.

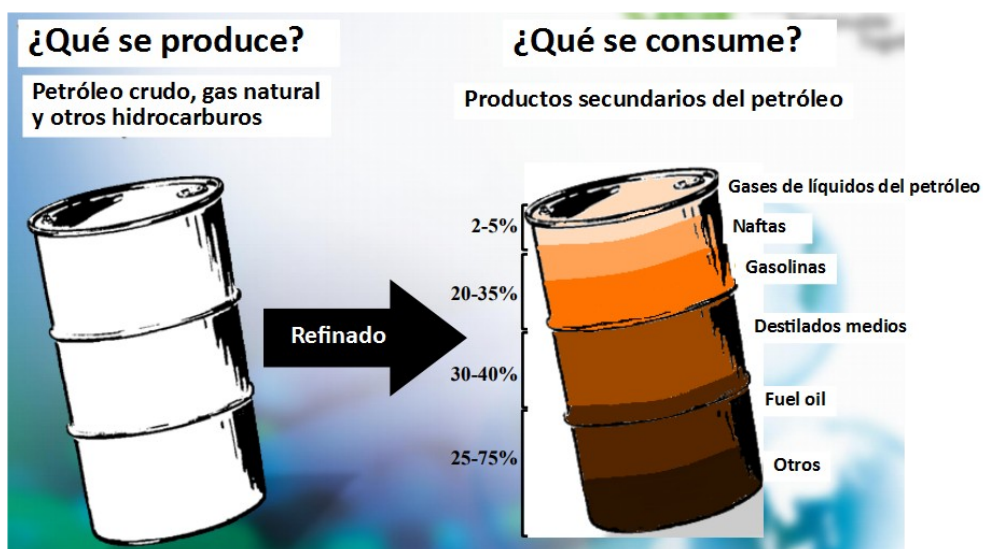


Figura 4.2. Rangos de productos derivados del petróleo resultantes a la salida de una refinería de un barril de petróleo que entra en la misma en porcentajes. Fuente: https://www.iea.org/media/training/Refinery_Balance_Presentation.pdf

Si volvemos a la tabla 4.2. más arriba y vemos los productos ya refinados de los combustibles líquidos que se consumen en España y que salen de nuestras refinerías, más los que se importan refinados y menos los que se exportan, cualquier gobierno juicioso que quiera “descarbonizar” el país, debería abordar de forma conjunta que pasará con los destilados más pesados que todavía seguirá necesitando (keroseno para aviación, diésel y fuelóleos para maquinaria pesada fuelóleos más pesados para la flota marítima o el coque que ahora utilizan para metalurgia o cementeras o los asfaltos para remendar los millones de kilómetros de carreteras asfaltadas cuando ya no se produzcan los combustibles más ligeros que se han colocado en la lista de los productos a desaparecer, como las gasolinas 95 y 98 y el diésel para los vehículos privados.

O mejor, dicho de otra forma: ¿qué harían las refinerías españolas con los productos refinados más ligeros (gasolinas y diésel para vehículos privados) que son ahora el 24% de todos los líquidos combustibles que se consumen en España **de todas formas seguirían saliendo de sus refinerías**, cuando ya estén prohibidos en España, si tienen que seguir produciendo los demás productos refinados para mantener la economía (camiones, autobuses, furgonetas, maquinaria pesada, ejércitos, flotas pequeñas, aviación, maquinaria agrícola), como se describe en detalle en las figuras 4.1 y 4.2 más arriba? ¿Se dedicarían a exportarlo a terceros países que no tuviesen las estrictas regulaciones de “descarbonización” que seguimos teniendo nosotros en España? Porque esto último sería una estafa ambiental muy cínica, ya que el problema del medio ambiente y la contaminación es universal, no nacional.

5.1.2. ¿Quién subsidia a quien? El mito de los subsidios a las energías fósiles, especialmente a los derivados del petróleo.

Hemos visto en el punto anterior, que en realidad, los altos impuestos a los derivados del petróleo, en realidad lo que reflejan es que permiten al Estado ingresar cantidades considerables para sus presupuestos de estos usos. Y no solo por los productos refinados del petróleo, sino también por los del gas natural, del que se detrae por impuestos aproximadamente el 25% de su precio minorista, entre IVA y el impuesto a los hidrocarburos²⁵ y del carbón.

25 <https://docplayer.es/19243180-Ventajas-del-gas-natural-vehicular-aplicaciones-urbanas-y-de-largo-recorrido.html>

¿Qué significa que el Estado pueda imponer tasas tan elevadas a los productos energéticos fósiles? Pues tiene una doble explicación.

Por una lado, que estos combustibles imprescindibles para la actividad económica, pueden soportar ese nivel de precios con altos impuestos incluidos, ya que los ciudadanos los están pagando, por el momento sin grave merma o colapso de dicha actividad económica.

Pero por otro lado, implican que esa importante exacción está permitiendo al Estado dotarse de recursos para “subvencionar” otras actividades sociales, que quizá no puedan permitirse ese nivel de imposición, pero que se consideran igualmente necesarias o convenientes (Subvención según el DRAE: Ayuda económica que se da a una persona o institución para que realice una actividad considerada de interés general). Es decir, que más bien, son los recursos energéticos, especialmente los más tasados, los derivados del petróleo, los que están subvencionando otras actividades y no tanto al revés, como se suele difundir, especialmente desde las áreas favorables a las energías renovables.

Porque si el subsidio se trata de una ayuda para realizar una actividad de interés general, en términos energéticos sólo puede ofrecer ayuda quien tiene energía sobrante o excedentaria para auto-satisfacer sus necesidades estructurales (exploración, perforación, extracción, refinado, distribución, etc.) y **además**, le queda energía para ofrecer a otros.

En una sociedad como la mundial, en la que el 80% de la energía que mueve toda la actividad económica mundial, es de origen fósil y en gran parte el 20% de la energía restante se puede generar porque la energía fósil y la maquinaria que mueve hacen posible, por ejemplo, la energía nuclear o las llamadas energías renovables, y además hacen moverse al resto de la actividad económica que existe, parece un chiste decir que la energía fósil “está recibiendo subsidios”. ¿De quien, que no esté utilizando la energía fósil? ¿De la actividad económica que genera la energía nuclear o la hidroeléctricidad o la energía de las modernas renovables?

En realidad, la explicación de “subsidio” de las energías fósiles la ofrece la Agencia Internacional de la Energía (AIE) al generalizar, en los últimos años, el concepto de subsidios al petróleo y demás fósiles, dando implícitamente a entender que la sociedad mundial está “ayudando” o “colaborando” económicamente a que estos combustibles se extraigan se transporten y se consuman.

Algo que se puede disfrazar desde el punto de vista de una visión económica parcial e interesada, pero no desde un punto de vista físico.

Lo que en realidad define la AIE como “subsidios” son los combustibles que venden algunos países (en general los grandes productores/exportadores), ofreciendo precios más bajos que los que la AIE considera “de mercado”. Todo lo que se ofrece en esos países por debajo del precio que la AIE considera “de mercado”, se considera “subsidio”.

Como intento para que los productores/exportadores de combustibles fósiles eleven sus precios internos para reducir su demanda y así liberar más cantidad al resto del mercado mundial que importa de ellos, no está mal, ya que la AIE es un organismo fundamentalmente de los grandes países consumidores de la OCDE que son en general grandes importadores a los que esas eliminaciones de precios bajos en los productores/exportadores de petróleo les benefician, pues les dejarían más petróleo para su consumo, pero ni energética ni termodinámicamente se puede entender que las energías fósiles estén subvencionadas por la sociedad que vive precisamente de ellas y que con ellas y por ellas genera los excedentes para toda la actividad económica mundial.

De la cantidad de subsidios que la industria del automóvil eléctrico está exigiendo y obteniendo, hay mucha documentación al respecto.

Un estudio muy completo de la Real Academia de Ingeniería de España analiza las ayudas a la compra de estos vehículos que varían desde los 500 euros por vehículo en Alemania o España, hasta los más de 15.000 euros en Noruega²⁶.

Pero hay más. Un estudio llevado a cabo por economistas (de la economía convencional) de la Universidad de Davis, estiman que el objetivo de California de alcanzar 1,5 millones de vehículos eléctricos en sus carreteras para 2025 va a requerir subsidios de “al menos” entre 9 y 14.000 millones de dólares, que es unas 4 o 5 veces superior a otras estimaciones previas.²⁷

Cuando se analiza aquí la accesibilidad económica del ciudadano al coche eléctrico, resulta que la franja de mayor poder adquisitivo es la que los va a comprar, pero los subsidios que salen de los presupuestos generales del Estado, que se recolectan mediante impuestos, salen también del bolsillo de los menos pudientes, que quizá jamás puedan tener un coche eléctrico.

4.2. Los coches eléctricos en el mercado. Un muestreo sencillo.

26 Observatorio “Energía e Innovación” Endesa. Propuestas para el fomento de la movilidad eléctrica: Barreras identificadas y medidas que se deberían adoptar. Real Academia de Ingeniería de España. Ángel Arcos Vargas et al. 2018.

27 https://www.df.cl/noticias/site/artic/20190111/asocfile/20190111162327/paper_autos_el__ctricos.pdf

Los coches eléctricos suelen consumir entre 15 kWh (caso del ligero Renault Zoe) y 28 kWh (caso del Tesla X) por cada 100 Km., como se detalla en la siguiente tabla:

Modelos eléctricos	Batería kWh	Potencia (CV)	Autonomía Km	Precio €	Peso Kg	kWh/100km.
Nissan Leaf 2010	24	109	160 (120)			20
Nissan Leaf	40	150	285 (260)	33.750	1.474	15
Renault Zoe 2013	22	88	210-(100-150)			14,6-22
Renault Zoe	41	88	300 (280-300)	25.330	1.555	13,6-14,6
Volkswagen e-Golf 2014	24,2	116	190 (133-155)			15,6-18,2
Volkswagen e-Golf	35,8	136	231 (210-250)	38.020	1.615	14,3-17
BMW i3 2013	22	170	190 (133-160)			13,8-16,5
BMW i3	42,2	170	310 (285)	39.500	1.440	15
Tesla X 75D AWD	75	259	380	87.719	2.352	20
Tesla X 100D AWD	100	503	465	101.833	3.020	22

Tabla 4.4. Tipos de vehículos eléctricos más habituales en el mercado español. Fuentes: <https://motor.elpais.com/electricos/evolucion-coches-electricos/> y para los Tesla <https://www.topgear.com/car-reviews/tesla/model-x/100kwh-dual-motor-5dr-auto/spec>

Pongamos que esa equivalencia de capacidad de carga y autonomía con los actuales coches de combustión interna nos llevan a un promedio de unos 15 kWh/100 Km en la actualidad, para los coches de gama media-baja de autonomía, que tienen una funcionalidad casi exclusivamente urbana y no solucionan a los ciudadanos la movilidad en carretera sin grandes y graves inconvenientes.

Suponiendo que sigue aumentando algo la capacidad de almacenamiento de baterías y por tanto empeorando su relación carga/tara (ver el caso de Tesla), si queremos acercarnos a la paridad en la autonomía con los vehículos térmicos, para no falsear el resultado, estaríamos hablando de consumos realistas más cercanos a los 20-25 kWh por cada 100 Km. de recorrido para emular con cierta paridad las funciones de autonomía de los de combustión interna.

Esto supone un consumo que resulta de multiplicar los 287.401.615.290 Km que se recorren anualmente en España por un consumo medio de entre 15 y 25 kWh/100 Km., es decir, entre 43.110 y 71.850 Gwh al año para mover estos 22.876.830 vehículos por España. Esto significa que la alimentación eléctrica de 24 millones de vehículos supone un consumo adicional de aproximadamente entre el 15 y el 25% sobre la demanda total actual.

Bien es cierto que, considerando sólo 15 kWh/100 km de consumo el cálculo sería aplicable a coches que no se comparan en funcionalidades con los actuales de combustión interna. Esto es lo que permite a REE aducir que tienen todavía capacidad para abastecer esta actividad.

No obstante lo anterior, aquí se considerará en adelante un consumo de 25 kWh/100 km, para intentar aproximar en condiciones de igualdad y en funciones a los coches térmicos actuales. Los datos de los kWh/100 km. de la tabla 5.4. más arriba están indicados por fabricantes y analistas proclives al vehículo eléctrico y se hacen generalmente circulando en terreno plano y bien asfaltado, con los neumáticos con presión adecuada, con un solo conductor y no con varios pasajeros y con cierta carga, sin utilizar luces, ni aire acondicionado ni calefacción, con batería nueva, con temperaturas del orden de 20-25°C y a bajas velocidades, algo que se verifica bien en zonas urbanas pero mal en carreteras. Por tanto, las consideraciones en adelante se mantendrán en los 25 kWh/100 km. como bastante razonables y realistas.

Todo ello, despreciando que la menor autonomía puede hacer aumentar los trayectos hacia puntos de recarga respecto de los repostajes actuales y que a igualdad de carga y relación carga/tara, los trayectos serían todavía más cortos.

En esta necesidad de energía eléctrica inyectada en las baterías de 24 millones de vehículos eléctricos para poder hacerlos funcionar, no están incluidas las considerables perdidas por autodescarga de las baterías cuando no están en uso.

Battery University estima que la tasa de autodescarga (lo que se pierde con el coche parado) de las baterías de ión-litio, es de aproximadamente un 5% en las primeras 24 horas y luego entre un 1 y un 2% por mes, la que hay que sumar un 3% por la seguridad de los circuitos.; esto es, la energía que se consume para asegurar condiciones internas de seguridad.

Esta entidad también señala que las baterías se descargan mucho más en vacío, cuando tienen más edad y más ciclos de carga y descarga. Y que la tasa o velocidad de autodescarga aumenta también considerablemente con la temperatura y es mucho mayor cuando la batería está totalmente cargada, inmediatamente después del repostaje, para disponer de una autonomía que es, en todo caso, muy precaria.

Niveles de autodescarga de una batería de ión-litio en función de la autonomía			
Estado de carga	0°C	25°C	60°C
Carga completa	6%	20%	35%
40-60% de carga	2%	4%	15%

Tabla 4.5. Niveles de autodescarga en 24 horas de baterías de ión litio en función del nivel de carga de la batería y de la temperatura. Fuente: Battery University.

La temperatura media en España es de 15.1°C (promedio 1981-2010)²⁸ pero varía sustancialmente entre zonas geográficas y también según las estaciones del año y hay zonas del sur de España que alcanzan temperaturas en verano de entre 30 y 40°C a la sombra (al sol pueden alcanzar las superficies metálicas de los coches 50°C con facilidad).

Por último, según Ecologistas en Acción²⁹, el coche actual en España apenas se mueve unas 260 horas anuales; es decir, está parado el 97% del tiempo en promedio. Incluso aunque el vehículo se pudiese en funcionamiento todos los días cerca de una hora diaria, cosa que no pasa con todos ellos y muchos están a veces días enteros sin funcionar, no sería descabellado concluir que por pérdidas de autodescarga en nuestro país, las baterías pueden perder hasta un 10% de la carga original calculada arriba y en promedio, sobre la cifra calculada en el punto 4.2., de 71.850 GWh/año.

4.3. La relación carga/tara.

En el caso de un ser humano, considerado como el portador de una carga útil, la relación entre la carga útil que puede portar en un desplazamiento y su propio peso tiene una relación de aproximadamente 1 a 2, cuando un adulto de unos 80 kilos carga una mochila de unos 40 kilos.

Si utiliza un medio puramente mecánico como una carretilla o un carrito con ruedas, la relación entre carga útil y su propio peso (en este caso, tara), puede alcanzar una relación de 0,75 a 1. Obviamente, la capacidad de carga útil limitada a la capacidad metabólica humana.

Los animales de tiro pueden cargar un peso equivalente a aproximadamente 0,75 veces su propio peso, pero si se unen a un carro eficiente, pueden llegar a transportar 1,5 ó 2 veces su propio peso. También limitados a la capacidad de los animales de tiro en velocidad y en espacio recorrido antes de la fatiga total.

Una furgoneta muy popular, como la Citroën C-15, en versiones de gasolina o diésel, tenía un Peso Total Autorizado de Carga (PTAC) de unos 1.500 kilos y su capacidad de carga útil era de 570 kilos, por lo que su relación carga/tara era de 0,61 a 1. Obviamente si no va cargado, todo el tiempo de tránsito en que viaje sin carga hace que la relación empeore proporcionalmente.

Un camión convencional minero de diésel como el Caterpillar 775 F tiene una tara de 45,1 toneladas y una carga útil de 64 toneladas, por lo que si transporta la carga útil completa tiene un ratio de carga/tara de 1,4 a 1. Es una de las razones por las que se procura que los camiones estén la mayor parte del tiempo transportando productos.

28 https://es.wikipedia.org/wiki/Clima_de_Espa%C3%B1a

29 https://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/anexo_cuentas-ecologicas.pdf

El coche con motor de combustión interna tiene una tara o peso que puede variar entre los 1.300 y 1.500 kilos. Aunque teóricamente puede llevar cinco pasajeros y carga útil en el maletero, hemos visto que el promedio de utilización en España es de 1,6 pasajeros por vehículo. Que pueden ser cerca de 100 kilos de carga útil (en este caso la persona que se transporta en él, se considera carga útil) Si sumamos una pequeña carga útil en promedio su relación carga/tara es muy pobre, del orden de 1 a 10.

Pero si vamos al coche eléctrico, a la tara habitual del coche de combustión interna hay que restarle algo por las nuevas carrocerías y el motor, quizá algo más ligero que el térmico, pero hay que añadirle una batería, que según los modelos puede oscilar entre los 300 y los 500 kilos. Al coche eléctrico se le va a suponer una capacidad media de transporte de 1,6 personas por trayecto, igual que en el coche de combustión interna, pues no se está hablando de cambiar tanto el modelo de transporte individual como de cambiar el sistema de tracción. La relación carga útil y tara queda en este caso por los suelos con un cociente o ratio aproximado de 0,7 a 10. Es decir, que para transportar 0,7 kilos útiles, se necesitan 10 kilos de vehículo o tara.

Esta proporción empeora de forma drástica a medida que se intenta aumentar la autonomía, que obliga a un aumento más que proporcional del peso de la batería respecto de la ganancia en autonomía, a igualdad de tecnología (baterías de ión-litio) y salvo que haya algún desarrollo disruptivo (p.e. baterías de grafeno) que en este análisis no vamos a considerar, por demasiado especulativo y poco sustentado en realidades.

La proporción en la relación carga útil y tara empeora también cuando se trata de intentar transportar de forma eléctrica y con baterías más peso, no sólo cuando se trata de obtener más autonomía. La razón por la que hasta ahora no hay ningún intento serio de electrificación del transporte pesado terrestre o de maquinaria pesada de minería o de obra civil, es precisamente porque el deterioro de este ratio lleva a situaciones absurdas en las que se está transportando cada vez más tara.

4.4. El problema de las autonomías del vehículo eléctrico y la vida realmente útil de sus baterías.

La mayoría de las autonomías teóricas actuales de coches eléctricos se dan sin apenas carga y sin aire acondicionado ni calefacción.

Las autonomías reales, incluso las que se detallan como más probables frente a las teóricas que ofrecen los fabricantes según normativas NEDC o WLTP, son todavía menores y llegan, salvo los vehículos de gran lujo a autonomías que rondan por debajo de los 300 Km.

Hay dos causas que deterioran aún más esa capacidad. Una es el número de cargas y recargas a que se someten y la otra, el tipo de carga, que cuánto más rápida es (más energía inyecta en la batería en menos tiempo) produce sobrecalentamientos, a veces imposibles, que reducen todavía más esa vida útil y capacidad de carga.

Por ejemplo, veamos el comportamiento de la batería de ión-litio que incorpora el producto estrella de los coches eléctricos, el Tesla S, con su batería de 85 kWh y que contiene 7.104 baterías pequeñas de Panasonic, del modelo NCR18650B, agrupadas en unos 16 módulos, que alcanzan un peso total de batería de 325 kg. Cada una de esas baterías unitarias se ensamblan haciendo series y paralelos hasta formar en un chasis la batería del coche. El precio de la batería oscila sobre los 45.000 US\$. En varias fuentes, se estima que la batería de un coche eléctrico supone aproximadamente la mitad del precio del mismo

Existe un [club germano-belga de devotos usuarios de vehículos Tesla](#) que van aportando en una web los comportamientos de unos 286 Tesla S y ofrecen sus datos en unos [archivos públicos de Google](#), en cuanto a caída de la capacidad con el número de cargas y recargas y muestran una caída muy pequeña de capacidad de carga de la batería, en función de las millas recorridas

Autonomía residual de la batería del Tesla S/X respecto del kilometraje

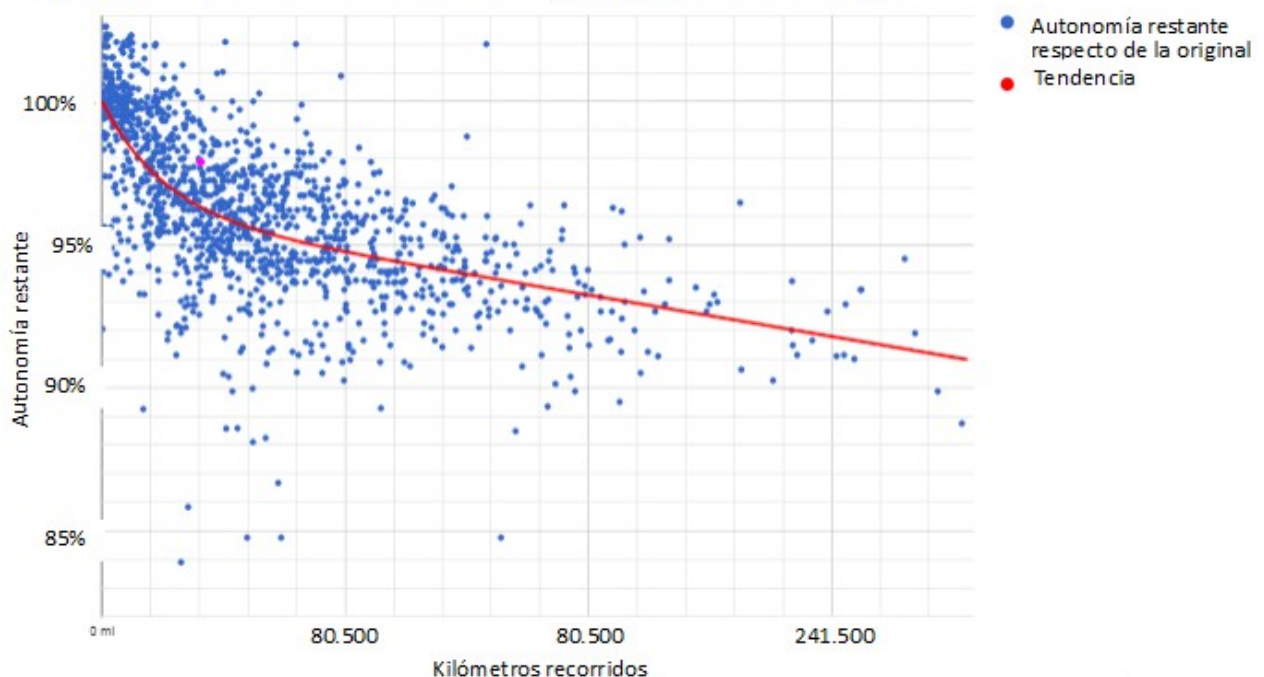


Figura 4.3. Caída de la capacidad de carga de la batería del Tesla S según los usuarios del club germano belga de Tesla. Fuente: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/t024bMoRiDPIDialGnuKPsq/edit#gid=154312675> (etiqueta Charts)

Sin embargo, cuando se miran las especificaciones de la batería unitaria de Panasonic³⁰, que con 7.104 de esas baterías hace el chasis de la batería grande del Tesla S, nos encontramos con que en apenas 500 ciclos de carga y descarga de esta batería, su capacidad disminuye considerablemente, de unos 3.250 mAh a apenas 2.300 mAh, lo que supone una pérdida cercana a un 30% de su capacidad, como vemos en la figura 4.4.

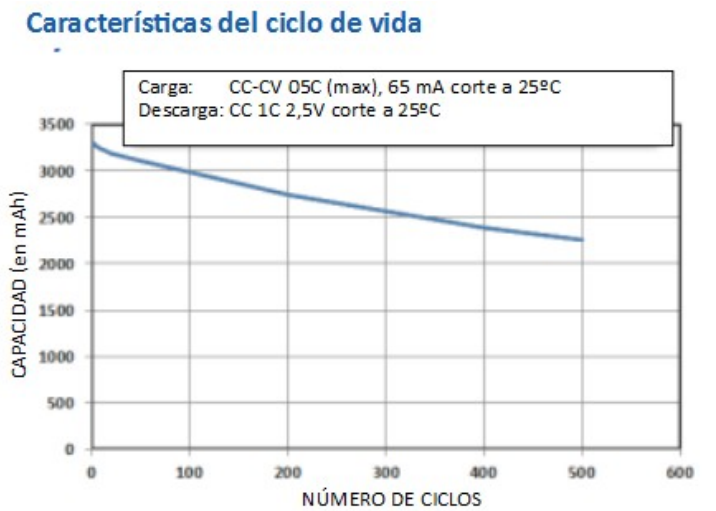


Figura 4.4. Gráfico del deterioro de la capacidad de carga de la batería Panasonic NCR 18650B, en función del número de ciclos en condiciones de temperatura controladas.

Es obvio que si la batería unitaria tiene este rendimiento, cuando se apilan en series y paralelos 7.104 baterías de este tipo el comportamiento de la batería resultante, a las que además, hay que refrigerar para que mantengan la temperatura siempre por debajo de los 35°C para conseguir la temperatura media de 25°C de la especificación, el resultado físico es que el conjunto de las baterías siempre opera peor que una batería individual.

Para explicar esta gran diferencia entre degradaciones de la capacidad, entre las que ofrece el propio fabricante y las que ofrece el club germano-belga de aficionados al Tesla, quizá se pueda recurrir, aunque sólo en parte, a las profundidades de la carga y descarga de las baterías.

Por ejemplo, en este [estudio](#) se afirma que las baterías de Panasonic pueden durar lo siguiente, en función de las condiciones de uso de las mismas hasta alcanzar una degradación del 20% o superior:

30 <https://www.math.ubc.ca/~wetton/papers/NCR18650B.pdf>

Ciclos de duración batería Panasonic 18650B	Carga en%	Descarga en%	Autonomía real en Km. bajo ese modo de funcionamiento
7.500	6	94	357,2
15.000	8	92	349,6
28.000	10	90	342
35.000	20	80	304
40.000	30	70	266

Tabla 4.6. Modelos de duración de ciclos de carga/descarga ampliados para perder la menor capacidad posible en las baterías durante su uso en el tiempo.

En el fondo, lo que seguramente es la realidad del coche eléctrico es que la degradación de la capacidad de almacenamiento de energía estará más bien en un punto intermedio, que ofrezca una duración de la batería de unos 5-10 años de utilización normal (ciclos verano e invierno, con temperaturas muy altas y muy por encima de especificación en verano y ciclos de carga/descarga no tan regulares como los que realizan aficionados de Tesla, que seguramente viven más para el coche que para satisfacer con ellos sus propias necesidades de movilidad. Se podría decir que es una manera de hacer de la autonomía teórica de la especificación una entelequia de facto.

Si calculamos la distancia media que recorre un vehículo privado en España de 12.563 Km al año, eso serían unos 100.000 Km de duración de la batería en un caso optimista de uso bastante regular. Eso supone unos 4.000 ciclos de carga y descarga antes de que la batería pierda más capacidad de carga de lo que hace mínimamente útil al vehículo y haya que pensar en cambiarlo o en cambiar la batería, que supone la mitad del precio del coche. Esto ofrece una duración razonable de vida del vehículo eléctrico de unos 8 años.

De hecho, Tesla garantiza unos 4 años o unas 50.000 millas (unos 80.500 Km), lo que antes ocurriese, aunque da 8 años de garantía a la batería, pero todavía es prematuro vaticinar el comportamiento de los Tesla a largo plazo. El propio Musk admitió que aumentar esa garantía le supondría costes que no quería asumir.

Pero curiosamente, el parque automovilístico español ya tiene una vida media de más de 12 años³¹

Es decir, ya sabemos que los coches de motor de combustión interna tienen una duración estimada al menos un 50% superior al de los coches eléctricos más modernos. De hecho más de 7 millones tienen más de 10 años y más de 4 millones tienen más de 20 años.

31 <https://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/8885351/01/18/La-edad-media-del-parque-automovilistico-espanol-ya-supera-los-12-anos.html>

El parque automovilístico español tuvo 1.234.931 matriculaciones de nuevos vehículos en 2017³², prácticamente todos de combustión interna. Y solo se achatarraron 56 coches por cada 100 nuevos vehículos matriculados³³. Esto arroja una cifra de 543.370 coches más (cantidad neta) que los fabricantes y compradores pusieron en las calles y carreteras cada año en España, una vez descontados los vehículos retirados de circulación.

Esta cifra, debe hacernos pensar seria y profundamente en el modelo actual. A pesar de que la industria del automóvil se sigue quejando de que no se venden suficientes vehículos, el crecimiento neto del parque de vehículos en 2017 fue de aproximadamente un 2,4% más que el año anterior. De seguir así, en el año 2030 habría unos 31.750.000 vehículos y en 2050, a ese ritmo que la industria exige, debería haber unos 56 millones de vehículos.

Es obvio que lo primero que hay que preguntar a los que han planificado que habrá 24 millones de vehículos eléctricos para 2050, de dónde han sacado esos cálculos y cual es su expectativa de producción fabril en las fábricas españolas, para mantener el parque congelado.

Si se planifica una reducción lineal, de vehículos térmicos hay que retirar aproximadamente un millón de vehículos anuales de combustión interna para lograr el objetivo.

Aproximadamente el doble que los que se achatarraron en 2017. Pero **si la reducción fuese progresiva y porcentual**, para conseguir la eliminación total del parque se debería comenzar con un descenso del 13% anual del parque respecto del año anterior, algo que implicaría los primeros años reducciones de cerca de 3 millones de vehículos de combustión interna anualmente.

Para ello, la lógica ambiental dictaría que primero deberían ser los más antiguos y más contaminantes, pero esa lógica es totalmente opuesta a la situación socio-económica de los actuales propietarios, ya que los que poseen los coches más viejos y los que siguen comprando de segunda mano (más de 130.000 compraventas en 2017 fueron de vehículos de segunda mano con más de 20 años), son los que menor poder adquisitivo tienen para adquirir nuevos coches eléctricos que costando aproximadamente el doble tienen una vida útil real de menos de la mitad que los actuales.

Sería demasiado inocente, poco sensato y socialmente muy injusto, ofrecer ayudas para la adquisición de estos vehículos, por el vehículo nuevo en si, pues al final, son los ciudadanos de

32 https://www.abc.es/economia/abci-matriculaciones-turismos-crecieron-espana-77--por-ciento-2017-201801021254_noticia.html

33 <https://www.eleconomista.es/ecomotor/motor/noticias/8885351/01/18/La-edad-media-del-parque-automovilistico-espanol-ya-supera-los-12-anos.html>

mayor poder adquisitivo los que se benefician de ellos y los menos favorecidos, seguirían con los coches de combustión interna, más viejos y más contaminantes, por no poder acceder a los nuevos vehículos, incluso con las supuestas ayudas, como ahora está pasando, con los pocos vehículos eléctricos que se venden.

Los límites físicos y termodinámicos al progreso infinito. Con frecuencia, se hace alusión a que, si bien ahora las baterías no alcanzan los niveles de densidad energética adecuada, en el futuro lo harán, dejando el futuro fiado al avance imparable de la investigación y el progreso tecnológico.

Pero hay cosas que chocan con los límites de la física y de la termodinámica, que al decir del propio Einstein eran las leyes más incontestables de la Naturaleza. Y en muchos casos, estamos ya cerca de esos límites físicos.

Por ejemplo, será físicamente imposible que los aerogeneradores alcancen rendimientos superiores para convertir más del 59,26% en la energía mecánica de la energía cinética del viento que incide sobre ella. Este dato es conocido como el límite de Betz

Las células fotovoltaicas están igualmente sometidas a la ley o límite Shockley–Queisser por el que la energía solar incidente, solo el 33,7% se podría convertir en electricidad .

Evidentemente, esto aplica a sistemas monocélulas. Cuando se colocan varias células superpuestas, se pueden alcanzar límites algo superiores. Ahora los laboratorios están en el entorno del 40% con células llamadas “multijunction”, y podrían llegar al 100% de captura pero con cuasi infinitas capas de células, lo que ni es posible, ni acometible ya que su complejidad y coste aumentan exponencialmente y aunque existen en laboratorios, apenas se utilizan en el mercado a nivel comercial, no se utilizan en la práctica a escala masiva.

Con el mundo de las baterías y sistemas de acumulación, también hay límites físicos y termodinámicos, como se muestran en la tabla inferior

Límites de las tecnologías de almacenaje de energía	En Mj	En kWh	Relación
1 kg de petróleo (1,16 litros)	50	12	600
1 Kg de carbón	20-35	5-9,7	250-485
1 Kg de gas natural	55	1,2	660
Batería de ácido-plomo como referencia	0,1/Kg	0,02/Kg	1
Límite termodinámico de una batería de ácido-plomo	0,7/kg	0,14/Kg	7
Batería de Ión- Litio	0,5/Kg	0,12/Kg	6
Límite termodinámico de una batería de ión-litio	2/kg	0,5/Kg	25
Límite termodinámico de una batería de ión-litio con ánodos de silicio	3/kg	0,7/Kg	35
Límite termodinámico de una batería de ión-litio con hidrógeno-escandio	5/kg	1,2/Kg	60
Condensador convencional	0,01/kg	0,0024/Kg	0,12
Condensador especial (supercondensador)	1/Kg	0,24/Kg	12
Límite de una batería de aire-Zinc	1,3/Kg	0,3/Kg	15
Límite teórico de una batería de óxido-zinc puro	5,3/Kg	1,3/Kg	65
Hidrógeno a 700 atmósferas	6/litro	1,4/litro	

Tabla 4.7. Límites físicos y termodinámicos de tecnologías de almacenamiento de energía.

Fuente: Kurt Znes House. <https://thebulletin.org/2009/01/the-limits-of-energy-storage-technology/>

Como se puede apreciar, a lo más que se puede aspirar con la tecnología de ión-litio más prometedora, que no se ha probado ni generalizado por su complejidad, todavía ofrece diez veces menos de intensidad energética por volumen que los derivados del petróleo.

Efectivamente, estamos relativamente cerca del máximo teórico y termodinámico del límite de las baterías de ión-litio, pues 60 litros de diésel ofrecen 900 Km de autonomía, mientras una batería de 300kilos ofrece apenas 250 km. de autonomía.

4.5. Una aproximación al consumo de los vehículos eléctricos.

El consumo o demanda de toda la electricidad en España, según el propio informe de 2017 de REE³⁴, fue de 268.808 Gwh. Ver tabla 2.1.

Por tanto, un parque de 24 millones de turismos electrificados requeriría el 26,7% de toda la demanda actual de energía eléctrica en España, o dicho de otra forma, exigiría, en principio, un aumento de la generación actual de más de la cuarta parte, algo que no es tan baladí, pero que seguro es lo que ha permitido al presidente de REE echar ese pulso reciente, diciendo que 24 millones de vehículos eléctricos no “fundirían los plomos” al sistema.

Esto es así, porque la potencia instalada en 2017, según el mismo informe, fue de 104.617 MW, lo que representa ciertamente una capacidad excedentaria de potencia instalada respecto de la demanda nacional de energía, teóricamente importante.

34 [Www.ree.es](http://www.ree.es)

En principio, la potencia instalada en España, en promedio y según la tabla 2.1, trabaja apenas un 28,70% del tiempo total del año. Eso quiere decir que algunos sistemas de generación podrían cubrir el aumento de la demanda, en concreto, las de gas de ciclo combinado, con sólo subir del 29% del tiempo de ocupación y funcionamiento de estas plantas (en promedio) a un 53% del tiempo. Y, con esto, el problema parecería resuelto.

Pero el asunto no es tan inmediato, porque nada menos que alrededor de un 39 % de la generación eléctrica se hace con sistemas renovables, que son intermitentes y que salvo la hidroeléctrica, que tiene sus posibilidades de crecimiento bastante agotadas y solo cubrió en 2017 el 7,7% y en 2018 el 13% de la demanda nacional, pueden pasar de 100 a cero en pocas horas, con porcentajes de utilización sobre el total del año muy bajos, si hay un mal año de lluvias. O de porcentajes poco superiores al 20% de ocupación de la eólica y las solares que, aún siendo porcentajes mucho más altos que los de Alemania, por ejemplo, en eólica y en solar, no pueden esperar aumentar mucho su capacidad de respuesta a la demanda de una economía acostumbrada a tomar energía exactamente cuando la necesita, para cubrir esta nueva demanda.

Es más, justo lo contrario. A veces hay que “exprimir” el uso de otras fuentes de generación no renovable para cubrir la falta de producción de las propias renovables, cuando no hay sol o no sopla el viento. Esa capacidad extra de las no renovables se llama de respaldo (a las renovables) y debe ser más alta cuanto mayor sea la penetración de las renovables, dado su carácter intermitente. Esto es, las renovables son la fuente de generación menos fiable a la hora de exigir energía para la recarga de los vehículos eléctricos, salvo que se desarrollen y sufragen los muy costosos sistemas de almacenamiento masivo de electricidad.

Como joya de la corona para cubrir esa supuesta demanda extra de la movilidad eléctrica de vehículos privados, se encuentran las plantas de gas de ciclo combinado. Si el total de los vehículos eléctricos consumiría un total de 71.850 Gwh al año, en teoría, bastaría con hacer pasar a las plantas de gas de ciclo combinado, del 12% de utilización anual a lo que se pensó en el momento de construirlas, para que estuviesen generando unas 5.500 horas al año, que significaría una ocupación del 62% del total de horas del año. Eso haría que pudiesen generar unos 100.000 Gwh más de lo que ahora generan y aunque quemarían mucho más gas que generalmente se importa de Argelia o de Catar (los coches eléctricos ya no serían tan “verdes”), entre otros países, podrían resolver este problema.

Obviamente, REE es perfectamente consciente de que estas cifras luego hay que sopesarlas con las condiciones de cada zona. Por ejemplo, los archipiélagos, generan energía eléctrica quemando, principalmente, fuel/gas y carbón y en algún caso, algo de gas en alguna planta de

ciclo combinado, pero no necesariamente disponen de esa capacidad de respaldo del gas para mover su parque automovilístico, si fuese eléctrico. Y su potencia instalada de carácter renovable está lejos de poder satisfacer la demanda, aportando ahora poco más del 5% de la electricidad demandada.

La cifra de consumo calculada arriba para todo el parque nacional de turismos eléctricos de 71.850 Gwh, supondría que el aumento de la demanda eléctrica, según estos cálculos, sería de unos 3,14 Gwh por cada millón de vehículos eléctricos adicionales, que es más de un 50% superior a la calculada por REE. Sin embargo, es cierto que mientras se vaya incorporando el parque en dosis de 1 millón de vehículos (algo que está todavía lejos de suceder), los ciclos combinados, que queman gas natural, podrían hacerse cargo del total de Gwh teóricos requeridos en lo que se refiere a producción y transporte de energía eléctrica para el fin de la recarga de 24 millones de vehículos privados.

Lo que, por otra parte, no significa que el conjunto de la red esté preparado, hasta sus capilares más extremos, para conectar esos millones de vehículos, sino sólo de la capacidad teórica de generación y transporte, no necesariamente de distribución y de la infraestructura del último kilómetro y de los últimos 100 metros hasta el punto de recarga.

4.6. Puntos de abastecimiento o de recarga para los vehículos actuales.

Entre otras cosas, para poder establecer una mínima comparativa racional con los actuales puntos de reabastecimiento de combustibles fósiles líquidos o de gas en España, que son exactamente 11.500 gasolineras³⁵, todas ellas con un mínimo de dos y normalmente entre cuatro y seis puntos de recarga por estación. Esto supone, posiblemente, unos 75.000 puntos de recarga en toda la geografía española, que son capaces de abastecer una recarga de energía para autonomías promedio de entre 500 y 900 Km para los vehículos actuales de combustión interna, pero sobre todo, que ahora permite pasar de cero al 100% de carga de dichos vehículos en unos tres minutos. Cada estación de combustibles líquidos se calcula cuesta unos 250.000 Euros en promedio.

4.7. ¿Cuántos puntos de recarga en la red eléctrica nacional, de qué tipo y dónde instalarlos?

En este tipo de oferta de asistencia técnica y facilitar la instalación de puntos de recarga, hecha por REE, convendría explicar con más claridad quien va a pagar este despliegue, cuántos puntos de recarga públicos se espera promover, de qué tipo (carga convencional , carga semi-rápida y carga rápida o incluso se teoriza ya sobre la carga superrápida) y cuántos serán

35 <https://www.elindependiente.com/economia/2018/06/03/espana-marca-un-record-con-11-500-gasolineras-gracias-al-boom-de-las-low-cost/>

realmente necesarios para garantizar un servicio de movilidad similar al actual con los coches con motores de combustión interna.

En principio, habría que considerar entre los de recarga convencional, generalmente de poca o muy poca potencia contratada y principalmente para recarga nocturna en domicilios, si tienen los domicilios dicha capacidad. Más adelante, los domicilios que disponen de garaje, que son los de viviendas unifamiliares o adosadas o viviendas en pisos, pero con garaje.

Para el resto de los vehículos que estacionan en la calle por falta de garaje, habría que pensar en puntos de recarga callejera.

Finalmente, tanto para unos como para otros, habría que pensar en puntos de recarga, que serían de tipo recarga semi-rápida o rápida, en lugares equivalentes a gasolineras actuales, que podríamos llamar en adelante “electrolineras”.

La diferencia esencial es que ahora todos los coches que queman combustibles líquidos, deben repostar en gasolineras y no pueden hacerlo en sus propios domicilios, mientras que si existiese una red amplia de puntos de recarga domiciliaria, los puntos necesarios de recarga semi-rápida o rápida (o incluso ultrarrápida para los que se adelantan al tiempo), serían mucho menos necesarios, salvo para las estaciones en carretera o autovías.

Esto es esencial para poder asegurar que los coches eléctricos terminarían prestando el mismo servicio que los 24 millones de vehículos de combustión interna, con facilidades y costos similares o mejores, si ello fuese posible.

Para ello, empezaremos por analizar los tipos de puntos de recarga más habituales que hoy existen y que se prevén en España . Según Endesa³⁶, uno de los proveedores de energía de la red de distribución, serían:

4.7.1. Recarga convencional (230 VAC* 16 Amperios)

El vehículo se conecta durante aproximadamente 8 horas para obtener una carga razonable, en función de la capacidad de su batería. La carga convencional monofásica emplea la intensidad y voltaje eléctricos del mismo nivel que la propia vivienda, es decir, 16 amperios y 230 voltios. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de cargas es de aproximadamente 3,7 kW.

36 <https://endesavehiculoelectrico.com/recarga/tipos-de-recarga/>

Con este nivel de potencia, el proceso de carga de una batería de unos 50 kWh al 50% tarda algo menos de 8 horas. Esta solución es óptima, fundamentalmente, para recargar el vehículo eléctrico durante la noche en un garaje de una vivienda unifamiliar o garaje comunitario. Se puede realizar con una toma monofásica de 230 VAC. El precio oscila bastante pero puede salir por entre 900 y 1.200 euros, si la instalación no tiene problemas. En general se utiliza otro contrato diferente al del hogar para poder cargar en horas valle o super-valle.

El coste del contrato con el operador eléctrico de la red de distribución es aparte y se compondrá de término fijo y variable.

4.7.2. Recarga semi-rápida (230 VAC*32 Amperios)

El vehículo se enchufa durante aproximadamente **4 horas**, la mitad de las horas que implica la recarga convencional, para obtener una carga completa. La carga semi-rápida emplea 32 amperios de intensidad y 230 VAC de voltaje eléctrico. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de cargas es de aproximadamente 7,3kW. Con este nivel de potencia, el proceso de carga de la batería tarda unas 4 horas. Esta solución es óptima, fundamentalmente, para recargar el vehículo eléctrico durante la noche, en un garaje de una vivienda unifamiliar o garaje comunitario.

El coste estimado de un punto de recarga semi-rápida de por ejemplo 7-7,4 kW de potencia, puede oscilar entre los 1.800 y los 4.000 euros, según distancias y funcionalidades del aparato y otro tanto por la obra civil requerida (la instalación de este tipo incluye cajas de registro, regletas de conexión con el magnetotérmico protector etc. y debe transcurrir por canalización específica -tubo rígido protegido-, boletín, entre el cuarto de contadores y el garaje o punto de recarga del propietario que se vaya a instalar). Pero este precio no incluye ni el proyecto eléctrico ni los trámites y costes de contratación del suministro eléctrico con el operador correspondiente.

Este tipo de contratos todavía se pueden hacer con suministro monofásico, pero a veces se recomienda un contrato trifásico para no desequilibrar la red.

4.7.3. Recarga rápida (¿y super-rápida?)

El vehículo se enchufa durante aproximadamente 30 minutos para obtener una carga del 80% de la batería. La carga rápida emplea una mayor intensidad eléctrica y, además, entrega la energía en corriente continua, obteniéndose una potencia de salida del orden de 50 kW. La normativa que se acaba de aplicar, exige una conexión mínima en cada

gasolinera. Las exigencias a nivel eléctrico son mayores que en la recarga convencional. Lo que puede implicar la necesidad de adecuación de la red eléctrica existente. Por poner una referencia, la potencia requerida para este tipo de instalaciones es comparable a la de un edificio de 15 viviendas.

Para este tipo de puntos de recarga se suele recomendar el suministro directo en corriente continua a más de 400 V con amperajes de entre 63 y 125 A, con opciones teóricas no generalizadas de hasta 550 A, que supondrían una impresionante inyección energética de a la batería en muy escaso tiempo.

Esta solución es la que, desde el punto de vista del cliente, se asemeja a sus hábitos actuales de repostaje con un vehículo de combustión. Estas cargas deben ser concebidas como extensión de autonomía o cargas de conveniencia y son las que se están pensando para las electrolineras. El artículo 16 del borrador de Ley de Cambio Climático exige a los titulares de gasolineras con ventas superiores a los cinco millones de litros instalar un punto de recarga eléctrico igual o superior a 22 kW. Una gasolinera de este tipo, recibe en promedio entre 250 y 400 visitas de vehículos privados diarias en promedio para repostar. A unos 3 minutos por carga, eso son entre 15 y 20 horas diarias de ocupación de surtidores, que habría que considerar para el momento en que se instalen solo puntos de carga eléctricos, de mínimo 30 minutos por vehículo en carga rápida del 80% de la batería (punto de 50 kW). El coste de contratar una potencia de 50 kW en un punto de recarga puede estar, solo en el término fijo, en el orden de los 500 euros mensuales.³⁷

Pero una conexión de 22 kW tardaría en cargar un vehículo eléctrico normal de los listados en la tabla 5.3 arriba entre una y dos horas, tiempo realmente fuera de toda lógica. Y para cualquier Tesla, tiempos de entre 3 y 4 horas de recarga, lo que roza el ridículo.

Por ejemplo, si un punto de recarga rápido supone que tarda, digamos media hora, en inyectar energía a un coche eléctrico para cargar la batería al 80% (esto es, en promedio para circular unos 240 km, el número de puntos de recarga frente al número de puestos de recarga de combustibles líquidos debería ser unas 20 veces mayor para dar la misma cobertura en cada estación de recarga, si hubiese espacio físico en las electrolineras para ello el número de vehículos eléctricos fuese similar al de vehículos de combustión interna. Es decir, se requeriría del orden de un millón y medio de puntos de recarga rápida para ofrecer un servicio similar. Una conexión de recarga rápida como la mencionada de 50 kW tardaría media hora en cargar un coche pequeño y una hora para la mayoría de los coches

37 <https://www.merca2.es/energeticas-coche-electrico-gasolineras/?fbclid=IwAR1QP7KvNH3BbVEtShDZEX8dGkz7Lo-DGPD4MffN04J6kyaFFbLws5B-a6k>

eléctricos, salvo los Teslas que con ese cargador, seguirían necesitando entre una hora y media y dos horas para una carga completa. De nuevo, rozando el ridículo, en cuanto a tiempos razonables. Y eso que el coste de estos puntos de recarga puede oscilar entre los 22.0000 y los 32.000 euros³⁸. Ello, sin considerar que las gasolineras/electrolineras, deberían mantener algún tipo de servicio garantizado a camiones, furgonetas, motos, etc. que no están previstos en los planes españoles de transición energética.

Existe una variante que apenas se comenta, en términos de futuro, que sería un punto de recarga ultrarrápido de más de 150 kW; los que cargan los Tesla más rápidamente ahora son de 120 kW. Este tipo de cargadores podrían, en teoría, cargar un vehículo de batería de Tesla de entre 80 y 100 kWh de capacidad entre poco menos o poco más de una hora, según que la carga sea parcial (70-80% de la capacidad) o prácticamente total. Esto, desde luego, no es nada “ultrarrápido”

Además, el problema con este tipo de cargadores ultrarrápidos (e incluso con los rápidos) es doble. Por un lado, esta inyección masiva de energía en poco tiempo, provoca acortamientos de vida de la batería muy considerable.

Por otro, en realidad están inyectando 150 kW en un espacio de tiempo de cerca de una hora. Eso significa un intercambio de energía muy impulsivo entre la toma y la batería . Es como meter 150 estufas de 1 kilovatio en una hora sobre una batería. Aunque una buena parte de la transferencia energética no sea en forma calorífica, no se puede despreciar que esa enorme transfusión ultrarrápida termine generando tanto calor que la batería termine por reventar o explotar con el inestable litio. Un caso crítico de uso de estos cargadores de gran capacidad, especialmente en gasolineras/electrolineras de carretera, puede darse, por ejemplo, los comienzos y fin de festivos, vacaciones, como por ejemplo, un 31 de agosto, en un retorno de veraneo en el que se mueven 10 millones de vehículos por las carreteras .

El coste de estos puntos de recarga ultrarrápida cuestan entre 50 y 70.000 euros³⁹, aparte del enorme coste de un contrato eléctrico de esta potencia como término fijo. Tampoco se debe olvidar que una recarga ultrarrápida contribuye enormemente a acortar la vida de la batería.

38 <http://www.aeescam.com/un-punto-de-recarga-costar%C3%A1-70000-euros-pero-%C2%BF%C3%A9se-es-el-precio>

39 Ver referencia anterior.

Y aún así, los tiempos de recarga serían excesivamente largos para el tiempo que lleva ahora introducir la manguera y llenar un depósito de 60 litros de gasolina o diésel, que oscila entre los 2 y 3 minutos.

Analizando el acceso que debería tener una electrolinería con varios puntos de este tipo, nos lleva a que cada uno de ellos debería tener una potencia contratada del rango del cuadro de abajo del IDAE con los tipos de tarifas según el horario de uso que también se detalla más abajo.

La electrolinería debería ser alimentada por una línea de alta tensión, casi con seguridad de entre 20 kV la más pequeña pero muchas con 66 kV o incluso 132 kV. Esto no incluye el coste del tendido de esa línea. En zona urbana, deberían ir necesariamente enterradas desde el centro de transformación más cercano, que seguramente habría que ampliar considerablemente (si hubiese espacio). Para los proyectos de este tipo, la línea de media/alta tensión enterrada en zona rural tiene un coste de dos a tres veces superior al de la línea aérea, solución obligatoria cuando la línea aérea cruza algún Lugar de Interés Comunitario (LIC) o Zona Especial de Protección de Aves (ZEPA) o un curso fluvial. En zonas urbanas, además de muchos más permisos resulta mucho más cara, por los costes de excavación y proyectos que consideren tendidos existentes y derechos de paso de construcciones ya preexistentes.

El kilómetro de línea aérea de 20 kV, por ejemplo, aunque es muy difícil y variable según las condiciones, puede salir por unos 20-25.000 euros, son considerar transformadores y modificaciones de la subestación a la que se conecta. Y las líneas enterradas urbanas, tienen un coste unas tres veces superior. Así pues, añadir este coste a una gasolinera reconvertida en electrolinería ya la termina de hacer totalmente inviable.

2.3 PEAJES DE ACCESO A ALTA TENSIÓN (≥ 1 kV y < 36 kV; Potencia contratada ≤ 450 kW).

(Valores de aplicación a partir del 1/01/2018)

TARIFA 3.1A					
TP €/kW y año		Δ (*)	TE €/kWh		Δ (*)
P1:	59,173468	0,00%	P1:	0,014335	0,00%
P2:	36,490689		P2:	0,012754	
P3:	8,3677310		P3:	0,007805	

NOTA: En 2018 se mantienen vigentes los peajes establecidos en la Orden IET/107/2014, de 31 de enero.

(*) Variación con respecto a valores de tarifas anteriores: BOE nº 314; 29 de diciembre de 2016.

Fuente: BOE nº 314; 27 de diciembre de 2017.

TARIFA ALTA TENSIÓN: 6 PERIODOS TARIFARIOS											
TARIFA 6.1A (≥ 1 kV y < 30 kV) (**)				TARIFA 6.1B (≥ 30 kV y < 36 kV) (**)				TARIFA 6.2 (≥ 36 kV y < 72 kV)			
TP €/kW y año	Δ (*)	TE €/kWh	Δ (*)	TP €/kW y año	Δ (*)	TE €/kWh	Δ (*)	TP €/kW y año	Δ (*)	TE €/kWh	Δ (*)
P1 39,139427	0,00%	P1 0,026674	0,00%	P1 31,020989	0,00%	P1 0,021822	0,00%	P1 22,158348	0,00%	P1 0,015587	0,00%
P2 19,586654		P2 0,019921		P2 15,523919		P2 0,016297		P2 11,088763		P2 0,011641	
P3 14,334178		P3 0,010615		P3 11,360932		P3 0,008685		P3 8,115134		P3 0,006204	
P4 14,334178		P4 0,005283		P4 11,360932		P4 0,004322		P4 8,115134		P4 0,003087	
P5 14,334178		P5 0,003411		P5 11,360932		P5 0,002791		P5 8,115134		P5 0,001993	
P6 6,540177		P6 0,002137		P6 5,183592		P6 0,001746		P6 3,702649		P6 0,001247	

TARIFA 6.3 (≥ 72,5 kV y < 145 kV)				TARIFA 6.4 (≥ 145 kV)				TARIFA 6.5 (Conexiones Internacionales)			
TP €/kW y año	Δ (*)	TE €/kWh	Δ (*)	TP €/kW y año	Δ (*)	TE €/kWh	Δ (*)	TP €/kW y año	Δ (*)	TE €/kWh	Δ (*)
P1 18,916198	0,00%	P1 0,015048	0,00%	P1 13,706285	0,00%	P1 0,008465	0,00%	P1 13,706285	0,00%	P1 0,008465	0,00%
P2 9,466286		P2 0,011237		P2 6,859077		P2 0,007022		P2 6,859077		P2 0,007022	
P3 6,927750		P3 0,005987		P3 5,019707		P3 0,004025		P3 5,019707		P3 0,004025	
P4 6,927750		P4 0,002979		P4 5,019707		P4 0,002285		P4 5,019707		P4 0,002285	
P5 6,927750		P5 0,001924		P5 5,019707		P5 0,001475		P5 5,019707		P5 0,001475	
P6 3,160887		P6 0,001206		P6 2,290315		P6 0,001018		P6 2,290315		P6 0,001018	

NOTAS:

* Los periodos tarifarios están definidos en el Real Decreto 1164/2001 del 26 de diciembre.

** La Orden IET/2444/2014, de 19 de diciembre, modifica la Tarifa de Acceso 6.1, pasando a desglosarse en dos nuevas Tarifas -6.1A y 6.1B-.

*** En 2018 se mantienen vigentes los precios de los peajes de acceso 6.1A de alta tensión previstos en la Orden IET/2444/2014, de 19 de diciembre, y los precios de los peajes de acceso 6.1B de alta tensión previstos en la Orden IET/2735/2015, de 17 de diciembre. Para las restantes categorías de peajes, se mantiene lo previsto en la Orden IET/107/2014, de 31 de enero.

Tabla 4.8. Informe de precios energéticos regulados. Fuente: IDAE:

http://www.idae.es/sites/default/files/estudios_informes_y_estadisticas/tarifas_reguladas_oct_2018.pdf

Precios aplicables en tarifas de luz de 6 periodos

Horas	0-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23
Enero	P6	P2	P2	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Febrero	P6	P2	P2	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Marzo	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Abril	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Mayo	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
1-15 Junio	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
15-30 Junio	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2
Julio	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2
Agosto	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
Septiembre	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
Octubre	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Noviembre	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Diciembre	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2

Tabla 4.9. Tarifas de luz en seis periodos en función de los peajes de acceso a alta tensión de la tabla anterior.

Y efectivamente, según eso incluso considerando que el uso se hiciese todo en el periodo P1 que es el más caro, al coincidir generalmente con los consumos pico, yendo a la electrolinera con una línea de alta tensión de, tarifa 6.3, para varios puntos, el término de energía sería del orden de 19 €/kW y año. Para cada ultrasupercargador de 350 kW esto serían 6.650 euros anuales.

Luego el término de energía más caro, sería de 1,5 c€/kWh (entendiendo que precio de mayorista). si calculamos 80 recargas diarias del 50% de una batería de 80 kWh, que ya es

bastante, serían $0,015 \cdot 100 \cdot 40 \cdot 365 = 21.900$ euros de electricidad al año. En total, unos 28.500 euros anuales.

O sea que por ahí las cosas no parecen insalvables, desde el punto de vista puramente económico de costes actuales de operación.

Sin embargo, cabe preguntarse, por ejemplo, si las bonificaciones actuales de los precios de los periodos actuales (P1 a P3 para usuarios pequeños y P1 a P6 para usuarios en media y alta tensión) seguirían existiendo si se da un consumo del 25% adicional del consumo actual y la mayor parte de él en los periodos valle de recarga. Quizá desapareciese el concepto de precios punta, llano, valle, etc., entre otras cosas, porque la curva de la demanda presumiblemente se aplanaría en un mundo de movilidad 100% eléctrica y el consumo eléctrico nacional subiría considerablemente, tanto en energía demandada, como sobre todo, en potencia instalada necesaria.

El resumen del documento de la Real Academia de Ingeniería de España, antes mencionado, sin embargo, cuando analiza una electrolinera desde el punto de vista de negocio, dice como resumen que incluso con cargadores rápidos (de 22 kW que es el mínimo exigido para gasolineras, si es que eso se puede considerar rápido tardando dos horas en cargar una batería normal de coche de 40 kWh al 100%), la rentabilidad es dudosa y que sin ayudas (ya estamos con la cantinela de las ayudas, o sea, impuestos de todos que terminan en los bolsillos de los más pudientes), el precio debería ser de 1,21€/kWh.

O sea unos 50 Euros en electricidad para unos 250 Km de autonomía. O lo que es lo mismo, unos 150 euros de carga eléctrica para los 750 Km de un diésel normal. Y la economía de escala no influyen en reducciones. Según el documento citado:

A modo de resumen

Según las hipótesis consideradas, el desarrollo de una red pública de recarga de vehículos eléctricos presenta una rentabilidad dudosa. En ausencia de un número de vehículos eléctricos en circulación importante que permita un volumen de recargas por punto de recarga relevante y de cambios normativos, subvenciones, exenciones, etc., solo tendrá sentido en el caso de que se utilice para promoción de otros productos o ventas cruzadas (centros de ocio, comerciales, restaurantes, etc.).

Los principales componentes del coste son la cuota de potencia (incluso en el caso de los postes de 22 kW) y la mano de obra de mantenimiento y revisión (a pesar de tratarse de equipos robustos y de poca atención). El hecho de

considerar una empresa que opere un mayor número de puntos de recarga, no modificará los resultados anteriores (inexistencia de efectos de escala), ya los factores de producción (mano de obra) son divisibles, el precio de la potencia contratada presenta un valor fijo (regulado prácticamente) y el poder de comprar de la energía frente a las comercializadoras pequeño.

No está claro el efecto que provocaría el aumento de la penetración del vehículo eléctrico en los resultados obtenidos, ya que, si viniera acompañada de un aumento proporcional del número de estaciones de recargas públicas, presentaría los mismos resultados, mientras que, si dicho aumento fuera menor que proporcional, los resultados económicos mejorarían, asociados a un mayor nivel de utilización de los equipos.

En el caso de no disponer de ninguna ayuda, el precio de la energía suministrada en la recarga pública debería ser de 1,21 €/kWh, si se persiguiera una rentabilidad razonable para el empresario, con unas recargas por punto de unos 7.000 kWh/año, que es una cifra conservadora. Este valor puede ser veinte veces mayor que el coste variable de realizar la recarga en el domicilio en la tarifa Supervalle y supondría un coste por kilómetro casi tres veces mayor que el equivalente al coste variable de un vehículo diésel.

Aun suponiendo que estas empresas de recarga estuvieran exentas de cuota de potencia y de mano de obra de mantenimiento (como se ha visto en los puntos anteriores), la viabilidad de la empresa de recarga, en el caso de vender la energía a un precio de 0,4 c€/kWh, necesitaría una subvención a la inversión del 67 % o bien vender la energía a 0,78 c€/kWh, lo que duplicaría los costes variables de los vehículos tradicionales, si bien el VE ofrece otras prestaciones y ventajas.

Para reflexionar: cómo resolver el abastecimiento de las gasolineras de carretera en cualquier puente o comienzo o fin de vacaciones, en que millones de vehículos paran a repostar en las gasolineras de carretera y se enfrentan ya a colas considerables, incluso con los tiempos de recarga de depósitos tan cortos. Los diseños de puestos de oferta de servicios esenciales como este, deben dimensionarse para cubrir los momentos más complicados, lo que obliga a sobredimensionar bastante estos puntos. En el caso de las electrolinerías, el problema es muy agudo y no está resuelto en absoluto.

Una idea de lo costoso que puede resultar un punto de recarga rápida lo ofrece Audi, al revelar el coste que impondrá en las estaciones que ofrecerá para sus vehículos Audi e-tron, dependiendo de si los postes están en zona urbana o si están en las inmediaciones de una autopista.

Para España ofrece un precio de 0,54€/kWh, independientemente de la ubicación del poste. Dado su consumo medio de 22,5 kWh/100 km. recargar 100 Km. de autonomía llevaría unos 12 Euros. Un precio similar o ligeramente superior al del llenado con diésel o gasolina para una autonomía parecida. En Francia las tarifas son actualmente aproximadamente la mitad, debido a su consideración de país con el 78% de la electricidad de origen nuclear, aunque no se puede precisar el coste si el parque eléctrico fuese 100% eléctrico.

Con la red Ionity de cargadores más o menos rápidos para vehículos eléctricos, parece que los postes de recarga saldrían por unos 0,33 €/kWh, con lo que una recarga de un coche de 50 kW de batería cargado al completo, costaría unos 16,50 Euros⁴⁰.

En definitiva, esto viene a suponer que con un precio de la electricidad actual a minorista (con impuestos) de unos 0,2€/kWh, el extra del precio de recarga va a amortizar la inversión del punto de recarga. Así, entre 0,13 y 0,34 € por cada kWh irían a amortizar el coste del punto de recarga y su mantenimiento.

El sistema de recambio rápido de la batería en las electrolineras. Desde hace bastantes años se ha considerado muchas veces, dado el problema de tiempo de recarga, incluso con cargadores super-rápidos, la alternativa de cargar lentamente las baterías en una electrolinera y luego mecanizar que pasen por una rampa, como en las estaciones de ITV y que se pudiese intercambiar con mucha rapidez, la batería agotada por la cargada. Este sistema implica unas complicaciones que al final han hecho que el sistema no progrese.

El principal es que, en una economía de libre mercado, los fabricantes están innovando constantemente y otros buscan diferenciarse del resto con sus modelos con diseños y equipamientos que consideran superiores, especialmente los de alta gama, colocando constantemente nuevos modelos y tecnologías más modernas de batería o mejores emplazamientos para ellas.

Esto dificulta enormemente la estandarización para automatizar el reemplazo rápido de batería en el túnel o foso de cambio. Por ejemplo, la IOCA lista unos 50 diferentes fabricantes de vehículos privados. Los anuncios de compra de vehículos ofrecen en España unas 70 marcas diferentes de fabricantes o suministradores de coches de turismo al mercado.

40 <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/reveladas-tarifas-definitivas-audi-tron-charging-service-ionity/20190109093553024399.html>

Algunas marcas pueden llegar a tener más de 15 modelos diferentes o bien en las líneas de fabricación o bien circulando en el país. Esto implica que a las electrolinerías podrían acceder cerca de 1.000 versiones de vehículos diferentes, de las que consta el parque de 24 millones de vehículos actual..

Así que, salvo que se pusiese en marcha un sistema de uniformización, modularización de baterías y universalización de las mismas para todos los vehículos, la posibilidad de que cada electrolinería que quisiese servir por recambio rápido de batería gastada por otra batería cargada, las electrolinerías deberían disponer de un stock de centenares de modelos de baterías en carga para cuando llegase algún cliente.

A esto se sumaría el inevitable recelo de los propietarios de, por ejemplo, un vehículo recién salido de la fábrica, que a los 150 Km quiere repostar de esta forma y le cambian su batería recién salida de la fábrica por otra equivalente, pero que tiene cinco años de antigüedad y cuya autonomía ha podido quedar reducida en un 10 ó 20% respecto de la especificación de fábrica.

Finalmente, hay que pensar en el dimensionado de una electrolinería que hoy recibe unos 800 vehículos diarios en promedio de marcas y modelos diferentes, algunas más frecuentes y otras marcas de coches más escasas del total de digamos 500 posibilidades posibles de diferentes baterías.

Esto puede suponer que tenga que tener un stock de mas de 1.000 diferentes tipos de baterías cargando y listas para el cliente que las demande.

Un esfuerzo logístico descomunal en cada electrolinería y una inversión en activos que excede en mucho de las capacidades de una estación de servicio normal y el espacio que debería tener, aunque fuese de 3 kW por enchufe), pero luego, cómo gestionar que las que no llegan de algún modelo que sin embargo, tiene que tener en stock, no se le vayan descargando y quien paga esas pérdidas de energía y de vida de batería cargada y no utilizada durante un buen tiempo.

4.8. Los contratos de suministro eléctrico más comunes

Veamos ahora los tipos de contratos de suministro eléctrico actuales más comunes:

INSTALACIÓN MONOFÁSICA	INSTALACIÓN TRIFÁSICA
1,15 kW	3,464 kW
1,725 kW	5,196 kW
2,3 kW	6,928 kW
3,45 kW	10,392 kW
4,6 kW	13,856 kW
5,75 kW	17,321 kW
6,9 kW	20,785 kW
8,05 kW	24,249 kW
9,2 kW	27,713 kW
10,35 kW	31,177 kW
11,5 kW	34,641 kW
14,49 kW	43,648 kW

Tabla 4.10. Tipos más usuales de contratos de suministro eléctrico residencial en España. Fuente: <https://www.mipodo.com/blog/eficiencia-energetica/potencias-electricas-normalizadas/>

Podemos considerar, aunque haya millones de contratos por debajo de ese nivel de potencia contratada (término fijo) que la potencia promedio contratada se sitúa entre los 3,3 y los 4,6 kW de potencia (término fijo) por hogar⁴¹.

Para nuestro análisis consideraremos que lo que se contrata en potencia en una vivienda en España, en forma eléctrica, es de 4 kW. Los consumos habituales de energía eléctrica, se dividen en los siguientes apartados:

APARATO	POTENCIA (W)	HORAS DE USO (DÍA)	CONSUMO ENERGÍA (W*h/Día)
Iluminación cocina	40	6	240
Iluminación comedor	40	6	240
Iluminación habitaciones	40	3	120
Iluminación baños	20	2	40
Frigorífico	150	12	1.800
TV	250	6	1.500
Ordenador	250	1	250
Lavadora	1.500	1	1.500
Plancha	1.500	1	750
Otros	200	1	200
Total consumo diario	3.990	33	6.640

Tabla 4.11. Desglose de consumos eléctricos tipo para una vivienda con contrato eléctrico promedio de 4 kW de potencia de término fijo y consumo diario habitual. Fuente: Ver tabla 4.4.

Esta tabla será imprescindible para saber de qué potencia extra se dispone para que no salte el Interruptor de Control de Potencia (ICP) por ejemplo, en el momento de la recarga del vehículo

⁴¹<https://www.mipodo.com/blog/ahorro-electricidad/consumo-electrico-espana/>

eléctrico. Por ejemplo, para una recarga convencional nocturna muy lenta (8 horas de recarga), se pide una potencia de unos 3,7 kW, por lo que una vivienda promedio estaría ya bastante al límite si la recarga se debe hacer mientras se utilizan dispositivos eléctricos, como la lavadora o la plancha y además está el frigorífico en casi permanente consumo.

No obstante, conviene hacer alguna consideración sobre una utilización más racional de las cargas para la potencia contratada, suponiendo una mejor utilización de la domótica y pudiendo programar determinadas funciones domésticas de mayor carga, como el uso de electrodomésticos de alto consumo cuando no existe carga del coche eléctrico.

Una aproximación racional a este uso, que ciertamente no se da casi nunca, podría ser la siguiente, para el consumo tipo de la vivienda mencionada más arriba:

APARATOS	Hora del día																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Iluminación cocina							40	40												40	40	40	40	
Iluminación comedor																			40	40	40	40	40	40
Iluminación habitaciones								40														40	40	
Iluminación baños							20																	20
Frigorífico	100	0	100	0	100	0	100	0	200	0	150	0	150	0	200	0	200	0	200	0	200	0	100	0
TV								250						250	250				250	250			250	
Ordenador																						250		
Lavadora												1500												
Plancha																		750						
Otros													200											
Total consumo diario por horas del día	100	0	100	0	100	0	100	60	530	0	150	1500	350	0	450	250	200	750	240	330	530	370	470	60

Tabla 4.12. Ejemplo de distribución de consumos domésticos de casa tipo discriminados por horario y racionalizada u optimizada, sin cambiar radicalmente de hábitos.

Visto gráficamente sería algo así:

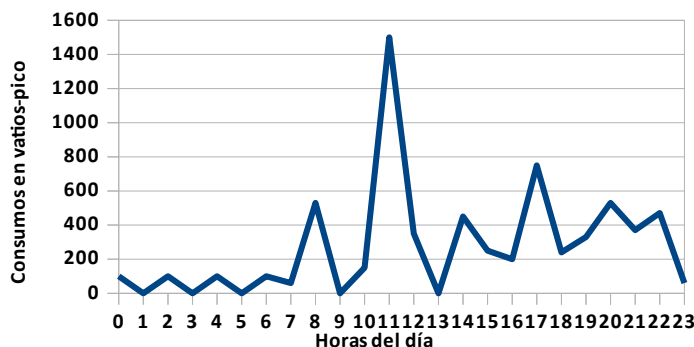


Figura 4.5. Gráfico de consumo domésticos en una casa tipo con contrato de término fijo de 4 kW por franjas horarias, con el consumo por horas optimizado por domótica.

Bajo estas consideraciones, existiría la posibilidad de conectar del orden de hasta 3 kW para cargar el coche eléctrico en un domicilio en carga nocturna, incluso dando un margen para que puedan seguir utilizándose todos los servicios habituales de la vivienda, si dispone de garaje y se evita hacerlo cuando los electrodomésticos de mayor consumo (lavadora, lavavajillas, secadora o plancha) estén funcionando.

Si el coche estacionado en el garaje de la vivienda tiene una batería de 40-50 kWh con 200 Km de autonomía, pero sólo necesita, por ejemplo, el 80% de los días, la carga habitual para el recorrido medio diario de unos 35-50 km. sólo debería cargar unos 13 kWh y con una conexión sencilla de 3,7 kW podría cargarlo en 4 horas nocturnas. Este dato se tomará en consideración para los análisis posteriores para coches que tienen posibilidad de carga de poca capacidad en casa o en el trabajo e incluso en algún centro comercial o lugar de estacionamiento público. Si dispusiese de más horas nocturnas, podría cargar más para los días en que lo necesite o para manejar coche eléctrico de mayor capacidad.

Es importante considerar a efectos de recarga que el coche actual de combustión interna está estacionado y para o el 97% del tiempo del año. Esto hace que se utilice en promedio poco menos de una hora diaria, como se explica más arriba en el informe de Ecologistas en Acción.

Esto supone que los posibles cuellos de botella deberían centrarse más en la abundancia de puntos de recarga disponibles en la red y su viabilidad, aunque sean de baja capacidad, que en su potencia necesaria para cargar rápido, si se hace un uso racional de los mismos. Queda siempre pendiente el problema de como resolver las cargas de los más de 10 millones de coches que estacionan en la calle por la noche por no disponer de garaje. Y de cómo resolver los casos frecuentes de picos de carga en momentos determinados del año.

O de si se mantienen los usos y costumbres de salir los fines de semana a hacer recorridos más largos con este tipo de vehículos, con salidas muy simultáneas de ciudadanos en rutas y horas.

4.9. Los tipos de viviendas más comunes.

Veamos ahora los tipos de vivienda más habituales en nuestro país y los tipos de contratos de suministro eléctrico más habituales:

VIVIENDA	POTENCIA CONTRATADA
Estudio pequeño	2,3 kW
Apartamento pequeño	3,45 kW
Apartamento medio	4,6 o 5,75 kW
Casas grandes	6 kW

Tabla 4.13. Potencias eléctricas contratadas medias según el tipo de vivienda. Fuente: <https://www.mipodo.com/blog/eficiencia-energetica/potencias-electricas-normalizadas/>

La siguiente tabla también nos orienta sobre el tipo de hogares en España

HOGARES	18.406.100
Tamaño medio hogar (personas)	2,5
TIPOS DE HOGAR FRECUENTES	
Persona sola <65 años	2.705.100
Persona sola >65 años	1.933.300
Pareja sin hijos	3.861.900
Pareja con hijos	6.228.800
Madre o padre solo con hijos	1.964.900

Tabla 4.14. Tipo de hogares en España. Fuente: INE. https://www.ine.es/prodyser/espa_cifras/2017/index.html#22/z

Se observará que existen más vehículos privados (unos 23 millones) que hogares (unos 18,4 millones). A los efectos de los cálculos de electrificación de los hogares y los puntos de recarga públicos o callejeros, se considerará que todos los hogares disponen de un coche.

Pero los hogares que podrán adaptarse para instalar la acometida para recargar el coche eléctrico son las viviendas individuales o las que disponen de garaje privado o público, que son las que van a poder conectar el coche eléctrico para recarga. Y la situación, según El Idealista⁴², es más o menos la siguiente:

Tipos de viviendas en España	
Viviendas unifamiliares	2.613.666
Viviendas con chalet adosado o pareado	3.883.687
Viviendas en pisos con garaje	3.705.148
Viviendas en pisos sin garaje	7.847.625

Tabla 4.15. Tipos de viviendas asociadas a la facilidad o imposibilidad de disponer de punto de recarga para el vehículo eléctrico. Fuentes: INE, El Idealista⁴³ y elaboración propia.

Es decir, según los datos del INE y de El Idealista, las viviendas que podrían tener teóricamente punto de recarga por disponer de garaje para su coche son 10.202.000 viviendas.

42 <https://www.idealista.com/news/inmobiliario/vivienda/2017/06/14/746871-solo-el-35-de-las-viviendas-en-venta-en-espana-tienen-plaza-de-garaje>

43 <https://www.idealista.com/news/inmobiliario/vivienda/2011/02/25/302854-cuantos-espanoles-viven-en-un-chalet-y-en-un-piso>

Para el resto de los 7.848.000 vehículos que se aparcan por la noche en la calle (en general vinculados a las familias o personas de menor renta) y suponiendo un vehículo en promedio por vivienda, habría que pensar en puntos de recarga públicos en las aceras de las calles de los barrios donde se dejan aparcados, si se quiere minimizar el peso de las electrolineras para las recargas llamadas rápidas (extensión de autonomía o cargas de conveniencia), según planifica Endesa, por ejemplo.

Nota. Aquí se desglosan los coches que se asocian a cada una de las viviendas existentes en España, que son unos 18 millones, pero el ejercicio debería considerar la recarga de los 5-6 millones de segundos vehículos en unidades familiares, que en general serán más frecuentes en las familias más pudientes y que dispongan de garaje con dos o más plazas de estacionamiento, aunque en viviendas más modestas puede haber también dos vehículos por familia con quizá un coche en plaza de garaje y el segundo en la calle, si por ejemplo, en una pareja trabajan y disponen de coche ambos o tienen un hijo/a adulto/a que pueda disponer de ese segundo coche.

Hay un problema sociológico y económico importante, porque si los que dejan el coche en la calle, son los que tienen menor poder adquisitivo, en general, hay que ver claramente quien se va a hacer cargo de los costes de colocar cerca de 8 millones de puntos de recarga callejeros para recarga nocturna en los barrios más populosos, donde el urbanismo ya deja bastante que desear, los espacios no están asignados de forma fija a un propietario o a un vehículo concreto, sino que el vehículo estaciona aleatoriamente en cualquier lugar disponible del barrio cada día.

Estos puntos de recarga callejeros que atenderían a los propietarios más modestos (los que no tienen garaje en casa) son, paradójicamente, los más caros, porque tienen que estar preparados para intemperie, para aguantar en lo posible el vandalismo y el robo y dada la diversidad de vehículos que aparcan en la calle de todo tipo y potencia (incluyendo furgonetas y pequeños camiones), habría que diseñar los puntos para cargar los de mayor potencia en un tiempo razonable, ya que los espacios de estacionamiento callejeros no están asignados a priori a ningún propietario.

Otro problema asociado para los puntos de recarga callejeros, es que las distancias de aparcamiento son diferentes cada día según la longitud de coches o furgonetas aparcadas y donde el punto de recarga corre mucho más riesgo de robo o vandalismo que el que se encuentra en un garaje particular. Por último, en muchos casos, las aceras en las que se deberían instalar los puntos de recarga son demasiado estrechas y ya están muchas veces ocupadas por árboles con sus respectivos alcorques (¿quitamos los pocos árboles que quedan

en las ciudades?), farolas, por señales de tráfico, papeleras, registros de alcantarillado o telecomunicaciones o por contenedores de basura con distintos tipos de residuos..



Figura 4.6. fotografía de acera de calle de barrio bastante común, sin apenas espacio para peatones, con mobiliario urbano (árboles con alcorques, farolas o señales de tráfico, etc.), que hace muy difícil o imposible la colocación de puntos de recarga en serie, para alimentar los coches que se estacionan por la noche en la calle.

4.10. Los cargadores en diferentes emplazamientos y sus costes

Es fácil saber lo que cuesta un cargador de carga lenta y baja capacidad en un garaje privado. Existen rangos de precios y también de los requisitos de boletines eléctricos y costes de contratos, que explican ese coste con detalle y las modificaciones que implican en la red doméstica y en la toma eléctrica de la vivienda.

Aquí ofreceremos algún dato más, para poner en evidencia situaciones en las que pocas veces se piensa y no se planifica a escala nacional. Básicamente, serían dos tipos de puntos de recarga, que luego se pueden subdividir:

4.10.1. Los puntos requeridos en electrolineras para satisfacer a un número de clientes similar al actual en las gasolineras, pero de forma eléctrica y también, si el número de clientes fuese inferior por los que habitualmente recargan eléctricamente en sus casas, si ese número inferior les resultaría rentable para seguir manteniendo abierto el centro de servicio.

Lo lógico sería pensar en este tipo de función o prestación de servicio, que se trate de sistemas de carga rápida o ultrarrápida, principalmente ésta última (más de 22 kW por punto

de recarga), pero incluso con los puntos de 50 kW veíamos que pueden tardar en cargar la mitad de una batería de 40 kWh una media hora; es decir unas 10 veces más tiempo que una carga de combustible fósil que da unas 3-5 veces más autonomía.

Como veremos en los dos puntos siguientes, una estrategia de reducir al mínimo los cambios de la red eléctrica al tratar de aumentar los puntos de poca potencia en termino fijo aunque lleven tiempos de recarga más lentos, incluso así nos lleva a más de 20 millones de puntos de recarga lenta de todos los tipos posibles, con quizá muy pocos de carga semirrápida.

Esto cambia el modelo actual completamente, porque en la actualidad la energía del 100% de la movilidad de los vehículos privados se hace a través de las gasolineras.

Si la sociedad se dota por comodidad o por conveniencia, de esos puntos de recarga lenta, aprovechando que los coches están parados el 97% del tiempo, resulta que las electrolinerías quedarían para ofrecer solo una energía marginal y complementaria de carga ultrarrápida, cuando por la razón que sea, los usuarios no han podido recargar en los puntos de larga estancia y baja capacidad, o porque salen a carretera, donde la corta autonomía de los eléctricos exigirá repostar en el trayecto si es un poco largo y entonces necesitarán hacerlo de forma ultrarrápida.

Imaginemos, por un momento, que estos puntos de recarga que Endesa denomina de "extensión de autonomía o cargas de conveniencia, solo necesiten aportar, digamos el 10% del consumo total anual eléctrico de los 24 millones de vehículos considerados. Vimos que esa energía era de unos 71.850 Gwh/año o un poco más del 25% de la demanda actual de electricidad en España.

Por tanto, las electrolinerías, pasarían a tener que servir principalmente para casos de extensión de autonomía o cargas de conveniencia apenas unos 7.180 Gwh.

Esta cantidad de energía, en principio puede no parecer mucho, pero el problema de las cargas superrápidas es que deben poder hacerlo en tiempos inferiores a 30 minutos para ser mínimamente viables y ser capaces de inyectar al menos la mitad de la carga promedio de las baterías más comunes de 40 kWh.

Partiendo de estas cifras y yendo hacia atrás, eso significa que deberían servir un promedio de unos 20 kWh por vehículo pero en menos de media hora, con un cargador de unos 50 kW. Así que dado que 7.180 Gwh son 7.180.000.000 kWh, eso daría unas 359 millones de cargas anuales en toda España en las electrolinerías.

Si cada una de las 11.500 gasolineras actuales se mantuviese y cambiase gradualmente a electrolineras para este tipo de servicio a coches privados, el promedio de servicios de cada electrolinera sería de 31.217 cargas de un promedio de 20 kWh por coche o un servicio de 85 cargas diarias de 20 kW.

Y aquí viene el problema. Incluso a unos 0,5 Euros por kWh, el ingreso total por carga promedio para una electrolinera sería de 10 Euros por recarga rápida del 50% de una batería de 40 kWh. El coche estaría parado una media hora en la electrolinera para este servicio “ultrarrápido”.

Pero 85 cargas de media hora cada una implican un total de 42 horas diarias de ocupación de punto de recarga. Aunque en promedio son unos dos coches cargando permanentemente, es obvio que hay momentos nocturnos sin apenas servicio y momentos picos de demanda, por lo que la electrolinera media debería ir a entre 6 y 10 puntos de recarga.

La potencia a contratar bajo estos supuestos en las aproximadamente 23.000 electrolineras que se han considerado a 8 puntos de recarga de 50 kW (ultrarrápida) por electrolinera, dan un total de 184.000 puntos de 50 kW.

Esto son unos 9,2 GW de potencia contratada en todo el país. Algo así como el 9% de la potencia total instalada en España para generación.

Por otra parte, los ingresos diarios serían de 850 euros por electrolinera media, o unos 25.500 euros mensuales de ingresos totales, pero si tiene que contratar, digamos 8 puntos de recarga de 50 kW, que en la actualidad, solo de término fijo serían 4.000 Euros mensuales, más el variable por el consumo de 31.217 cargas de 20 kWh = 624.340 kWh anuales o unos 52.000 kWh mensuales, a digamos unos 0,15 euros el kWh = 7.800 euros de consumo variable, el coste total mensual de la energía sería de 11.800 euros.

Pero también debería amortizar los 8 puntos de recarga promedio de 50 kW calculados. A un coste de unos 25.000 Euros por punto, esto sería un total de 200.000 euros. Amortizados en diez años, implican unos costes de unos 20.000 euros anuales sin intereses o unos 1.600 euros por mes. En resumen, se podría decir que el coste de los puntos de suministro y de la electricidad provista a usuarios se llevaría aproximadamente el 50% de los ingresos.

Pero el asunto no queda ahí. Ahora hay 11.500 gasolineras en todo el país, porque abastecen en 3 minutos cargas para autonomías de unos 500-700 Km en promedio. Si se quiere ofrecer un servicio de similar calidad (precio, tiempo de recarga, autonomía), habría

que duplicar el número de electrolineras, especialmente en carreteras, ya que las autonomías eléctricas son menores de la mitad de la de equivalentes con gasolina o diésel.

Una reciente prueba realizada por el diario El País, con un vehículo Nissan Leaf de 2016 con baterías de 40 kWh implicó tres recargas (una rápida y dos lentas) y casi trece horas para realizar el recorrido Madrid-Sevilla de 520 Km. con una considerable angustia por la búsqueda de puntos de recarga, porque el ordenador de a bordo marca una autonomía inicial (en este caso, 270 km. oficiales con la batería al 100%), que siempre está lejos de resultar la real, por causas tales como el viento, la velocidad, la calefacción, las luces, las pendientes o la carga, además de la propia antigüedad de la batería.

En gasolina o diésel se hace ese recorrido sin repostar ni una sola vez y sin problemas de viento, velocidad, carga o calefacción o aire acondicionado. La indicación de “Batería baja. Busque un puesto de carga” es mucho más angustiosa que la del piloto del depósito de un vehículo de gasolina o diésel, que avisa con al menos 50 Km más de autonomía. En el vehículo eléctrico, hay que encontrar algo a distancias mucho más cortas.

Por tanto, para ofrecer el mismo o similar grado de servicio que las gasolineras, parece evidente que el número de electrolineras debería, cuando menos, duplicarse, si no incluso triplicarse. Aparte del hecho mencionado de ampliar el número de puestos en cada electrolinera, para igualar el acceso a un puesto de reabastecimiento al de las gasolineras actuales, ya que los tiempos de carga de los vehículos eléctricos suelen ser unas diez veces superiores a igualdad de carga/autonomía de los vehículos con gasolina o diésel, que incluso a veces tienen colas de espera.

Lo que reduciría en principio a por lo menos la mitad los ingresos por electrolinera, multiplicando a su vez la necesidad de puestos para recarga respecto de los actuales, que a veces son físicamente imposibles en muchas gasolineras actuales, haciendo el negocio prácticamente inviable.

4.10.2. Puntos de recarga en lugares de concentración de vehículos: viviendas unifamiliares o en bloques con garaje común, estacionamientos de oficinas y fábricas, centros comerciales, polígonos industriales y puertos y ortos estacionamientos públicos, estacionamientos disuasorios en estaciones de tren o en intercambiadores .

Aunque en estos lugares mencionados los coches estacionan o aparcan durante bastante tiempo, existen diferencias claras en cuanto al tiempo y modo de uso de estos estacionamientos, que es necesario considerar a efectos de intentar dimensionar los puntos necesarios.

a) Garajes en viviendas en viviendas unifamiliares o en bloques de viviendas con garaje común. Tienen una característica muy similar a los puntos de recarga callejeros, en los que los vehículos permanecen durante la noche, que es el momento más adecuado para realizar la recarga y el más adecuado para hacerlo de forma lenta con puntos de recarga convencional de entre 3,4 y 7 kW por punto. Según la tabla 5.11 más arriba, se puede suponer que hay unos 10 millones de plazas de garaje en viviendas de estos tipos. Son los puntos de mayor estancia temporal de vehículos estacionados.

Lo lógico es que cada propietario de este tipo de vivienda sin garaje, que debe aparcar en la calle, intente instalar su propio punto de recarga convencional de al menos 3,45 kW (carga de un 50% de la batería de 40 kWh en unas 6 horas), los puntos de recarga supondrían la instalación de unos 35 GW de potencia (no se debe confundir la potencia exigible en las instalaciones con la energía que luego circulará por ellas para cargar a los vehículos eléctricos).

Ahora bien, no hay por qué pensar que en los garajes individuales los propietarios tienen necesariamente que aumentar el término fijo de potencia, si utilizan con cierto SW los valles de consumo doméstico nocturno explicados en la tabla 4.9 y la figura 4.3.

Podemos hacer la siguiente aproximación:

El 50% de las 2.613.666 viviendas unifamiliares y de los 3.883.687 chalets adosados o pareados a los que se les supone garaje existentes en el país, no necesitarán ampliar el término fijo.

El otro 50% apenas incrementarían el término fijo en unos 2 kW. Aquí hay una necesidad de unos 6,5 GW de potencia instalada adicional como mínimo.

Sin embargo, el 100% de los 3.705.148 pisos con garaje colectivo, sí necesitarán un contrato específico con unos 3,45 kW de término fijo, como mínimo. Esto serían unos 12,8 GW más de potencia instalada.

Sumando, se necesitaría para el apartado a) aproximadamente, un incremento del 19 % de la potencia instalada en España. En algunas viviendas, especialmente chalets o viviendas unifamiliares, que son unos 5 millones, es posible que haya dos vehículos por garaje o incluso alguno más, y que los propietarios decidan disponer de 2 estaciones de recarga, aunque no serían estrictamente necesarios si hacen una gestión compartida.

A poco que se decidiese que algunos usuarios demandasen puntos de recarga semirrápida de unos 7 kW, la necesidad de instalar esa potencia se iría fácilmente a un **25% de la potencia total nacional instalada hoy en España** de 105 GW. Solo para el 40-45% de los vehículos del parque actual con garaje, si fuesen todos ellos eléctricos.

b) Plazas de estacionamiento en oficinas y fábricas. A Las necesidades más básicas de puntos de recarga en los lugares donde los coches pasan la noche, hay que pensar en los estacionamientos necesarios para garantizar el acceso del vehículo durante las tareas diurnas. Por ello, el número de plazas de estacionamiento (incluyendo los espacios donde millones de vehículos aparcan en las calles de las ciudades), superará necesariamente a los 24 millones de unidades que consideramos en este estudio y que hoy circulan por el país.

Que estas plazas y espacios para coches dispongan de puntos de recarga es importante si se piensa, como parece últimamente, en que las baterías de los coches se utilicen como almacenamiento masivo de energía eléctrica, para devolver a la red, cuando haya demandas pico. Dado que esas demandas, por el momento, se siguen produciendo en dos horas diurnas, como se refleja en el gráfico de la figura 2.3., estas plazas cumplen mejor con los horarios para atender los picos diurnos que las plazas en los estacionamientos en garajes, viviendas y estacionamientos callejeros nocturnos.

Dado que aquí las cifras de plazas no están disponibles con facilidad, pensaremos que un 10% de los trabajadores activos (cerca de 20 millones) tienen plaza para estacionar en sus empleos.

Eso serían unas 2.000.000 plazas de estacionamiento. Obviamente no todas tienen por qué disponer de punto de recarga, pero si se podría pensar en que la mitad de ellas lo tuviesen, aunque fuesen también puntos convencionales de recarga lenta (3,45 kW). Eso serían aproximadamente unos 3,5 GW adicionales de potencia instaladas para cubrir este segmento. **Eso es algo más del 3% de la potencia total nacional instalada actualmente.**

c) Plazas de estacionamiento en centros comerciales, polígonos industriales y puertos y aeropuertos y otros estacionamientos públicos específicos. Estas son las plazas de menor duración estimada de presencia del vehículo, aunque también son las de mayor rotación de vehículos por plaza, junto con las plazas en la calle.

No hemos podido localizar el número de plazas de estacionamiento para estas funciones con total certidumbre. No obstante, la Asociación Española de Aparcamientos y Garajes en su portal informa que agrupa a un total de 1569 aparcamientos con 843.503 plazas⁴⁴.

44 http://www.asesga.org/documentos/revista_aparcar/Aparcar_40.pdf. Página 3

Dado que esta cifra puede ser seguramente algo inferior a las plazas existentes en realidad que no estén asociadas, por estar en empresas particulares que no lo consideran necesario, estimaremos que hay 1.000.000 de plazas de este tipo. Consideraremos la estancia promedio de los coches en estas plazas del orden de las 8 horas en función de los horarios laborales..

Aunque lo ideal para una buena red de distribución y oferta de carga y descarga es que todas estas plazas tuviesen un punto de recarga/descarga por plaza, vamos a suponer que sólo en la mitad se terminan instalando puntos de recarga/descarga. También supondremos que se instalan los puntos de recarga convencional (lentos) de 3,45 kW de término fijo.

Esto implicaría una demanda de potencia instalada a nivel nacional de $500.000 \times 3,45 \text{ kW} = 2,58$ millones de kW o unos 1,725 GW. **O el 1,7 % de la potencia instalada de generación en España.** Como en los anteriores tipos de plazas, no entramos en la consideración de los costes de la ejecución de las tiradas de cables eléctricos a los millones de plazas y de los permisos y requisitos a formalizar y de los costes adicionales de la red de distribución para mantener servida esta demanda. Por ejemplo, en este tipo de plazas, la demanda comenzaría principalmente con el comienzo de la jornada laboral y terminaría con ella, según las necesidades individuales de cada vehículo (que pudieran no ser necesarias algunas o muchas veces, pero muy necesarias otras)

d) Plazas de aparcamiento en estacionamientos disuasorios en estaciones de tren o en intercambiadores.

La Comunidad de Madrid tiene un plan para alcanzar las 40.000 plazas en aparcamientos disuasorios⁴⁵. El objeto es fomentar el uso del transporte público. Algunos estacionamientos, como el actual de la Ciudad Universitaria, tienen hasta 1.500 plazas. Hay también aparcamientos de este tipo en estaciones de tren. Podríamos pensar que este tipo de plazas, especialmente útiles en las grandes ciudades, pero no solo en ellas, pudiesen alcanzar un nivel de unas 250.000 plazas adicionales. Dado que los tiempos de estacionamiento se prevén del orden de una duración de jornada laboral como mucho, los cargadores podrían ser también los de menor impacto (carga lenta de 3,45 kW). De ellos, el 50% de las plazas podrían tener puntos de recarga para hacer una infraestructura

45 <http://www.espmadrid.es/2018/07/un-nuevo-plan-de-aparcamientos.html>

completa y ofrecer un buen nivel de servicio. Esto sería del orden de 0,5 GW adicionales de potencia para la red actual. O un **0,5% de la potencia instalada en la red.**

Resumiendo sobre el punto 4.10.2 las potencias adicionales a instalar para cubrir adecuadamente estos puntos, resultan los siguientes:

- Garajes en viviendas en viviendas unifamiliares o en bloques de viviendas con garaje común: **25% de la potencia actual instalada en la red.**
- Plazas de estacionamiento en oficinas y fábricas: **3% de la potencia actual instalada en la red.**
- Plazas de estacionamiento en centros comerciales, polígonos industriales y puertos y aeropuertos y otros estacionamientos públicos específicos. **2,5 % de la potencia actual instalada en la red.**
- Plazas de aparcamiento en estacionamientos disuasorios en estaciones de tren o en intercambiadores. **0,5 % de la potencia actual instalada en la red.**

Un total superior al 31% de la potencia actualmente instalada en la red, sería necesario para cubrir eléctricamente estos puntos de recarga en el punto 4.10.2

4.10.3. Puntos de recarga callejeros. Habíamos calculado que al menos 10 millones de coches estacionan durante la noche en las calles cercanas al domicilio del propietario, por falta de garaje.

Es más de un 40% del parque automovilístico español. Y si se supone que cada coche debe estar servido, habría que instalar unos 10 millones de puntos de recarga de intemperie, que son más costosos, porque precisamente deben poder aguantar la intemperie (frio, lluvias, etc.) y el vandalismo, además de disponer de una electrónica que reconozca y cobre al usuario por el servicio.

En un barrio donde hay dificultad para conseguir aparcamiento por la noche al llegar del trabajo (y hay muchos así), conseguir un sitio en una calle y que luego no funcione el punto de recarga por avería o destrozo, implica que ese usuario se queda sin poder cargar, cuando quizá lo necesite. Esto exige una logística de mantenimiento muy sofisticada para evitar altercados.

Esto, sin mencionar que en caso de que se intentase utilizar la batería de los coches eléctricos como sistema de acumulación masiva de electricidad, debería disponer de contador bidireccional y también reconocimiento de entrega de carga y un software de límites, para evitar descargas más allá de la voluntad del usuario.

Este aspecto es importante, porque además, esa teoría de que se puede utilizar como sistemas de acumulación masiva, no encaja bien con los periodos valle en que se necesita recarga en estacionamientos nocturnos y la red no demanda energía adicional, pues los picos suelen ser diurnos.

La prestación de este servicio, se daría más en los puntos de recarga en lugares de concentración de vehículos de estacionamientos diurnos (ver punto anterior) y los que los dejan inmovilizados en las calles durante el día.

Pues bien, con un tipo de punto de recarga convencional de 3,45 kW (carga de un 50% de la batería de 40 kWh en unas 6 horas), los puntos de recarga supondrían la instalación de unos 35 GW de potencia (no confundir con la energía que puedan entregar). Eso es aproximadamente, un 34% de la potencia instalada en España.

A poco que se decidiese que algunos usuarios callejeros demandasen puntos de recarga semirrápida de unos 7 kW, la necesidad de instalar **esa potencia se iría fácilmente a casi la mitad de la potencia total nacional instalada hoy en España**. Solo para el 40% de los vehículos del parque actual si fuesen todos ellos eléctricos.

Hagamos un pequeño muestreo de las necesidades de apenas una calle normal de una de las muchas ciudades dormitorio españolas en las afueras de las grandes capitales, donde me consta es muy difícil encontrar aparcamiento por la noche.

Utilizando la herramienta Google Earth para ver los espacios de aparcamiento, por ejemplo, en la calle Pintor Velázquez de Móstoles (Madrid), observamos que tiene aproximadamente 1,8 km de longitud, ya descontadas salidas y entradas de garaje, cruces de calles y contenedores de basura. Se constata que esos bloques de viviendas ya disponen de garajes en las plantas bajas o sótanos de los mismos, pero son insuficientes para los coches de los vecinos y por ello se analizan en esta parte solo los que estacionan en la calle por la noche.

Es sólo una de las muchas calles del entramado del barrio llamado Parque Estoril II.



Figura 4.7. Visión parcial del barrio Parque Estoril II de Móstoles (Madrid), con la calle Pintor Velázquez marcada en negro, como ejemplo para un posible tendido para conectar puntos de recarga para los coches eléctricos que ahora aparcan en la calle.

A lo largo de toda la calle hay estacionamientos a ambos lados de la calle de la siguiente forma:

- 350 m de aparcamientos en batería. A unos 4 metros por coche = 85 coches por acera.
- 1.190 m. de aparcamientos en línea. A unos 6 metros por coche = 200 coches.

Es decir, alimentar a los 285 coches de cada lado de la acera, aunque fuesen puntos de recarga lenta de 3,45 kW, implicaría un tendido subterráneo, en cada lado de la calle, de 1,9 Km. con sección suficiente para llevar aproximadamente 1 MW pico que se necesitaría durante la noche, cuando la calle está totalmente saturada de coches aparcados, que se supone es donde van a cargar.

Ahora se debe elegir entre enviar la energía en corriente alterna o en continua desde el punto de transformación. La corriente alterna tiene la ventaja de menores pérdidas en este recorrido y a mayor voltaje, se necesita menor sección de cobre. Tiene los inconvenientes regulatorios de introducir media tensión en zonas urbanas de alta densidad y de que luego hay que pasarla a corriente continua para la recarga de los coches y reducir la tensión en cada punto de recarga, lo que encarecería enormemente cada punto de recarga.

Por el contrario si se envía ya en corriente continua a una tensión relativamente baja, se eliminan los problemas anteriores, pero surge el problema de mayores pérdidas y mayor sección del cable para portar esa energía con las menores pérdidas posibles.

Por ejemplo, para efectuar una comparativa, el alumbrado público de grandes instalaciones (mayores de 15 kW con luminarias de unos 250 W), ya se consideran tendidos de 15 ó 20.000 VAC en el 8% de las instalaciones y un 92% de ellas alimentadas con salidas trifásicas a 400 V más neutro con contratos en las tarifas de mercad regulado 3.0A, es evidente que para las cargas exigidas en una calle como la descrita, habría que ir razonablemente a alta tensión⁴⁶.

Los factores de sobrecargase obligan a calcular un 30% más de potencia, porque obviamente las luces se dan todas al tiempo, aunque en el caso de las recargas de vehículos este factor podría reducirse, si bien también hay horas de llegada del trabajo que sufrirían algún tipo de sobrecarga puntual, salvo que ase añadiese más inteligencia en los puntos de recarga.

46 <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-Gestion-Energetica-en-el-Alumbrado-Publico-fenercom-2013.pdf> (páginas 100-102)

5. ANÁLISIS SOBRE IMPLICACIONES ECONÓMICAS, SOCIALES Y POLÍTICAS

5.1. El coche eléctrico y el poder adquisitivo de los españoles

Consideremos las posibilidades económicas para la población a la hora de adquirir un coche eléctrico, sobre todo, si se les fuerza al cambio a mayor velocidad que la que sus economías lo permiten, argumentando una necesidad ambiental o tecnológica.

Según datos del INE, la renta media por persona en 2017 fue de 11.074 Euros anuales⁴⁷.

Según esas mismas fuentes, la renta media por unidad de consumo (hogar) fue de 16.390 euros anuales.

El salario mínimo interprofesional (SMI) de 2017 fue de 707,6 euros mensuales⁴⁸ o unos 9172,80 euros anuales (2016), también según el INE.

El número total de trabajadores activos ocupados en España fue de 19.528.000 (2018 tercer trimestre)⁴⁹

Pero lo que más ayudará a ver el poder adquisitivo por segmentos de población a la hora de poder comprar un coche eléctrico (o cualquier otro bien de consumo de cierta importancia), es la distribución de trabajadores por ingresos respecto del SMI. Los datos últimos⁵⁰ son de 2016 y son los siguientes:

NIVEL	% s/Total	Ingresos anuales en €	Trabajadores
0 a 1 SMI	12,56	0-9.172	2.452.717
1 a 2 SMI	33,15	9.172-18.346	6.473.532
2 a 3 SMI	26,3	18.346-27.518	5.135.864
3 a 4 SMI	13,28	27.518-36.691	2.593.318
4 a 5 SMI	7,24	36.691-45.864	1.413.827
5 a 6 SMI	3,14	45.864-55.037	613.179
6 a 7 SMI	1,87	55.037-64.210	365.174
7 a 8 SMI	1,13	64.210-73.382	220.666
más de 8 SMI	1,33	>73.382	259.722

47 <http://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=9947>

48 https://www.sepe.es/contenidos/comunicacion/noticias/SMI_2017.html

49 https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595

50 [https://www.ine.es/ss/Satellite?](https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259931351611&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout¶m1=PYSDetalle¶m3=1259924822888)

L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259931351611&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout¶m1=PYSDetalle¶m3=1259924822888

Tabla 5.1. Ingresos de los trabajadores españoles por deciles, con porcentaje sobre el total de trabajadores y salarios medidos en número de veces el Salario Mínimo Interprofesional (SMI). Fuente: INE de 2016. Población activa ocupada de 2018. https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259931351611&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout¶m1=PYSDetalle¶m3=1259924822888. Los ingresos se han promediado entre hombres (más altos) y mujeres (más bajos), porque interesa al estudio el promedio del trabajador ocupado activo.

Incluso con la anterior tabla, es difícil discernir cuántos ciudadanos podrían comprarse un coche eléctrico y de qué tipo. Esto incluye la posibilidad o no de que mantengan un coche de motor de combustión interna durante algún tiempo, aumentando así el parque, en vez de producir un reemplazo neto.

No obstante, esto va permitiendo dibujar con una cierta aproximación el tipo de vehículo que los ciudadanos podrían comprarse, según los precios actuales de los vehículos .

Ofreceremos algunos datos adicionales para ayudar en la composición de escenarios de compra y adquisición.

1. En 2017 se matricularon 1.241.540 turismos nuevos, un año de mucho empuje con un 7,7% más de ventas que el anterior. Pero se vendieron 1.964.277 coches de segunda mano, un 10% más que el año anterior. Es decir hay más de un 50% de compras de coches usados que de coches nuevos, ahora que son la práctica totalidad de combustión interna⁵¹.

Este es un dato clave, pues la media de vida de coches en España es alta, de unos 12,5 años. Pero la vida de los mismos puede alcanzar, especialmente en los diésel recorridos de 300 y hasta 400.000 Km., que a 12.500 Km de recorrido medio al años suponen vidas máximas de 25 y hasta 30 años. La devaluación de los coches hace que la transferencia de propiedad se pueda hacer de forma muy gradual desde los que tienen más poder adquisitivo en la cúspide de las primeras ventas de segunda mano, porque pueden comprarse un vehículo nuevo por un promedio de 16.786 Euros⁵² y vender el suyo usado a un tercero con menor poder adquisitivo, en función de los años de uso y estado del coche, hasta llegar a los ciudadanos de menor poder adquisitivo, que se harían con los coches más usados pero de precio muy bajo.

Este flujo de coches de primera mano a segunda mano en compraventa, puede cambiar drásticamente en el caso de los eléctricos 100%, ya que su principal componente, la batería, dura como mucho unos 10 años y luego hay que reemplazarla a un coste de prácticamente la mitad del valor inicial del coche eléctrico, con lo que la venta de vehículos eléctricos de segunda mano sería necesariamente mucho más cara y dejaría a un sector importante de

51 <https://noticias.coches.com/noticias-motor/ventas-de-coches-de-segunda-mano-en-2017/278420>

52 <https://www.madridiario.es/447970/cuanto-cuesta-comprar-un-coche-en-espana>

población de poco poder adquisitivo fuera de este mercado, ya que el precio de un vehículo eléctrico es, como mínimo, unos 10.000 euros más caro que un equivalente de combustión interna con más autonomía⁵³.

2. El 90% de los españoles compra los coches con financiación. Se dice que uno de los mayores negocios bancarios es este tipo de servicios financieros.⁵⁴ El coste financiero adicional del precio del coche ecológico es alrededor del 4%⁵⁵ y eso estando subvencionado. Un 5% de intereses sería razonable. Los plazos de repago del crédito del coche serían del orden de 5 años como forma más habitual en el mercado.

A esto se podría añadir a los mismos el coste de la electricidad, según la modalidad de recarga, que hemos visto, que puede ser bastante diferente de una recarga doméstica nocturna de baja capacidad. Ese coste está entre los 0,20 €/kWh y los 0,50 €/kWh según el tipo de punto de recarga y la velocidad de recarga del mismo. Considerando un consumo de 20 kWh por cada 100 Km y que un coche recorre en promedio 12.500 Km al año, ese coste eléctrico estaría entre los 600 y los 1.250 Euros de consumo al año.

Dos datos más, para ver el poder adquisitivo razonable para adquirir un nuevo coche eléctrico. En general, los foros expertos manejan que no se deberían dedicar al coche unos gastos que superasen el 10% de los ingresos brutos del trabajador ocupado activo⁵⁶. En algunos casos, siendo muy aficionados y optimistas, podría dedicarse un 18-20% de los ingresos al coste del vehículo.⁵⁷ Otros indican que el precio total del coche no debería superar un salario anual, lo que fija el precio del coche en cerca del 20% del total de este medio de transporte si se amortiza en 5 años.

Con los datos anteriores, se puede ir preparando un esquema de ciudadanos que podrían tener muy difícil o imposible acceder a los coches eléctricos y una matriz de ciudadanos, que a igualdad de poder adquisitivo que el actual, solo podrían acceder a ciertas modalidades mas o menos baratas o caras de vehículos eléctricos.

La tabla 4.4. de los coches eléctricos del mercado hoy, indican un precio para autonomías muy cortas que no superan los 250 km, de unos 35.000 euros, dejando los de gama alta para los más pudientes. Esto frente a los 16.500 euros que se considera el precio medio de un vehículo nuevo de combustión interna.

53 <https://okdiario.com/economia/empresas/2018/11/14/prohibicion-del-diesel-vehiculos-electricos-cuestan-desde-10-000-euros-mas-que-media-3347309>

54 <https://www.europapress.es/motor/coches-00640/noticia-90-espanoles-compra-coches-nuevos-online-recurre-financiacion-trive-20180927170014.html>

55 <https://www.madridiario.es/447970/cuanto-cuesta-comprar-un-coche-en-espana>

56 <https://noticias.coches.com/consejos/cuanto-deberias-gastar-en-comprar-coche/119735>

57 <https://www.20minutos.es/noticia/3144642/0/zaragozanos-gastan-18-su-sueldo-coche/>

Enfrentando esta tabla a la tabla 5.1. más arriba de ingresos por sectores de población , ofrece una conclusión inicial de que aproximadamente un 75-80% de la población trabajadora (ocupada activa) no podría adquirir coches eléctricos de gama media (los cuatro niveles de ingresos más inferiores, con el cuarto nivel adquisitivo en el límite del poder de compra), si quiere cumplir con los requisitos que hoy se consideran razonables para adquirir un coche de combustión interna.

Efectivamente, según estos niveles adquisitivos y de precios de coches eléctricos, así que parafraseando la frase de Humphrey Bogart a Ingrid Bergman en Casablanca, a un 75-80% de los ciudadanos de bajo-medio poder adquisitivo, siempre les quedarán los patinetes, las bicicletas eléctricas y en todo caso, las motos eléctricas o los alquileres o usos esporádicos de coches de tipo “car-sharing” cuando sea necesario en el centro de las ciudades, o el sano y recomendable transporte público.

5.2. Hacia el car-sharing, el car-pooling alquiler de coches con conductor y otros nuevos sistemas de prestación de movilidad.

5.2.1. “Car-sharing”

El sistema consiste en vehículos que están estacionados por la ciudad y tienen geolocalización y una clave para acceder a ellos mediante un contrato de alquiler, bajo determinadas condiciones, que no entraremos a detallar aquí

Emov, por ejemplo, con su marca de movilidad llamada Free2move, en 2017 tenía unos 500 vehículos 100% eléctricos Citroën C-Zero en Madrid. Disponen de 2 talleres o centros de recarga . Atienden a la flota unos 90 operarios, casi 1 por cada 5 coches.

Si la batería de 16 kWh (unos 150 Km), llega al 15% a los 125 Km de recorrido en las mejores condiciones (después de unos 100 Km de recorrido, en realidad) el coche desaparece del mapa de coches disponibles y los operarios se acercan a llevarlo al taller (no se especifica con qué medios).

Si se deja sin batería, hay que utilizar una grúa (de motor de combustión interna) y se penaliza con 75 euros al último usuario que lo haya dejado en esta condición⁵⁸.

58 <https://www.20minutos.es/noticia/3031162/0/como-se-cargan-los-coches-de-emov/>

En estos talleres hay sistema de carga rápida (unos 15 kW) que introducen un 80% de la carga en 15-30 minutos (Circutor) o en carga lenta de 8 horas si todos los puestos están ocupados. Luego, los empleados, los llevan a la calle a ocupar el lugar de uno descargado.

Dado que Emov opera solo en el interior de la M-30 en Madrid, estos desplazamientos para carga y descarga en taller, suponen, aproximadamente un recorrido extra (no útil) de unos 5 Km por trayecto. Con lo que se puede perder en transporte no útil cerca de un 10% de la capacidad de la batería. Dado lo limitado de su campo de acción, no se puede decir que sea un vehículo de solución global, ni siquiera del transporte urbano.

Este sistema es altamente dependiente de un uso intensivo de redes sociales y de aplicaciones de móviles. Por el momento, no hay datos consolidados del éxito comercial y financiero de estas empresas, que parecen estar tanteando el terreno y la mayoría de ellas están todavía en pérdidas.

De resultar exitosas, podrían suponer un cambio considerable de la estructura actual de movilidad, sobre todo en las grandes ciudades y supondrían un ahorro teórico de energía, si bien los coches compartidos en el sistema eléctrico 100% suponen también menos autonomía por llevar más peso del habitual. Pero también supondrían menos ventas para los fabricantes, lo que en nuestro modelo económico supone también un problema.

5.2.2. “Car-Pooling”

El sistema lo que trata, también mediante el uso intensivo de aplicaciones de móviles y de Internet, en plataformas como Carpooling, Bla, bla car y Amovens, para localizar a potenciales usuarios con similares trayectos y horarios para compartir el mismo coche en determinados trayectos y acordar con ellos compartir gastos. El coche puede ser propiedad de una persona que desea compartirlo para reducir costes o de una empresa para que lo compartan los usuarios y no es de alquiler.

Hay dos variante principales: la compartición urbana y la interurbana. En ésta última, los usuarios se ponen de acuerdo, para viajes de cierta duración, como un Madrid-Barcelona o un Bilbao-Sevilla. Dadas las limitaciones analizadas para el coche eléctrico actual en estas distancias, obviaremos esta variante y consideraremos su utilidad fundamentalmente para uso urbano o para acercar ciudadanos de una urbanización en la periferia que tiene similares horarios, a un estacionamiento disuasorio.

Este sistema resulta más rígido que el del coche individual o el de alquiler, para una sociedad que hace uso indiscriminado y exige disponibilidad de los medios y que, muchas veces se salta horarios rígidos de ida o venida convenidos.

Aunque ya en 2012 había intentos para popularizar el sistema, todavía en 2019, esta solución no parece haber progresado mucho a nivel nacional o en cantidad de trayectos conseguidos.

5.2.3. Alquiler de coches con conductor.

Siempre ha habido la modalidad de poder alquilar coches con conductor. Los taxis y los llamados gran turismo son las dos variantes principales. Recientemente han aparecido también nuevas empresas, que apoyadas en plataformas de Internet con aplicaciones muy ágiles han entrado a competir , principalmente con el sector del taxi y principalmente en las grandes ciudades.

Empresas como Uber, Cabify, Lyft, DiDi, Ola, llamadas también empresas VTC (Vehículos de turismo con conductor), están todos los días en los medios de comunicación por el conflicto grave de intereses que representan respecto del taxi por los diferentes requisitos y licencias y modalidades de contrato.

Este modelo de alquiler, al igual que el taxi, puede ofrecerse con vehículos de combustión interna o híbridos más o menos enchufables o eléctricos. En general, los taxis siguen con motores de combustión interna y bastantes se están pasando a los híbridos, pero apenas hay eléctricos, ya que sus kilometrajes actuales les crean dificultades y acortan bastante la vida de las baterías.

En los VTC algún vehículo eléctrico de alta gama se ha visto circulando (Tesla S) por Madrid, por ejemplo, pero no está clara la rentabilidad de este sistema ni se ha asentado todavía como tal en el mercado.

Este tipo de soluciones de movilidad pueden suponer una transformación importante de los hábitos actuales, si siguen popularizándose, pero de momento, no suponen un impacto que pueda afectar al parque de coches eléctricos.

5.3. El efecto cascada y los riesgos de embarcarse en una sociedad eléctrica 100%

Una vez que una red de suministro energético general y nacional se generaliza, hay un componente estratégico de la mayor importancia y es el impacto que puede suponer para esa

sociedad que haya un desabastecimiento o un corte generalizado del flujo energético que la mantiene, sobre todo, si es por un periodo prolongado de tiempo.

En general, suele suceder que cuanto más complejo es el sistema de abastecimiento energético, más calidad y confort inicial ofrece el mismo, pero también, más delicada y compleja es su gestión. Y a veces, más difícil es la reversibilidad del sistema o su sustitución rápida y eficaz por otro sistema energético.

Si partimos de nuestras sociedades ancestrales como primates u homínidos, de antes de controlar el fuego (el fuego no se “descubre”; se aprende a controlarlo y a gestionarlo), no había problema energético alguno: los seres vivos toman la energía del sol y de las plantas y animales que convivían con ellos, en las latitudes que eran posibles para esa vida al aire libre (no en los polos, por ejemplo).

Al descubrir el fuego, el hombre amplía su ámbito geográfico de forma considerable, pues puede empezar a vivir en zonas más septentrionales y frías, quemando biomasa. Si la biomasa falla por agotamiento de la que hay en el entorno, su modo de vida se dificulta en extremo en una zona fría.

Los desarrollos posteriores de sistemas eólicos (molinos, velas, etc.) e hidráulicos primitivos (presas, regadíos, forjas hidráulicas, molinos, etc.), promueven otro salto hacia adelante en lo que denominamos usualmente “progreso”, a cambio de un inevitable aumento de la complejidad.

El descubrimiento y utilización masiva de los combustibles fósiles, con el carbón en primer lugar, el petróleo en segundo lugar y el gas en tercer lugar, culmina una espiral de “progreso”, que nos lleva a colonizar todo el orbe, a multiplicar la población y a esquilmar especies vegetales y animales y a arrancar minerales de la corteza terrestre a escala nunca vista.

Sobre todo, se desarrolla vertiginosamente la movilidad y se alcanza la globalización o mundialización de la economía. El carbón fue el primer impulsor de esa movilidad con los primeros trenes, más eficientes que los de combustión de madera, pero lo que dio el gran salto de la movilidad fue la característica única del petróleo y sus múltiples derivados (desde gases licuados del petróleo, a gasolinas diversas, kerosenos, diésel, fuel-oil, productos lubricantes y químicos, plásticos y finalmente coques y asfaltos), como combustibles versátiles y con una densidad energética por peso y volumen incomparablemente mayor que los demás combustibles conocidos.

Ver la tabla 4.7 como ejemplo de densidad de almacenamiento de energía por unidad de volumen y peso.

La electricidad, en sus diferentes formas, empieza a tener utilidad. Es el sistema cumbre de la complejidad del suministro, que los beneficiarios apenas intuyen, porque dan por descontado el suministro de la misma. Y es el tipo de energía de más calidad y confort, para las sociedades desarrolladas y tiene multitud de aplicaciones.

Las primeras ciudades comenzaron a electrificarse de forma muy pobre y apenas para iluminación hace apenas 130 años. Todavía hoy hay más de mil millones de personas que no tienen acceso a la electricidad, según la AIE⁵⁹.

Y este espectacular desarrollo ha hecho que las diferentes fuentes de energía terminen muy entrelazadas, dependiendo unas de otras de forma muy compleja y a veces también muy peligrosa y muy frágil. Pero es importante recalcar que unas energías dependen más de otras que al revés, como veremos más adelante y la electricidad es una de las más dependientes de la existencia de las demás energías disponibles y por tanto uno de los sistemas energético más débiles y frágiles ante una eventual disrupción o catástrofe.

Las sociedades preindustriales, no dependían en absoluto de los fósiles o de la electricidad para vivir.

La sociedad del carbón, dependía inicialmente de la biomasa para construir desde vigas para las minas de carbón, o animales de tiro para su extracción o incluso para traviesas de los primeros ferrocarriles para su propia extracción. Pero todavía no dependían de la electricidad ni del petróleo o del gas natural.

La sociedad del petróleo, cuando arranca, necesita sobre todo del carbón para la siderurgia y metalurgia para realizar exploraciones y perforaciones de yacimientos. Incluso los primeros trenes con los que comercializaba Rockefeller su petróleo se movían con carbón. Los motores de explosión multiplicaron los esfuerzos humanos de forma inaudita y resultaron mucho más versátiles que las máquinas que se movían con carbón. Pero todavía no necesitaban de electricidad.

Hoy, incluso una gran parte de la biomasa (leña y cultivos) se recolecta mediante el uso de maquinaria que consume energía fósil (grandes camiones, grúas, desbrozadoras, motosierras, etc. etc.), mientras la industria del petróleo prácticamente no depende de la energía de la biomasa.

Los primeros embalses hidroeléctricos se podían construir a mano, pero terminaron pronto siendo construidos y mantenidos por maquinaria pesada, con hormigón y acero, producidos en grandes cementeras y siderurgias, con todo ello movido fundamentalmente por derivados del petróleo y del carbón y en parte con generadores y piezas metálicas construidas con el uso del carbón.

La electricidad empezó a entrar en los procesos industriales, cuando ya estos estaban bastante desarrollados y contribuyó, ciertamente, a acelerar aún más el “progreso”. Entró también en los hogares, primero como sistema de iluminación más limpio que las velas o las lámparas de keroseno o de aceite. Y terminó hasta haciendo girar los cepillos de dientes eléctricos.

59 http://trackingsdg7.esmap.org/data/files/download-documents/tracking_sdg7-the_energy_progress_report_full_report.pdf

El desarrollo de la electrónica, permitió otro paso en la mayor imbricación e interrelación de los sistemas de generación eléctricos y en todos los demás y en los procesos industriales que seguían y siguen quemando principalmente carbón, petróleo y gas natural.

Por ejemplo, los primeros motores de gasolina, diésel o fueloil apenas necesitaban de la electricidad y la electrónica para arrancar y funcionar. Hoy sería impensable que un coche, furgoneta, camión, autobús, tractor o maquinaria pesada en general, pudiese funcionar sin una gran cantidad de complejos circuitos eléctricos dentro de ellos.

Pero todos ellos, todavía hoy, utilizan la combustión de fósiles para cargar las baterías que suministran la electricidad a estos mismos vehículos. Es decir, no son sistemas energéticos reversibles o igualmente dependientes. Los derivados del petróleo son más claves para la operación que la electricidad que ellos mismos generan o pueden generar.

Hoy todos los sectores de la economía son altamente dependientes de un suministro eléctrico seguro, estable, permanente y fiable: un banco no puede ni abrir sus puertas sin electricidad y muchos menos realizar una transacción o admitir un ingreso de un euro.

Un barco mercante no puede navegar sin electricidad (pero mucho menos sin combustibles fósiles).

Un avión lleva complejissimos sistemas eléctricos, desde los sistemas de navegación controlados por ordenadores, a los de climatización de la cabina o sistemas de apertura y cierre de tren de aterrizaje. Pero toda su electricidad se genera quemando keroseno.

La industria del petróleo, del gas natural y del carbón, utilizan masivamente la energía eléctrica, para realizar las funciones esenciales de exploración, perforación, extracción, transporte, refinados y distribución. Las gasolineras hoy no funcionan sin electricidad (no siempre ha sido así y durante muchos años se podía bombear a mano de los depósitos).

En aplicaciones residenciales, hoy una calefacción de gasóleo no puede funcionar sin electricidad para mover las bombas; lo mismo que un sistema de riego agrícola.

La mayoría, si no la práctica totalidad de las actividades económicas, industriales y tecnológicas del mundo actual, están dirigidas por ordenadores que funcionan con electricidad o con procesos controlados remotamente por complejas redes de telecomunicación y de tecnologías de la información, como los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), que funcionan todos con electricidad.

Pero ello no nos debe confundir: la electricidad es hoy un vector tan potente y poderoso como frágil y más dependiente de otros combustibles masivos fósiles, que estos de la electricidad.

Los aerogeneradores y los módulos fotovoltaicos pueden generar electricidad sin utilizar aparentemente combustibles fósiles. Pero solo **aparentemente**. Estos sistemas, en realidad no son energías renovables; son sistemas no renovables capaces de captar durante un limitado periodo de tiempo, parte de los flujos renovables de la naturaleza. Y lo peor de todo, están

absolutamente apuntalados por una sociedad que funciona en un 80% con energía primaria fósil; un 10% con energía de la biomasa; un 5% con energía nuclear y el resto con las llamadas energías renovables.

Hoy las sociedades mundiales, tal y como las conocemos, pueden vivir sin las energías llamadas renovables, pero no al revés, al nivel en el que nos encontramos.

No hay simetría en la dependencia de unas energías de otras. Esto debe quedar claro.

Una turbina de gas de ciclo combinado se puede fabricar, instalar y mantener sin energías renovables. Un aerogenerador o un módulo fotovoltaico, no se pueden fabricar, instalar y mantener sin energía fósil.

Un sistema energético de energía fósil, puede generar la electricidad que necesita con sus propio autoconsumo, como hacen todos los sistemas de transporte que conocemos. Un sistema eléctrico no puede generar ni un vector energético que alimente una máquina que consume fósil, ni puede generar su propia electricidad para autoconsumo si falla la red eléctrica, que hoy está alimentada a nivel mundial en un 65% de combustibles fósiles.

Una central nuclear no puede producir sin energía fósil que haga la minería del uranio, lo refine, los transporte, saque los desechos y vigile las plantas y cre la red por la que evacuar, que todo se hace con energía principalmente fósil. Es más, una central nuclear necesita desesperadamente energía eléctrica, incluso en caso de apagón generalizado (Fukushima), que, en caso de que fallen los generadores de emergencia (que funcionan con fósiles), le debe proporcionar la red eléctrica exterior, que funciona principalmente con y por energía fósil, para seguir refrigerando las barras de los reactores y de las piscinas, o sufrirá la fusión desastrosa y catastrófica de las mismas.

Un país como la antigua Yugoslavia, puede resistir relativa y limitadamente el ataque de una organización como la OTAN, hasta que esta decide bombardear con grafito varias subestaciones eléctricas y deja al país a oscuras. Pocos días después, el país caía rendido.

Una red eléctrica que se cae con mucha frecuencia, como sucede en Sao Paulo, en Brasil y en decenas de ciudades y naciones más, donde el suministro eléctrico es inestable, es la excusa para que la mayoría de los edificios e industrias se doten de generadores de diésel o de fueloil de emergencia para poder seguir funcionando a la espera de que vuelva el suministro eléctrico. Hay algunas barriadas de Sao Paulo construidas sobre humedales, que si les falla el suministro eléctrico, anegan sus sótanos y tienen que estar bombeando de forma continua. Es el combustible fósil y su densidad, su facilidad de acumulación y transporte el que hace posible esa "resiliencia", mucho más que la electricidad.

Todos los sistemas de telecomunicación, suelen estar dotados de sistemas de alimentación ininterrumpida, consistentes en baterías de cierta capacidad, que les dotan de cierta autonomía, para seguir operando con cortes de poca duración. En general, las estaciones base de las redes móviles o celulares se diseñan para operar hasta 6 horas sin suministro eléctrico. Más allá de ese tiempo, la red se cae.

Los sistemas más sensibles de las Tecnologías de la Información y la Comunicaciones (TIC) disponen de baterías de mayor capacidad, pero flotando hasta que arrancan generadores diésel o de fuel o de gas de alta capacidad, capaces de mantener el suministro eléctrico a grandes servidores durante apagones más prolongados; siempre y cuando, esos generadores reciban aportes regulares de combustibles fósiles antes de agotar sus depósitos.

Un país como Puerto Rico quedó completamente sin energía eléctrica con el huracán María. Recordemos que Puerto Rico es formalmente territorio de los Estados Unidos, el país más tecnológicamente poderoso del planeta. Grandes partes del país, quedaron sin fluido durante meses; alguna parte sigue sin electricidad, casi un año y medio después. Los sistemas que han podido recuperar los tendidos y subestaciones e instalaciones domiciliarias, comerciales o industriales, han sido las versátiles máquinas (buques de ayuda a puertos, aviones militares con sistemas de emergencia, camiones, grúas, etc.), movidos todos con energía fósil. Hubiese sido impensable una recuperación similar con sistemas puramente eléctricos.

No. No son todos los sistemas energéticos igual de dependientes. Los sistemas puramente eléctricos serían muy dependientes de la red eléctrica. Si esta cae, tienen muy difícil poder volverse a levantar. El empleo de una central nuclear que acude a una emergencia, lo hace sobre un vehículo que consume energía fósil o lleva un camión con repuestos con energía fósil. El problema de los sistemas pesados de transporte terrestre y de maquinaria pesada para minería y obras públicas, sigue muy lejos de estar resuelto de forma eléctrica. La marina mercante y pesquera también tienen ese problema pendiente. La aviación civil mundial igualmente. Las fuerzas armadas se dotan de muy alta movilidad que los sistemas eléctricos no pueden satisfacer ni de lejos.

Todos estos entramados impulsados por combustibles fósiles están haciendo posible la red eléctrica y con ella sus aplicaciones. Y esto no es exactamente al revés. No hay simetría en la dependencia. En el futuro quizá podamos ver esto:



Figura 5.1. Camión diésel con generadores diésel a bordo, cargando coches eléctricos. Fuente: *Mr Frank McVeety tweet*

Pero es prácticamente imposible o muy poco probable que veamos esto algún día:

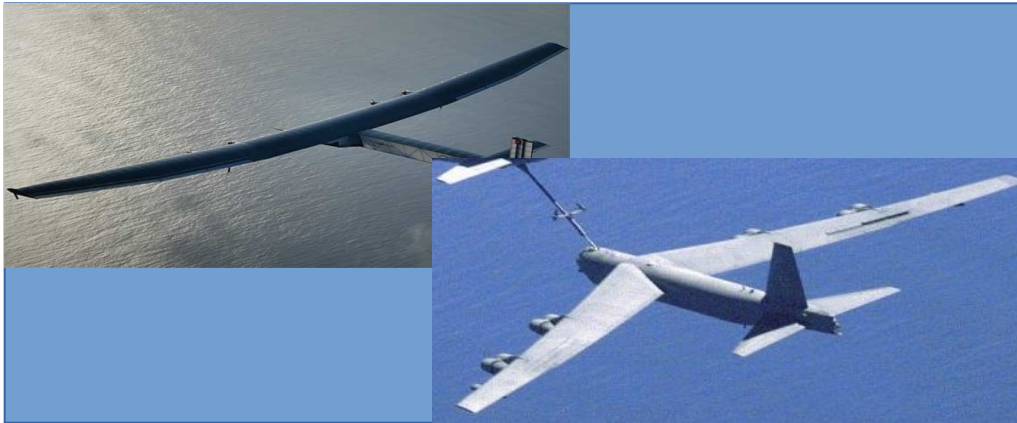


Figura 5.2. El avión eléctrico Solar Impulse recargando en vuelo un B-52

Estas consideraciones son para tener en cuenta a la hora de embarcarnos en una transformación sin haber pensado en cómo solucionar eventos de este tipo, que contra lo que muchos pudieran pensar, se pueden dar con relativa facilidad. Embarcarse en transformaciones 100% eléctricas, pensando en que ya solucionaremos los problemas que se puedan presentar por el camino, es cuando menos, aventurado, por no decir poco serio, por parte de los planificadores sociales.

6. CONCLUSIONES.

- **Que el modelo de movilidad del transporte privado está cambiando, es indudable.** Tanto por los problemas que plantea el petróleo por sus limitadas existencias en los yacimientos de muchos países productores, ya en declive, como por los problemas ambientales.

Especialmente cierto es para el transporte urbano, sobre todo en las grandes ciudades donde la contaminación ambiental se concentra y los espacios se achican de forma considerable.

Esto no necesariamente va a determinar que el transporte privado eléctrico sea necesariamente la sustitución al vehículo privado de combustión interna. Otros modelos de transporte público o compartido pueden terminar teniendo lugar.

Tampoco el transporte privado resuelve los problemas de la contaminación y de la necesidad del uso de diésel o combustibles líquidos más pesados, para el transporte de bienes y servicios y el horizonte no presenta soluciones viables a camiones, autobuses, maquinaria pesada de obras públicas y minera, aviación, agricultura mecanizada, fuerzas armadas, etc.

- **Los coches eléctricos no son verdes ni producen cero de contaminación.** Hemos visto que su fabricación, según bastantes fuentes, consume mucha energía generalmente fósil y en general, más energía que un coche equivalente de combustión interna. De forma que saliendo de fábrica ambos, el eléctrico ya ha consumido unos 55.600 Km. más que el de combustión interna con el consumo de energía extra para su fabricación. Eso, sin contar que mientras la electricidad se siga produciendo principalmente con combustibles fósiles, la doble transformación (fósil-calor-electricidad-movimiento) es menos eficiente que la fósil-calor-movimiento. Solo cuando se pueda constatar que la electricidad es 100% renovable se podrá decir esto, si es que las energías llamadas renovables no salen a su vez de consumir grandes cantidades de energía fósil, en cuyo caso, ni eso. Según la conclusión anterior, aunque sea en una teórica menor medida. Si en España el 39% de la electricidad es renovable, todavía queda un 61% que no lo es y un 46% que es concretamente de origen fósil. Pero en el mundo la situación es todavía peor: casi dos tercios de la electricidad mundial se generan con combustibles fósiles y ese porcentaje sube a tres cuartos si se añaden las nucleares.

Más electricidad, de momento es más contaminación. Las publicaciones científicas deberían huir de estas letanías de energía limpia y no emisiones de gases de efecto invernadero al referirse al coche eléctrico.

- **Solo se eliminará la cuarta parte de los productos refinados del petróleo cuando el 100% de los coches sean eléctricos.** Las recientes medidas adoptadas por el Ministerio para la Transición Ecológica de eliminar la producción de vehículos de combustión interna para 2040 y su circulación para 2050, a pesar de parecer una medida ambiciosa que ha sido contestada ferozmente por buena parte de la industria tradicional, apenas suponen la eliminación de un 24% del volumen de petróleo importado, en forma de todas las gasolinas y solo parte de los consumos de diésel. El 76% del petróleo sigue y seguirá siendo necesitado (a menos que nuevos programas indiquen lo contrario) para otros muchos usos y para los que no hay previstas sustituciones a medio plazo.

Esto supondrá un serio problema de desequilibrio en las refinerías, que debería afrontar y explicar el gobierno, ya que si se sigue necesitando importar petróleo crudo para producir parte de diésel, fuelóleos, kerosenos, coque, lubricantes y productos varios, plásticos o asfaltos, las refinerías van a seguir produciendo una fracción de gasolinas y gases licuados del petróleo. O exportan las gasolinas y el diésel resultantes del fraccionamiento, trasladando a terceros el problema que aquí dicen solucionar, o tendrán que hacer reformas claves y muy costosas en las refinerías para que esos derivados no salgan del fraccionamiento.

- **Los materiales que se utilizan para la fabricación de un coche eléctrico tienen problemas graves de escasez,** si se pretende que el modelo de movilidad del transporte privado pivote completamente a eléctrico. La producción de estos vehículos la planifican las multinacionales a nivel mundial, no nacional y sustituir los 1.200 millones de vehículos térmicos que hoy circulan supone un reto de considerables dimensiones en la disponibilidad de algunos materiales, como el cobre, el litio o el cobalto.

Otros materiales abundantes en el coche eléctrico son derivados de los combustibles fósiles, principalmente plásticos.

También es imprescindible plantearse ya mismo en este sistema de movilidad que se supone pretende desplazar al petróleo, cómo se van a mantener los millones de Km de carreteras y autovías del mundo, construidas hoy con asfaltos derivados del petróleo, que hacen posible la movilidad eléctrica. Si una refinería debe seguir produciendo asfaltos, necesariamente tiene que seguir produciendo otros derivados del petróleo, como

fuelóleos, kerosenos, diésel o gasolinas, por lo que no parece justificado ni razonable decir que el coche eléctrico eliminará el petróleo.

- **La red eléctrica nacional no está preparada para soportar 24 millones de vehículos eléctricos.** Esta red tiene capacidad teórica de generación y transporte para alimentar esos 24 millones de vehículos eléctricos (por cierto, utilizando la capacidad ociosa de centrales de gas de ciclo combinado que queman fósiles), pero la red eléctrica es más que generación y transporte. Es distribución e instalaciones hasta las mismas tomas eléctricas dentro de los inmuebles. Y estas distan mucho de estar preparadas.
- **La energía eléctrica de 24 millones de coches eléctricos sería apenas entre un 20 y un 25% adicional al consumo eléctrico nacional de 269.000 Gwh anuales. Pero la potencia a instalar en los puntos de recarga que se considera darían una servicio de calidad similar al actual de las gasolineras, estaría cercano a la duplicación de la potencia actual instalada de 105 GW en España.** Por tanto, hay que distinguir muy cuidadosamente entre energía necesitada y potencia exigida para servirla. Esto nos lleva al punto de las afirmaciones de directivos de REE de que hay capacidad suficiente en generación y transporte, pero no la hay en las redes de distribución y del último kilómetro para dotar de la potencia necesaria, incluso con consideraciones de una inmensa mayoría de puntos de recarga convencionales (muy lentos) de 3,45 kW.
- **La relación carga/tara es mucho más pobre en los vehículos eléctricos que en los de combustión interna.** Y a medida que se intenta aumentar la autonomía del vehículo o su capacidad de carga, el peso de la batería aumenta de forma exponencial, haciendo inviable, incluso con la tecnología de ión-litio, el transporte y la movilidad de cargas pesadas o a grandes distancias.
- **La vida útil de un vehículo eléctrico es aproximadamente la mitad, su precio es aproximadamente el doble y su autonomía es aproximadamente la tercera parte que la de uno de combustión interna.** La primera premisa hace que el gasto de materiales sea muy abundante en un parque eléctrico. El reemplazo de la batería por otra nueva, dado que representa aproximadamente el 40% del precio total del vehículo, implica, monetariamente, el cambio del vehículo eléctrico cada 8-10 años.

La edad media de los vehículos de combustión interna es ahora de 12 años, pero con vehículos circulando 20 años y más, con ligeras modificaciones en repuestos. Las autonomías de los vehículos de combustión interna están entre los 600 y los 900 Km.

Esto influye notablemente sobre el mercado de vehículos de segunda mano, que ahora, pueden adquirir los segmentos sociales de menor poder adquisitivo, adquiriendo vehículos con, por ejemplo, 15 años de antigüedad y 300.000 Km. todavía en un estado de uso razonable, por menos de la décima o la vigésima parte del precio original. En el caso del vehículo eléctrico, al durar la batería diez años y costar el 40% del vehículo, la compra de segunda mano de un vehículo de 10 años, si exige un pronto cambio de batería, dejaría al comprador de bajo poder adquisitivo fuera del mercado.

- **Los puntos de recarga suponen uno de los mayores problemas para el desarrollo del vehículo eléctrico.** El problema más grave, comparativamente hablando con los motores de combustión interna, son los tiempos de recarga. Hasta la recarga más rápida de 50 kW de potencia, lleva cerca de una hora cargar un vehículo con batería de 40 kWh al 100% para una autonomía teórica de 250 km. Frente a los 3 minutos de un vehículo de combustión interna para dotar al vehículo cargado de 600-900 Km. de autonomía sin paliativos.

Esto va a hacer cambiar la estructura actual de la movilidad, si el coche eléctrico se generalizase al 100% de la flota de vehículos privados en España. Porque al contrario que ahora, que la práctica totalidad del suministro de energía de l transporte privado se hace en gasolineras, en el caso del vehículo eléctrico se puede hacer también en la calle o en domicilios y garajes.

Esto deja a las electrolineras una función marginal de recarga muy rápida (relativamente hablando) para casos de extrema necesidad, por lo que posiblemente sus cuentas no resulten. También las gasolineras se encuentran ante el dilema de tener que seguir sirviendo a furgonetas, camiones y demás vehículos pesados y maquinaria agrícola, pero al mismo tiempo, disponer (en muchos casos no es así) de espacios extra para recargas eléctricas.

Dado que los tiempos de recarga más rápida son unas 10 veces más lentos que una carga de combustible líquido equivalente, los espacios que habría que habilitar para evitar colas imposibles en las electrolineras, deberían ser unas 10 veces la superficie actual.

- **Los ciudadanos de menor poder adquisitivo deben pagar más.** En la actualidad, el mercado de los vehículos de combustión interna, tiene un mercado que desplaza con mucha facilidad los vehículos de segunda mano hacia los menos pudientes, a los que les siguen dando servicio bastantes años más, a costes que pueden ser una fracción muy pequeña del precio inicial de venta.

En el caso de los vehículos eléctricos, el deterioro fundamental del mismo es el de la batería, que es el 40% del valor del coche (valor doble que el de combustión interna. Intentar pasar en segunda mano a gente con menor poder adquisitivo, resultará muy poco probable, porque la inversión en cualquier caso implicaría además del coste de venta, el cambio casi seguro de la batería.

Por otro lado, hemos visto que más de 10 millones de los 23 millones de vehículos estacionan en la calle por falta de garajes. Es decir, son los de ciudadanos con menor poder adquisitivo en general. Los puntos de recarga de intemperie son mucho más costosos que los que se pueden instalar en sus garajes privados la gente con mayor poder adquisitivo, pues son compartidos y deben tener un equipo sofisticado para el cobro e identificación de usuario, además de estar preparados para ambientes de exterior y contra vandalismo.

- **El urbanismo de las calles dificulta enormemente y hace muy costoso el despliegue de infraestructuras para alimentar los puntos de recarga callejeros.** En efecto, las calles de nuestro país, sobre todo en ciudades antiguas (y España tiene muchas ciudades muy antiguas), tienen un urbanismo que no estaba pensado para la movilidad en vehículos privados, fuesen de combustión interna o ahora eléctricos. No obstante, la electrificación añade un problema suplementario más, al estar obligados a instalar millones de puntos de recarga en las aceras, muchas veces muy estrechas y ya saturadas con árboles y alcorques, señales de tráfico, farolas de iluminación, registros de conducciones de gas, agua electricidad o comunicaciones y alcantarillados, por no mencionar los espacios para contenedores de basuras municipales.
- **Un 75-80% de los ciudadanos no tendría poder adquisitivo para adquirir un coche eléctrico medio.** Contrastados los datos de los percentiles de ingresos por trabajador con el coste de los vehículos eléctricos, resulta que la mayor parte de la población no se podría permitir mantener un coche eléctrico sin hacer sufrir considerablemente sus en muchos casos maltrechos presupuestos familiares.

De nuevo nos encontramos ante el flagrante e injusto caso de que cualquier tipo de ayuda o subsidio, que soportan los impuestos de los españoles de cualquier nivel social, están beneficiando fundamentalmente a los de mayor poder adquisitivo.

Esto puede hacer cambiar la estructura actual de propiedad de vehículos, de forma que los de menor poder adquisitivo tengan que migrar hacia movibilidades de menor rango (motos o bicicletas eléctricas e incluso patinetes para la juventud) o virar hacia

modalidades de “car-sharing” o “car-pooling” cuya utilidad y razonabilidad se están ensayando estos días con una parte de la población como conejillo de Indias.

- **El coche eléctrico llega en zonas urbanas pero no a otras distancias (todavía).** Hemos visto como las ciudades pueden ser una aplicación factible, sin que ello implique solución alguna a la contaminación a nivel mundial, sino, en el mejor de los casos, a la contaminación urbana, que es sólo una pequeña parte de nuestro problema ambiental.

El hecho de que para largas distancias sea muy complicado su uso, incluso suponiendo puntos de recarga ultrarrápida a lo largo de las carreteras, que hemos visto deberían posiblemente duplicar el número de electrolineras respecto del de gasolineras actuales en línea para abastecer la movilidad interprovincial, convierte al eléctrico en una solución, como mucho, urbana.

Esto tiene, como aspecto positivo, que la composición de la movilidad urbana puede cambiar de forma importante, y podría terminar con un sistema de coches en alquiler o de uso compartido o con conductor y eso haría disminuir el número de vehículos necesarios para la movilidad ciudadana urbana, pero sería seguramente mala para fabricantes, que siguen aspirando a vender cada vez más unidades de lo que sea.

Pero si los ciudadanos quieren seguir manteniendo el sistema actual de movilidad múltiple con coche de combustión interna, que ahora cubre tanto sus actividades urbanas como interurbanas, no podrían desprenderse del coche de combustión interna para las últimas (salidas de fin de semana, vacaciones, etc.) y terminarían teniendo dos vehículos, uno de combustión interna para los desplazamientos largos y el otro para movimientos urbanos, utilizando ambos menos y gastando más en compra y mantenimiento. Si el eléctrico de por sí ya dijimos que quedaría fuera del alcance del 75-80% de la población trabajadora, esta duplicidad de uso sería inabordable para muchos usuarios normales.