



## Boletín de Noticias de Automoción Especial Vacaciones Agosto 2019 (I)

### Los motores de combustión contra la crisis climática

El porqué es necesario seguir desarrollando motores de combustión para luchar contra la crisis climática global desde la perspectiva del transporte nos lo explican Jose Ramon Serrano, Raul Payri, Bernardo Tormos y Alejandro Gomez Vilanova desde **CMT - Motores Térmicos** de la Universitat Politècnica de València.

Los motores de combustión interna (MCI) son los principales sistemas de propulsión en el transporte terrestre y ya a mediados de 2017 Serrano [1] hacía referencia a la imposibilidad de su reemplazo como planta motriz en la mayoría de los vehículos en las próximas décadas. Esta afirmación se cumpliría incluso considerando el crecimiento de los vehículos eléctricos e híbridos enchufables. Los argumentos a favor de esta postura tenían en cuenta la creciente demanda de transporte; el fuerte desarrollo de MCI



más limpios y eficientes; la disponibilidad de combustibles fósiles a buenos precios y la alta densidad energética que presentan dichos combustibles convencionales. En conjunto, parecía haber suficientes argumentos para apoyar la viabilidad a medio-largo plazo de los MCI como planta propulsora predominante para el transporte terrestre mundial. La situación ha cambiado drásticamente en los últimos tres años. Los medios de comunicación y otros actores del mercado están reclamando la muerte de los MCI a medio plazo [2]. Los políticos de varios países del G7, como Francia y el Reino Unido, han anunciado la prohibición de los MCI en sus mercados [3], en algunos casos

ya en 2040. Las grandes ciudades como Londres, París, Madrid y Berlín están considerando límites severos para los MCI en sus calles ¿Qué análisis se puede plantear de esta nueva situación?

#### 1. ¿Cuál es el problema de los MCI?

Los argumentos de los medios contra los MCI, van desde la necesidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> (calentamiento global), hasta la necesidad de mejorar la calidad del aire en las ciudades (emisiones de NO<sub>x</sub> y material particulado).

Gran parte de este debate sobre el futuro de los MCI ha sido amplificado (o detonado) por el escándalo del *Diesel-gate* [4][5]. Una horrible decisión desde un punto de vista de gestión y de ingeniería (en un momento y lugar determinados) ha generado un efecto mariposa en la industria automovilística del mundo entero. No obstante, haciendo del problema una virtud, el *Diesel-gate* ha forzado nuevas regulaciones para obtener MCI mucho más eficientes y limpios [6][7][8][9].

Como ocurre comúnmente, las viejas y laxas regulaciones han derivado actualmente en un efecto pendular hacia posiciones radicalmente contrarias, haciendo las delicias de los medios de comunicación y generando reacciones políticas excesivas (ambos, sin una clara base científica). Todo esto se plasma en titulares alimentados por la necesidad de publicar una novedad suficientemente popular o buenista. Podríamos definir la situación como: 'populismo energético'. Por supuesto, las nuevas regulaciones que obligan a la tecnología de los MCI a ser más respetuosa con el medio ambiente deben ser siempre

bienvenidas. Sin embargo, las prohibiciones, motivadas por un diagnóstico deficiente de la situación no ayudarán en absoluto: ni para mejorar la calidad del aire ni para mitigar el calentamiento global.

## 2. ¿Cuál es el problema con los vehículos eléctricos?

Asumiendo la necesidad del transporte a medio y largo plazo, ¿Cuál debiera ser la alternativa al MCI actual? ¿Son automóviles como los que fabrica Tesla? Combinando ese efecto péndulo del que se hablaba antes con el excelente marketing de la marca americana, el cóctel de confusión está servido para los medios de comunicación. Al fin y al cabo, uno podría preguntarse: ¿No están los sistemas propulsivos convencionales usando la misma tecnología durante los últimos 140 años o incluso más? ¿Cómo puede un concepto tan antiguo ser innovador? ¿Cómo puede ser genial y tecnológico un MCI si continúan quemando cosas dentro de los motores? Y fácilmente llegar a la siguiente conclusión ERRÓNEA: ¡Demos la bienvenida a los “nuevos motores eléctricos y baterías” en automóviles de cero emisiones!

La mala noticia es que la energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma. Los motores eléctricos y las baterías no son nuevos, tampoco son limpios y, en general, no están libres de problemas; específicamente, dos grandes problemas.

El primer gran problema es que el motor eléctrico no usa una fuente de energía sino un vector energético. Esto es: Electricidad, que no existe como fuente y no se puede acumular en grandes cantidades; tiene que generarse cuando se consume. Si pensamos en las baterías como acumuladores de energía eléctrica, éstas se inventaron hace mucho tiempo y siguen siendo pilas de productos químicos que pueden transformarse fácilmente en electricidad cuando sea necesario. Pese al progreso observado, las baterías son una tecnología totalmente inmadura en el rango de potencia y energía necesaria para el transporte terrestre. Por lo tanto, no pueden competir con éxito con los combustibles líquidos. ¿Y por qué es una tecnología tan inmadura? Hay cuatro motivos:

- El reabastecimiento del nivel de batería es inaceptablemente largo para los usuarios [10].
- La densidad de energía es inaceptablemente baja. Con autonomías reales por debajo de los 250 km en los utilitarios [11] y alrededor de los 300 km en los SUV [12].
- La durabilidad de las baterías es limitada y menor que la vida útil del propio vehículo. Estudios como [13] y [14] son buena prueba de este problema asociado a más basura electrónica que reciclar.
- Por último, el suministro de materias primas para su fabricación (níquel, litio, cobalto, cobre, manganeso...) es un problema acuciante, ya que están alcanzando precios desorbitados. Según Sarah Maryssael, gerente global de suministros de metales para Tesla [15], actualmente el principal problema es el aprovisionamiento de cobalto, necesario para el ánodo de las baterías de iones de litio; un Tesla Model X necesita 7 kg por vehículo y un Tesla Model 3 unos 4,5 kg [16]. Este mineral se extrae principalmente de la República Democrática del Congo, donde se incumplen los derechos humanos a través del trabajo infantil y falta de seguridad en las minas, entre otras muchas realidades [17]. Luego llega a los mercados internacionales y su origen se diluye debido a la escasa trazabilidad existente. Finalmente, se refina fundamentalmente en China, por lo que se añaden problemas geopolíticos a la inseguridad del suministro.

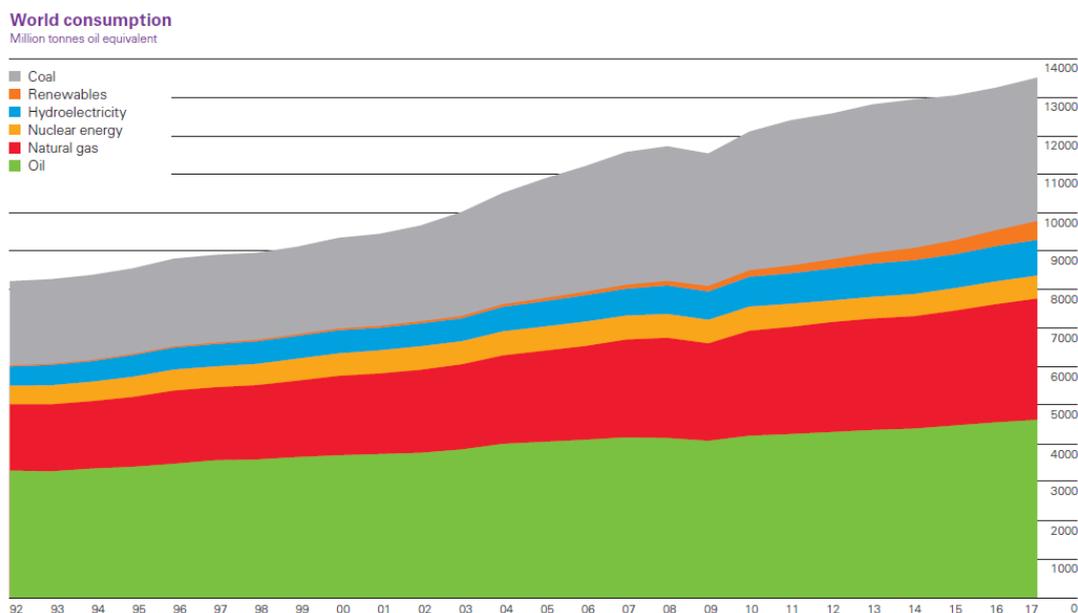
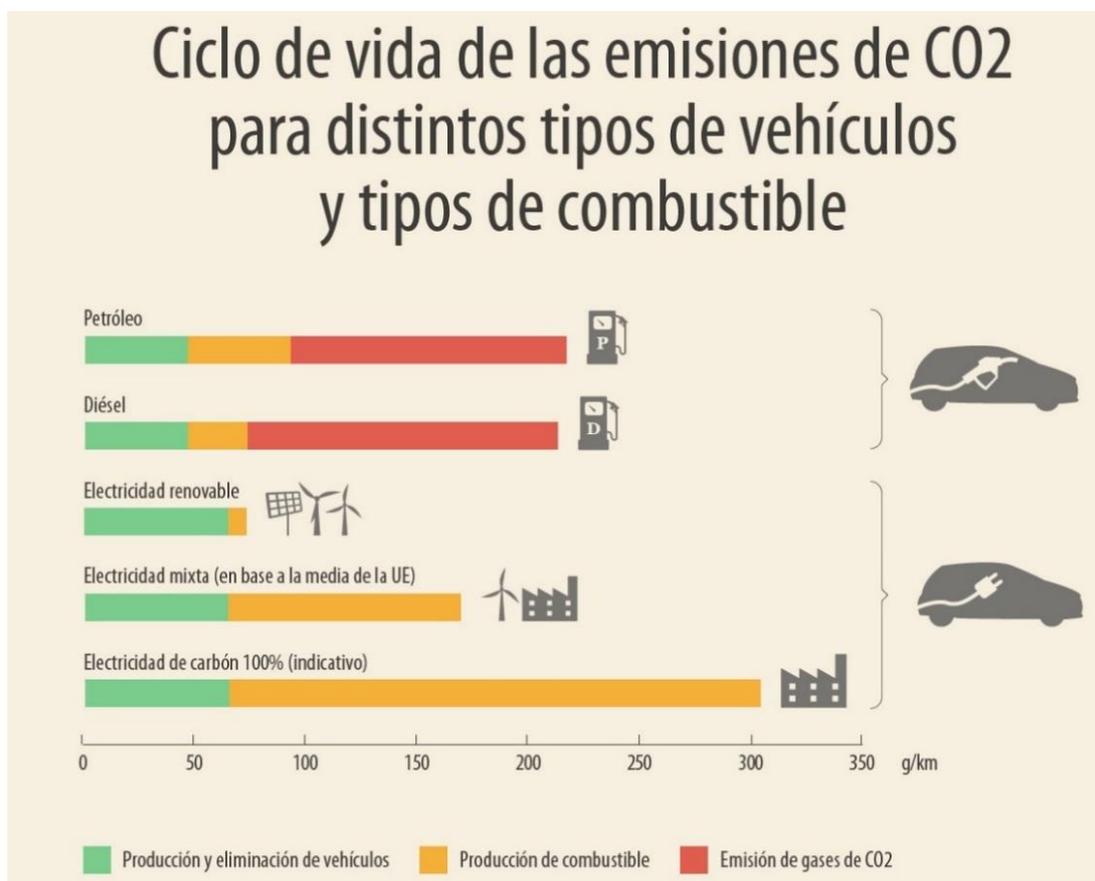


Ilustración 1: Evolución del consumo mundial de energía según origen en millones de toneladas equivalentes de petróleo en los últimos 25 años [18]

El segundo gran problema es que no estamos hablando de TICs (Tecnologías de Información y Comunicación), estamos hablando de masa, energía, potencia y el segundo principio de la termodinámica. Así como el público entiende el impacto de la gravedad o las fuerzas de fricción en las tecnologías de transporte, deben saber también como de restrictivo es el segundo principio de la termodinámica: El problema es que la electricidad tiene que ser producida, que en la mayoría de los casos se produce a partir de fuentes de energía no renovables (con alrededor del 60% de pérdidas), y que tiene que ser transportada (con las pérdidas adicionales de otro 20%). Desafortunadamente, las fuentes renovables son escasamente un 10% del mix energético mundial [18] y no tenemos un pronóstico a medio plazo de que esta cifra aumente significativamente. Esto lo refleja muy claramente el BP Statistical Review of World Energy en la *Ilustración 1*, que es muy pertinente por ser un análisis a nivel mundial y no estatal o urbano.

En algunos países como USA, China, Rusia, Polonia, Corea del Sur o Alemania, los combustibles fósiles, incluido un buen porcentaje de carbón, siguen siendo la mayor fuente de energía como materia prima de producción de electricidad. Los países del G8 con alternativas reales a las tecnologías que emiten CO<sub>2</sub> son básicamente uno: Francia, y ello debido a su mantenida apuesta por la energía nuclear. Por lo tanto, está claro que con el mix energético actual y con un análisis del ciclo de vida completo, el llamado análisis de la cuna a la tumba, la alternativa de los motores eléctricos no eliminará las emisiones globales de CO<sub>2</sub>.

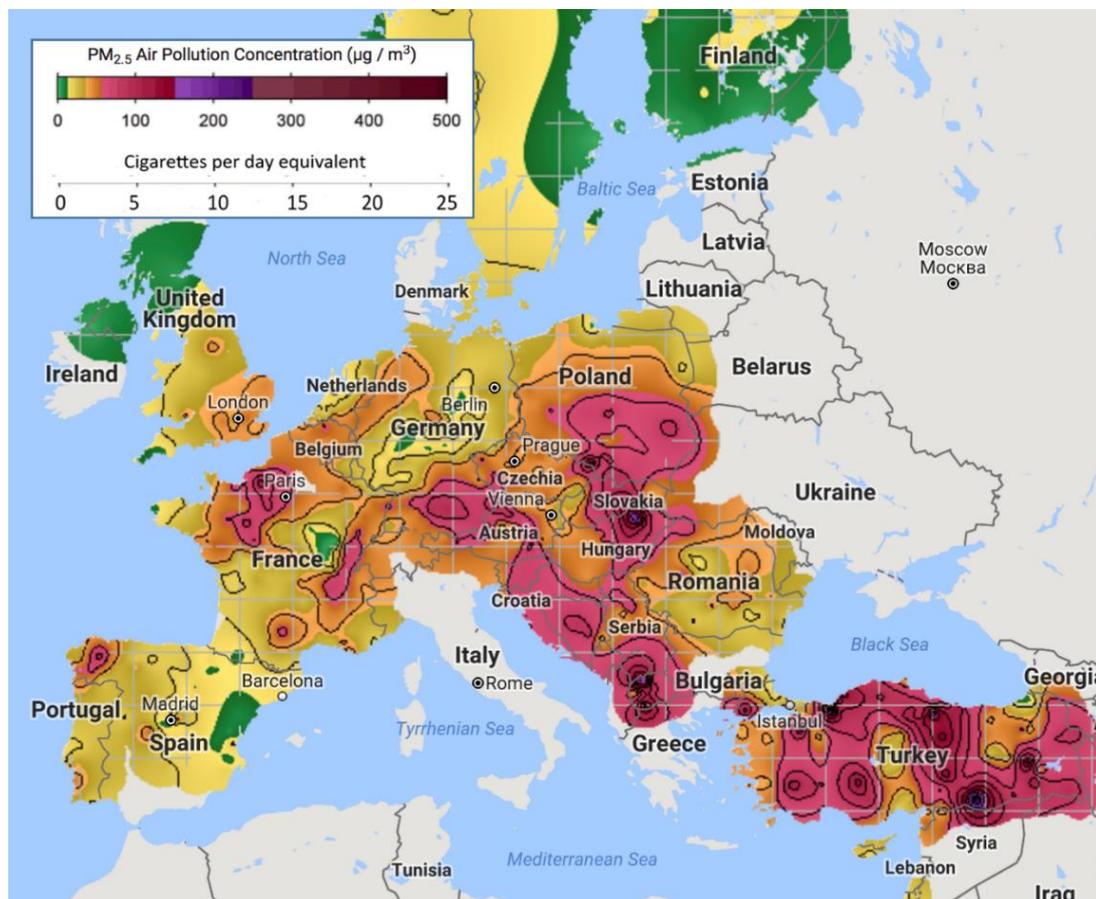
La *Ilustración 2* elaborada en el 2014 por el Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport de la Comisión Europea [19], muestra eficazmente como con el mix Europeo de producción eléctrica no eliminaríamos las emisiones de CO<sub>2</sub>; sino que las bajaríamos de 210 gCO<sub>2</sub>/km a 170 gCO<sub>2</sub>/km. Pero el problema es que Europa tiene un honroso 35% del mix entre renovables e hidráulica [18] mientras que a nivel mundial solo existe un 10% (*Ilustración 1*) y nuevamente hay que recordar que este es un problema mundial, no particular de Europa.



*Ilustración 2: Emisiones de CO<sub>2</sub> de la cuna a la tumba en g/km dependiendo de la fuente energética [20]*

Más recientemente, en abril del 2019, la prensa internacional se ha hecho eco de un reciente estudio del IFO alemán (Institute Centre for Economic Studies, CESifo GmbH) realizado por el Prof. Dr. Hans-Werner Sinn et al. [21] donde se ha calculado que, con el mix energético alemán, un Tesla Clase 3 emite en su vida útil de 156 a 180 gCO<sub>2</sub>/km lo que supone entre un 11% y un 28% más que los modernos Diésel E6d Temp. En estos momentos, un análisis de la cuna a la tumba del proceso de electrificación total del transporte muestra que las emisiones gaseosas solo se estarían reubicando de las ciudades al entorno de grandes centrales térmicas y centros de producción, como ha estudiado para diversos países europeos el Dr. Maarten Messagie, de la Universiteit Brussel - research group MOBI [22].

Desafortunadamente, el problema del calentamiento global no puede ser “reubicado” y los fenómenos atmosféricos no conocen las fronteras, ya que las lluvias ácidas y las nubes de material particulado (PM 2.5) lo han demostrado repetidamente, como se aprecia en la *Ilustración 3* [17]. En pocas palabras, con una electrificación masiva del parque automovilístico y con el mix energético mundial actual, y en particular el europeo, solo se puede aspirar a deslocalizar el CO2 emitido. Pero lo que es peor, no se prevén cambios sustanciales en el mix eléctrico actual de aquí a 2030 como para que la electrificación del transporte sea una solución clara al problema del cambio climático, según estudios de la Agencia Federal de Medio Ambiente Alemana [23].



*Ilustración 3: Niveles europeos de PM 2.5. Extraído de [24]*

### 3. ¿Qué pueden aportar los nuevos motores de combustión interna (MCI)?

Las limitaciones futuras de los gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>), los contaminantes gaseosos y las emisiones de ruido serán cada vez más severas; obligando a los fabricantes de motores y a la industria automovilística a invertir en tecnologías más innovadoras y sofisticadas para su reducción [8][25][26]. Las regulaciones de emisiones en conducción real (Real Driving Emissions-RDE) se están adoptando en las principales zonas económicas mundiales, lo que significa desafíos adicionales para los fabricantes de automóviles, ya que esto amplía enormemente el rango operativo del MCI en el que las emisiones contaminantes deben mantenerse por debajo de los límites de homologación [27][28][29]. Se avecina una revolución con respecto a los motores tradicionales de gasolina y diésel, y los límites entre ambos se desvanecen rápidamente a medida que se adquiere un conocimiento más profundo y un mayor control del proceso de combustión. Los turbocompresores, los ciclos orgánicos de Rankine (ORC) y la hibridación [30] son parte del entorno del MCI, todos ellos dedicados a extraer cada Joule de energía de los combustibles líquidos. La investigación en química de catalizadores ofrece posibilidades interesantes para la limpieza de los gases de escape hasta límites increíbles. Hoy en día, nada es demasiado innovador o arriesgado para hacer frente a la demanda esperada a medio plazo de MCI más limpios y eficientes. Finalmente, los combustibles fósiles son baratos y están disponibles. El agotamiento del petróleo ya no es un tema de discusión, ya que la tecnología del *fracking* ha ofrecido un nuevo paradigma, haciendo de los Estados Unidos el mayor productor de combustibles fósiles del mundo [18].

### 4. ¿Qué tienen de fantástico los nuevos motores de combustión interna (MCI)?

Los MCI emiten contaminantes gaseosos a nivel local y CO<sub>2</sub>; y esto se acepta como un mantra, al igual que se acepta que los automóviles eléctricos no lo hacen. Asumir ambos paradigmas es el gran argumento para la sustitución de los MCI. ¿Qué pasa si la situación fuera de alguna manera la contraria? Si nos

centramos en un análisis de la cuna a la tumba; ni la producción de las baterías ni la producción de electricidad están libres de emisiones de CO<sub>2</sub> y contaminantes [21]. La producción de electricidad causa emisiones de CO<sub>2</sub> mucho mayores que la producción de combustibles fósiles líquidos, como se mostraba en la *Ilustración 2*, ya que es un vector energético más difícil de obtener y transportar. Se puede afirmar de manera similar, que la producción de MCI genera emisiones de CO<sub>2</sub>, aunque menos que producir baterías y motores eléctricos [31][32], como también se muestra en la *Ilustración 2*.

¿Qué pueden hacer los MCI para aumentar la calidad del aire? Podemos afirmar que un motor Diésel Euro 6d Temp moderno puede limpiar el aire de partículas y *smog* en países muy contaminados, o durante episodios graves de contaminación, como las situaciones referidas en China [33]. Las trampas de partículas de los modernos motores de combustión Diésel y Gasolina reducen el nivel de las PM<sub>10</sub> por debajo del valor medio atmosférico, como claramente se aprecia en la *Ilustración 4*. Si combinamos el mensaje de la *Ilustración 4* [34] con los datos de la *Ilustración 3*, podemos entender la ventaja de tener motores de combustión con trampas de partículas en países como Polonia donde casi el 50% de su mix energético depende exclusivamente del carbón [18] y genera graves problemas de partículas.

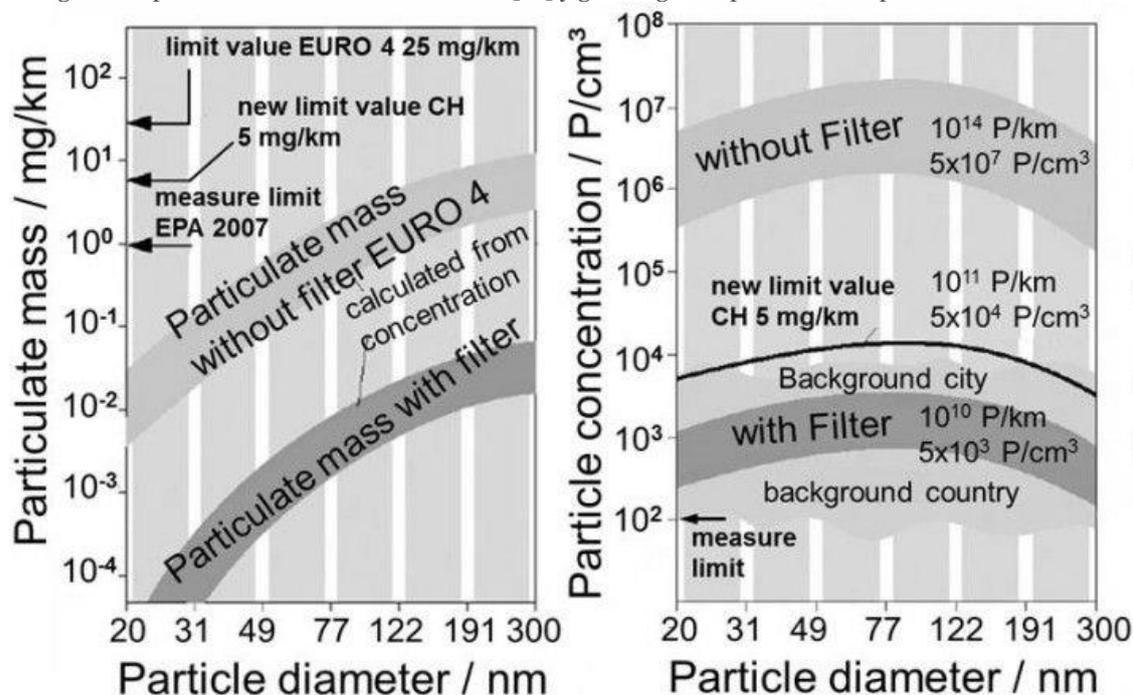


Ilustración 4: Los motores Diésel con trampa de partículas pueden limpiar el medio ambiente urbano [34]

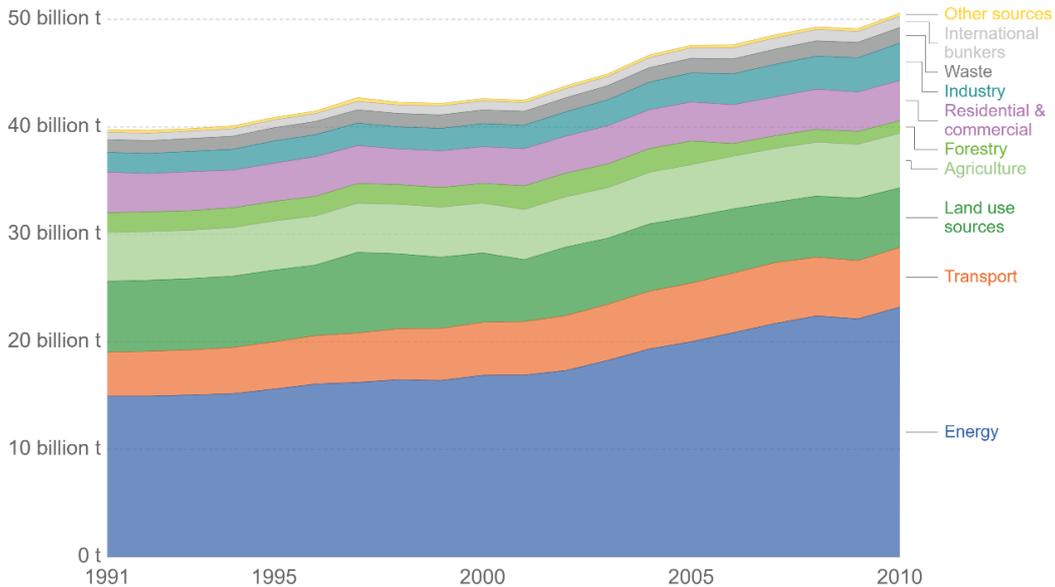
La tecnología está disponible y la investigación en curso para permitir que los MCI de próxima generación actúen como aspiradores de contaminantes en el aire de las grandes ciudades. Esto es algo que, definitivamente, los motores eléctricos con baterías no pueden hacer. Los nuevos Diésel E6d Temp están emitiendo un 80% menos NO<sub>x</sub> que lo estipulado por la norma, según un estudio de la ADAC alemana; es decir, están limpiando el aire de las emisiones de otras fuentes [35]. Se necesita acción política para renovar las flotas de transporte en todo el mundo y promover en todos los países los mismos estándares en emisiones para MCI que se mantienen en los Estados Unidos, Japón o Europa. Así mismo, una renovación del parque automovilístico es necesaria, en particular en España y en la EU, como se concluye tras un exhaustivo análisis publicado recientemente [36]. No es tanto el tipo de tecnología (MCI vs Baterías), es más una cuestión de modernización de la tecnología actual.

Con respecto a los problemas de emisiones de gases de efecto invernadero (GWP - Global Warming Potential), es bueno recordar que la contribución del transporte a las emisiones mundiales de GWPs en toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> se ha mantenido históricamente en el 10%. Como se observa en la *Ilustración 5*, elaborada por la FAO [37], la industria, la agricultura, la extracción de recursos, el procesado de basuras, la producción de energía (para entre otras cosas los sistemas de calefacción y el aire acondicionado en los hogares) hacen el resto. Por lo tanto, un cambio masivo mundial a vehículos eléctricos supondría una reducción potencial mundial de un 11% de las toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> que se emite, y eso, en el caso de que los motores eléctricos cargasen la batería a partir de energía 100% limpia de CO<sub>2</sub> (renovables/nuclear) que sabemos no será así en el corto y medio plazo [18][23]. Es decir, hoy en día ese cambio dramático, con las subsiguientes emisiones de CO<sub>2</sub> que implicaría, supondría una reducción de las emisiones de gases GWP menor de un 11% del 10% del parque que usaría electricidad renovable, es decir, bastante menor de un ya pobre 1,1%.

## Greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub>e) by sector

Breakdown of total greenhouse gas emissions by sector, measured in tonnes of carbon-dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>e). Carbon dioxide equivalents measures the total greenhouse gas potential of the full combination of gases, weighted by their relative warming impacts.

Our World  
in Data



Source: UN Food and Agricultural Organization (FAO)

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

Ilustración 5: Emisiones gases de efecto invernadero (GWP) en toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> por sectores [37]

En el futuro, a largo plazo, puede argumentarse que los automóviles eléctricos bajarán sustancialmente sus emisiones de CO<sub>2</sub> si la electricidad proviniese de fuentes renovables o nucleares. Como se puede apreciar en la *Ilustración 6*, pese a la gran dispersión de datos existente en las fuentes [19][21][22][23], este escenario está lejos de cumplirse en la actualidad en la mayoría de los países de la unión europea. Teniendo en cuenta países como España con alrededor de un 35% de fuentes renovables en el mix las emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> son ligeramente mejores que los modernos Diésel E6d Temp.

Si hacemos una extrapolación a futuro, en el escenario central, necesitaríamos aumentar el mix de renovables por encima del 60% para tener una clara ventaja competitiva frente a las tecnologías de combustión con encendido por compresión (CI) en emisiones de CO<sub>2</sub>. Incluso, aunque llegásemos al 100% de renovables, los vehículos eléctricos no tendrían nunca cero emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalentes.

Si uno imagina que un 60% de fuentes renovables en el mix energético fuera el estándar a medio-largo plazo, ¿Podrían los MCI hacerlo tan bien? La respuesta es sí y mejor, si utilizamos combustibles sintéticos provenientes de la captura y uso de CO<sub>2</sub> (CCU) atmosférico [38]. Hay ya varios proyectos de I+D en Suiza, Alemania y Canadá centrados en CCU. Se trata de sistemas capaces de transformar el CO<sub>2</sub> tomado directamente del aire en combustibles líquidos llamados '*PtX fuels*' (e-fuels, incluido e-Diésel). Esto se realiza mediante hidrogenación del CO<sub>2</sub> usando H<sub>2</sub> producido por electrolisis usando fuentes renovables [39].

También hay proyectos para bombear el CO<sub>2</sub> capturado de las centrales eléctricas a los pozos de petróleo y convertirlo posteriormente en petróleo neutral desde el propio punto de vista del CO<sub>2</sub>. Incluso hay proyectos en los que los automóviles capturan parte de sus propias emisiones de CO<sub>2</sub> (junto con el CO<sub>2</sub> de la atmósfera) y realizan la conversión a bordo en combustible neutral de CO<sub>2</sub> [40]. De esa manera, la auto-CCU podría contribuir incluso a una reducción del CO<sub>2</sub> atmosférico. Si los combustibles utilizados en estos coches capturadores de CO<sub>2</sub> fuesen en su mayoría biocombustibles [41], como es el caso en Brasil, esto representaría una manera eficiente de eliminar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera.

Sin embargo, el desarrollo de esta tecnología queda sujeto al aprovechamiento eficiente de la energía térmica residual de los motores [42]. En conclusión, si buscamos un cambio de paradigma, ¿Por qué no cambiamos nuestros vehículos para que actúen como capturadores de CO<sub>2</sub> en las carreteras? Eliminarían el otro 90% del CO<sub>2</sub> (el de la industria, la agricultura, etc.) que el transporte terrestre no está produciendo [42]. Además, esto es algo que los motores eléctricos con baterías no pueden hacer.

El dinero público y los esfuerzos de los gobiernos deberían promover la investigación para reducir las emisiones contaminantes, en lugar de 'elegir' a los ganadores para un futuro incierto. Los subsidios directos a cualquier industria o tecnología y la prohibición gratuita de otros, sin argumentos científicamente probados, es el tipo de ejercicio de riesgo que nunca ha tenido éxito.

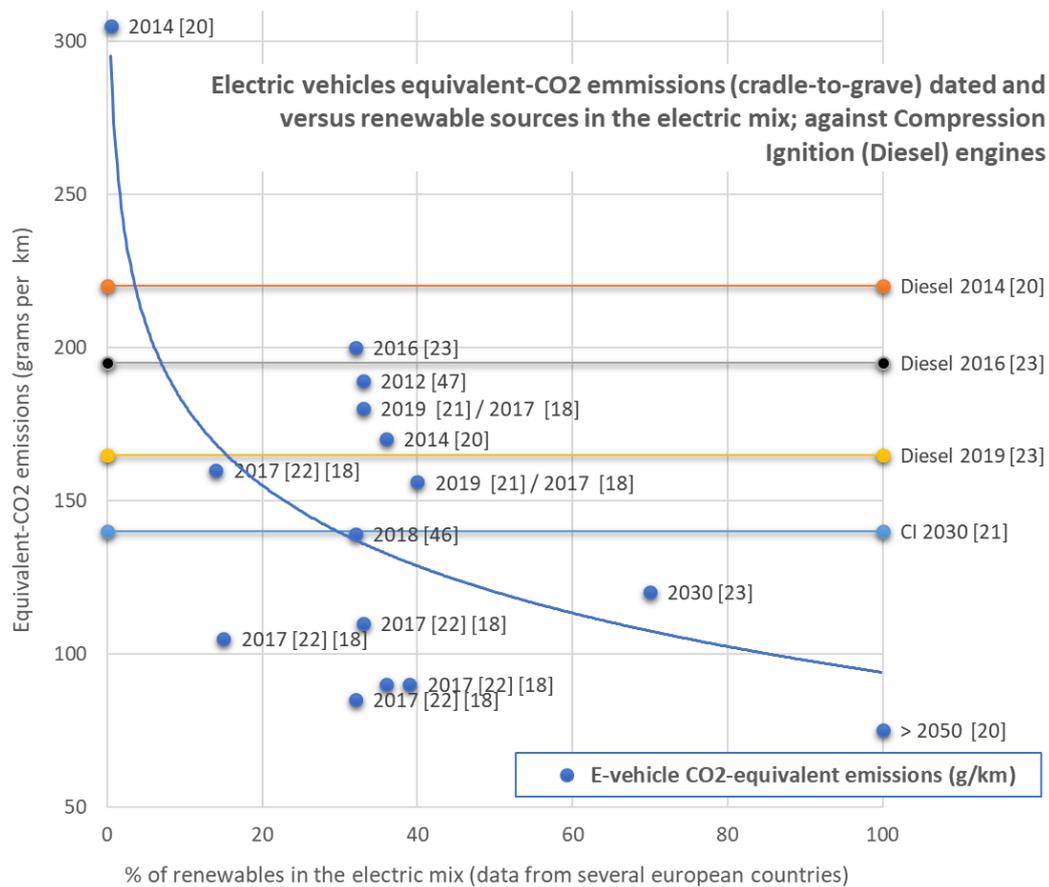


Ilustración 6: Emisiones de CO2 equivalentes de la cuna a la tumba de los vehículos eléctricos en función del porcentaje de renovables en el mix energético. Comparación con los motores de encendido por compresión (CI) o Diésel. Elaborado a partir de las referencias de esta publicación.

El propio Bundestag alemán en mayo de 2019 ha propuesto que no se puedan prohibir los motores Diésel E6d Temp en las ciudades alemanas, ni siquiera los E4 y E5 cuando emitan menos de 270 mg NO<sub>x</sub>/km (gracias a un posible *retrofit*) lo que está pendiente de certificarse por el tribunal supremo alemán [43]. En Francia se está estudiando dar la máxima calificación ambiental a los motores Diésel E6d Temp tras constatarse que son tanto o más limpios que los motores de gasolina [44]. Parece que las autoridades europeas por fin empiezan a escuchar a científicos e ingenieros [45][46]. En general, promover actividades de investigación de cualquier tecnología, independientemente del campo de investigación, siempre ha brindado grandes beneficios para las generaciones futuras, y normalmente, ha sido lo más barato.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1]. Serrano J R. "Imagining the Future of the Internal Combustion Engine for Ground Transport in the Current Context". *Applied Sciences*. Vol 7, 1001; doi:10.3390/app7101001. 2017.
- [2]. "España pretende prohibir las matriculaciones de coches diésel, gasolina e híbridos a partir de 2040"; *El Mundo*; Noviembre, 2018.
- [3]. "Dyson presses UK government for earlier petrol car ban" *Financial Times*, Mayo, 2019.
- [4]. Brand C. "Beyond 'Dieselgate' : Implications of unaccounted and future air pollutant emissions and energy use for cars in the United Kingdom" *Energy Policy*. Vol. 97, pp. 1–12. 2016.
- [5]. Dey S, et al. "The potential health, financial and environmental impacts of Dieselgate in Ireland". *Transportation Planning and Technology*; Vol 41, (1) pp. 17-36; DOI:10.1080/03081060.2018.1402743; 2018.
- [6]. Normativas de emisiones contaminantes en Europa (versión completa). <https://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php#stds>.
- [7]. Ming Z, et al. "Particulate Matter Emission Suppression Strategies in a Turbocharged Gasoline Direct-Injection Engine". *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power-Transactions of the ASME*; Vol. 139, (10), 102801; doi: 10.1115/1.4036301; 2017.
- [8]. Payri R, et al. "Impact of counter-bore nozzle on the combustion process and exhaust emissions for light-duty Diesel engine application". *International Journal of Engine Research*. Vol 20, (1) pp. 46-57; DOI:10.1177/1468087418819250; 2019.
- [9]. Lapuerta M, et al. "High-pressure versus low-pressure exhaust gas recirculation in a Euro 6 Diesel engine with lean-NOx trap: Effectiveness to reduce NOx emissions", *International Journal of Engine Research*. Vol 20, (1) pp. 155-163; DOI:10.1177/1468087418817447; 2019.
- [10]. M. Neaimeh, S. D. Salisbury, G. A. Hill, P. T. Blythe, D. R. Scofield, and J. E. Francfort, "Analysing the usage and evidencing the importance of fast chargers for the adoption of battery electric vehicles," *Energy Policy*, vol. 108, no. December 2016, pp. 474–486, 2017.
- [11]. "Los coches eléctricos y su autonomía limitada"; Organización de Consumidores y Usuarios (OCU); Noviembre, 2017.
- [12]. Moeller S. "Autobahn Test: Tesla Model X beats Audi e-tron & Jaguar I-Pace"; nextmove GmbH. February 2019. Accesible en <https://nextmove.de/autobahn-test-tesla-model-x-beats-audi-e-tron-jaguar-i-pace/>
- [13]. Tang L, et al. "Battery Life Extending Charging Strategy for Plug-in Hybrid Electric Vehicles and Battery Electric Vehicles," *IFAC-Papers OnLine*, Vol 49, (11) pp. 70–76, 2016.
- [14]. Polzin E, et al. "An accelerated calendar and cycle life study of Li-ion cells," *Journal of Power Sources*, Vol 101, (2) pp. 238–247, 2002.
- [15]. García F. "Alarma ante la posible escasez de baterías para vehículos eléctricos". *El Mundo*, 8 Mayo 2019.
- [16]. Fuentes V. "Tesla prevé una escasez mundial de minerales que son clave para fabricar las baterías de los coches eléctricos" *Motorpasion*, 2 Mayo 2019.
- [17]. Broom D. "The dirty secret of electric vehicles". *World Economic Forum report*. 29 Marzo 2019. Accesible en <https://www.weforum.org/agenda/2019/03/the-dirty-secret-of-electric-vehicles/>
- [18]. BP Statistical Review of World Energy, June 2018. Accesible en <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- [19]. Edwards R, et al. "Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context". Report EUR 26237 EN. JRC Technical Reports. European Commission. 2014.

- [20]. <http://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20190313STO31218/emisiones-de-co2-de-los-coches-hechos-y-cifras-infografia>
- [21]. Sinn H-W, et al. "Kohleomotoren, Windmotoren und Dieselmotoren: Was zeigt die CO2-Bilanz?", ifo Schnelldienst Vol 72, (08) pp. 40–54, 2019.
- [22]. Maarten Messagie – Vrije Universiteit Brussel - research group MOBI "Life Cycle Analysis of the Climate Impact of Electric Vehicles". Transport & Environment. October 2017. <https://www.transportenvironment.org/publications/electric-vehicle-life-cycle-analysis-and-raw-material-availability>
- [23]. Blaich M. "El motor diésel y la conflictiva tendencia a la electrificación". Interempresas. 29 Enero 2019. <http://www.interempresas.net/Sector-Automocion/Articulos/232843-El-motor-diesel-y-la-conflictiva-tendencia-de-la-electrificacion.html>.
- [24]. <http://berkeleyearth.org/wp-content/uploads/2017/01/Europe-air-pollution.png>
- [25]. Boccardo G M, et al. "Experimental investigation on a 3000 bar fuel injection system for a SCR-free non-road Diesel engine". Fuel; Vol 243, (1); pp. 342-351; DOI:10.1016/j.fuel.2019.01.122; 2019.
- [26]. Puskar M, Kopas M. "System based on thermal control of the HCCI technology developed for reduction of the vehicle NOX emissions in order to fulfil the future standard Euro 7". Science of the Total Environment; Vol 643, (1) pp. 674-680; 2018.
- [27]. Lujan J M, et al. "An assessment of the real-world driving gaseous emissions from a Euro 6 light-duty Diesel vehicle using a portable emissions measurement system (PEMS)". Atmospheric Environment; Vol 174, pp. 112-121; DOI:10.1016/j.atmosenv.2017.11.056; 2018.
- [28]. Grigoratos T F, et al. "Real world emissions performance of heavy-duty Euro VI Diesel vehicles". Atmospheric Environment; Vol 201, pp. 348-359; DOI:10.1016/j.atmosenv.2018.12.042; 2019.
- [29]. <https://www.greencarcongress.com/2019/02/201902-22-adac.html>
- [30]. Huang Y, et al. "Fuel consumption and emissions performance under real driving: Comparison between hybrid and conventional vehicles", Science of the Total Environment. Vol 659, (1) pp. 275-282; DOI:10.1016/j.scitotenv.2018.12.349; 2019.
- [31]. Qiao Q, et al. "Comparative Study on Life Cycle CO2 Emissions from the Production of Electric and Conventional Vehicles in China," Energy Procedia, vol. 105, pp. 3584–3595, 2017.
- [32]. ACEA - The automobile Industry Pocket Guide 2018 – 2019. Accesible en: <https://www.acea.be/publications/article/acea-pocket-guide>
- [33]. Kan H, et al. "Ambient air pollution, climate change, and population health in China," Environment International, Vol. 42, (1), pp. 10–19, 2012.
- [34]. Mayer A, et. Al. "Erfahrungen mit Partikelfilter-Nachrüstungen bei Baumaschinen in der Schweiz". In Proceedings of the FAD-Konferenz. Dresden: FAD e.V; 2003.
- [35]. Hull R. "Has the Government got it wrong on 'dirty Diesel' cars? Tests show some BMW, Mercedes and Vauxhall models produce almost ZERO harmful NOx emissions". Dailymail. 2019.
- [36]. Serrano J R. et al. "Impact on Reduction of Pollutant Emissions from Passenger Cars when Replacing Euro 4 with Euro 6d Diesel Engines Considering the Altitude". Influence. Energies. Vol 12, (7) 1278, 2019.
- [37]. Ritchie H, Roser M. "CO<sub>2</sub> and other Greenhouse Gas Emissions". Our World in Data. May 2017. Accesible en <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions> [Recurso Online].
- [38]. Cormos A M, Cormos C C. "Techno-economic evaluations of post-combustion CO2 capture from sub- and super-critical circulated fluidized bed combustion (CFBC) power plants". Applied Thermal Engineering; Vol 127, (25) pp. 106-115; DOI:10.1016/j.applthermaleng.2017.08.009; 2017.

- [39]. Dr. Ulrich Kramer 'Defossilizing the transportation sector. Options and requirements for Germany'. FVV PRIME MOVERS. TECHNOLOGIES. 2018. FVV / SCHAEFFLER.
- [40]. Hamad E Z, Al-Sadat W I. "Apparatus and Method for Oxy-combustion or Fuels in Internal Combustion Engines". US Patent US 2013/0247886 A1. Sept. 26, 2013.
- [41]. Sun H, et al. "The practical implementation of methanol as a clean and efficient alternative fuel for automotive vehicles", International Journal of Engine Research. Vol 20, (3); pp 350-358; DOI:10.1177/1468087417752951; 2019.
- [42]. Desantes J M, et al. "Motor de Combustión Interna". P201930285. OEPM Madrid. Mar 28, 2019.
- [43]. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Bundestag beschließt einheitliche Regeln für Umgang mit Verkehrsverboten. Diesel-PKW dürfen nach erfolgreicher Hardware-Nachrüstung weiter einfahren. 14.03.2019. Pressemitteilung Nr. 032/19. Luftreinhaltung.
- [44]. Diesel International. Euro 6D-Temp Diesel like petrol. France tries to adapt the anti-pollution stamps. The idea is to bring the Diesel back to the first class. January 2019.
- [45]. Wissenschaftliche Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorentechnik e.V. (WKM) The Future of the Combustion Engine / Assessment of the Diesel Engine Situation. June 2017.
- [46]. Aparicio F, et al. "El automóvil en la movilidad sostenible" Informe ASEPA. ASEPA. Julio 2018.
- [47]. Troy R. Hawkins, Bhawna Singh, Guillaume Majeau-Bettez, and Anders Hammer Strømman "Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles" Journal of Industrial Ecology, pp 53-64 Volume 17, Number 1. 2012. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x

Fuentes información e imágenes:  
(Imagen de cabecera y motor 1ª página gentileza de Bosch)

1. CMT. Motores Térmicos

Para hacerte socio de ASEPA:



Profesionales de la automoción...

**Lo más fácil es emplear el enlace:**  
<http://www.asepa.es/index.php/socios-asepa/asociarse.html>

**Pero, si lo prefieres, también puedes poner un correo electrónico a: [asepa@asepa.es](mailto:asepa@asepa.es) con los siguientes datos:**

- Nombre y apellidos
- Teléfono móvil
- Correo electrónico
- Empresa o Centro de Estudios
- El código IBAN de la cuenta bancaria (si es el caso)

**Las cuotas anuales son:**

Socio Premium* .....	50 €/año
Socio Senior (más de 65 años) .....	Gratis
Socio Junior (hasta 2 años después acabar estudios) ....	Gratis
Adherido .....	Gratis

\* Los empleados de los Protectores de ASEPA y los desempleados son gratis, mientras se encuentran en esta situación.

## Protectores



## Acuerdos de colaboración con:



Boletín editado por la Asociación Española de Profesionales de Automoción (ASEPA )  
 Sede del INSIA – Campus Sur UPM – Carretera Valencia, km. 7 – 28031 MADRID  
 Tfno: 910 678 874 – Web: <http://www.asepa.es>

Los Socios Protectores no son responsables de las noticias publicadas en este Boletín  
 Para consultas o si no desea recibir este Boletín, comunicar a [asepa@asepa.es](mailto:asepa@asepa.es)