



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
(ICADE)

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Autor: Jorge Alonso Fuentes
Director: Francisco Luis Sastre Peláez

Madrid
Junio 2014

Índice de contenidos

Índice de contenidos	1
Índice de gráficos y tablas	2
1 Resumen	3
1.1 Palabras clave	3
1.2 Abstract	4
1.3 Key words	4
2 Introducción	5
2.1 Objetivos del trabajo	5
2.2 Metodología	7
2.3 Estado de la cuestión	8
2.4 Partes principales del TFG	10
3 Marco teórico	11
3.1 Historia de los motores	11
3.2 El motor de gasolina	13
3.2.1 El petróleo como combustible	13
3.2.2 Características del motor de combustión interna	18
3.3 El motor diésel	23
3.3.1 Funcionamiento del motor diésel	23
3.3.2 Ventajas y desventajas del motor diésel	24
3.3.3 Comparativa de contaminación Gasolina – Diésel	25
3.4 El vehículo eléctrico	32
3.4.1 Funcionamiento del motor eléctrico	32
3.4.2 El motor eléctrico como alternativa	34
3.4.3 El motor eléctrico como una opción cuestionable	35
3.4.4 Situación actual del vehículo eléctrico en España - Europa	41
4 Conclusiones	45
5 Bibliografía	48
6 Anexos	50

Índice de gráficos y tablas

ELEMENTO	Página
Figura 1.- Reservas de petróleo en el subsuelo.	15
Figura 2. – Estructura de un motor de combustión interna.	22
Figura 3.- Tabla comparativa de emisiones del motor diésel vs gasolina.	26
Figura 4.- Tabla comparativa de emisión de ruidos.	28
Figura 5.- Tabla comparativa de emisiones en gases de los distintos modelos de motor.	29
Figura 6.- Tabla comparativa de precios de vehículos eléctricos e híbridos.	43

1 Resumen

El estudio consiste en la revisión de documentos relacionados con los motores y diferentes factores relacionados con ellos, como su evolución, sus combustibles, en concreto el petróleo, clave en la economía, las ventajas e inconvenientes, etc.

En primer lugar se analizan los motores de combustión interna, entendiendo su funcionamiento, los puntos positivos que aporta y los problemas que supone su utilización.

En segundo lugar se expone un modelo de motor, el diésel, que presenta ciertas diferencias y mejoras con respecto al de gasolina, factores los cuales son analizados así como la comparativa sobre contaminación con respecto a los anteriores motores. En la comparativa se muestran tanto emisiones tóxicas, como la contaminación acústica, además de exponer los resultados y las soluciones que se han propuesto para solucionar los problemas que ocasiona.

Como alternativa se proponen los vehículos eléctricos, que son completamente distintos y suponen un cambio ante los motores de combustión. Son un mundo nuevo con unas ventajas e inconvenientes diferentes a las que presentan los anteriores tipos de motor, y se plantea si puede ser la solución final en este problema del transporte, teniendo en cuenta factores como las emisiones, el componente de las baterías, las prestaciones que ofrecen, y consecuencias de la implantación de los vehículos eléctricos en la sociedad.

Se concluye con la afirmación de que este tipo nuevo de motores supone una ayuda al desarrollo de soluciones para el problema del transporte privado, pero que no constituye una solución definitiva al problema, y que en consecuencia es necesario seguir investigando modelos que constituyan un activo más valioso para la sociedad, aportando mayores prestaciones, con una mayor facilidad para implantarlos en el mercado, y con menores consecuencias medioambientales si cabe.

1.1 Palabras clave

Motor de combustión interna (MCI) /externa, Toxicidad, Sostenibilidad, Motor eléctrico, Combustible, Prestaciones, Desarrollo, Vehículo, Concienciación social, Recursos renovables/no renovables, Petróleo, Subvenciones, Baterías, Reciclaje, Contaminación, Gasolina/Gasoil, Legislación, Incertidumbre.

1.2 Abstract

This project has consisted in the revision of the available documents related to different engines and the factors around them, such as its evolution, fuel, specifically oil, which is currently a key factor for the economy, advantages and disadvantages, etc.

First of all, internal combustion engines are analysed, paying attention to its running, the positives and the drawbacks, etc.

In second place, the diesel engine is studied and debated. The diesel engine introduces quite several improvements respecting to the gasoline engine. These factors are analysed and a comparative exposition between both engines is exposed. Toxic emissions or acoustic contamination are factors exposed in it, just like the results and the optimal and potential solutions proposed.

Electric vehicles are presented as an alternative to combustion engine cars. They are completely different, and involve a revolution in face of combustion engines. They belong to a new world in which they contribute with improvements but also have several disadvantages that differ from the combustion ones. The question raised is if electric vehicles will be the final solution or not for the private transport issue, given factors such as emissions, battery components, the benefits they offer, and the consequences on the implantation of this kind of vehicles in the society.

The study is concluded with the convincement that this new kind of motors entails an aid in the development of more solutions to the private transport, but it is not a solution itself. Consequently, it's necessary to keep researching and developing new models constituting valuable assets for the society, and contributing with better benefits. They will need to be easily implantable on the market, and clean for the environment, without toxic emissions.

1.3 Key words

Internal/external Combustion, Gasoline/Gasoil, Toxicity, Electric motor, Social concerning, Benefits, Development, Vehicle, Recycling, Renewable/Unrenewable resources, Oil, Subsidies, Batteries, Sustainability, Pollution, Fuel, Legislation, Uncertainty.

2 Introducción

2.1 Objetivos del trabajo

En este proyecto se pretende plasmar el problema que supone la continuada utilización del motor de combustión y las soluciones al respecto. Se va a exponer el problema y su entorno desde diferentes perspectivas, tales como la visión del gobierno sobre el tema, los productores de coches, los consumidores, y otros factores de la sociedad, cada uno de los cuales tendrá sus razones para llevar a cabo la producción/utilización de un tipo de coche u otro, según sus objetivos. Analizaré, además, si ese comportamiento es ético y permite la sostenibilidad del sistema dada la situación actual y las proyecciones a futuro.

Se estructurará de una forma parcialmente temporal, analizando primeramente el motor de combustión, su historia, en que consiste, los beneficios que otorga, como pueden ser los niveles de residuos pasados, actuales y potenciales, que problemas ocasiona la producción de los mismos por los materiales que son necesarios para su fabricación, y los problemas que ocasiona, y dados estos problemas, las posibles alternativas a este método.

Entrando en las alternativas al motor de combustión interna, analizaré las posibles opciones, lo que se conoce de ellas, las ventajas que aportan con respecto a él y los problemas que pudieran ocasionar así como las barreras de entrada al mercado que puedan existir a la hora de implantar estos nuevos modelos de motor. Todo ello teniendo en cuenta los múltiples factores que afectan a su proceso de producción e implantación en el mismo.

El fin del estudio es concienciar a la sociedad de la necesidad de cambiar de motor de combustión a los nuevos métodos de transporte privado que se van desarrollando en estas fechas, y que proporcionan no solo una ayuda necesaria al planeta para su estabilidad sino también un potencial ahorro económico, el cual podrá ser utilizado como un atractivo para captar a la sociedad hacia estas nuevas tecnologías como son el motor híbrido y eléctrico.

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Se estudiarán diferentes modelos como ejemplos, opiniones de expertos en el sector, opiniones de la sociedad ante tal cambio y su trayectoria, y se tendrá muy en cuenta la cara más oculta de todo este aspecto, que es básicamente la pregunta que responde a “¿Es mejor el motor eléctrico que el motor de combustión en lo que a contaminación se refiere?”. Se plantea ya que la mayoría de datos que se ofrecen públicamente sobre el motor eléctrico son positivos y alentadores con respecto al motor de combustión, pero también tienen desventajas y factores negativos que pueden hacer que los fabricantes, Estado y sociedad se replanteen la realidad global de este tema. Trataré todo esto en profundidad a lo largo del trabajo.

Se estudiarán también los problemas medioambientales que estos motores provocan, basándolos en ejemplos reales de varias capitales mundiales, mostrándose de alguna forma la preocupación social por el asunto.

El objetivo es, en resumen, mostrar de manera estructurada el desarrollo global que han experimentado los motores, hasta lo que tenemos en la actualidad, para mostrar ventajas e inconvenientes existentes en los modelos más populares. Acompañando a esta estructura, se plasmará una visión medioambiental para concienciar al lector de la necesidad del cambio, y mostrarle los pros y contras de cada modelo. Finalmente se proponen distintas opciones alternativas a lo que tenemos en la actualidad, analizando también las consecuencias de su implantación en el mercado, de forma que se pueda captar si es realmente una solución final o un paso hacia otra mejor.

2.2 Metodología

Este estudio ha sido realizado a partir de la investigación en diversas fuentes de información tales como libros proporcionados por la web ASEPA, en su formato virtual, diversas páginas web en las que encontré artículos y publicaciones de distinto nivel técnico, que me llevaron a comprender los diferentes niveles de dificultad que este tema puede llegar a tener y por lo cual he plasmado el contenido de forma que esa dificultad quede explicada en palabras sencillas. También está basado en artículos de difusión de información de manera descriptiva, los cuales fueron claves para la captación de los aspectos más técnicos del proyecto. Se utilizaron también publicaciones y monografías que aportaron un punto de vista más humano al trabajo, dejando ver las distintas opiniones existentes, siempre que estuvieran basadas en documentos objetivos, y pruebas fehacientes.

También se ha utilizado información tanto técnica como periodística en la realización de este proyecto, de varias empresas del sector automovilístico tales como Audi, Opel, Tesla, etc. Esta información permite ver cuál es la situación real de los distintos tipos de motor desde un ángulo más realista, ya que son quienes están inmersos en la industria del sector y por lo tanto son los mejores testigos de los avances, mejorías y problemas existentes en el mismo.

Recibí también feedback por parte de un alto cargo de la empresa AVL, consultora automovilística austriaca, encargada del diseño de automóviles modernos, tales como híbridos y eléctricos. Su visión aportó una perspectiva más económica y directiva del asunto al tener él que contar con los factores de costes y eficiencia.

2.3 Estado de la cuestión

La creación de vehículos eléctricos y las consecuencias tanto económicas como medio ambientales de este proceso constituyen, por su gran importancia, un tema de actualidad.

Es un campo que está en continuo cambio y sus conclusiones podrían variar en caso de realizarse con solo unos meses de diferencia, a causa del vertiginoso avance de esta tecnología y el surgimiento de métodos más complejos y eficientes. Desde hace más de mil años, con la aparición del molino de viento, se viene desarrollando y mejorando el sistema de motores, transformación de energías y transporte, hasta el día de hoy, en el que se está implantando el modelo eléctrico en conjunto con el híbrido. Son modelos que están intentando sustituir al motor de combustión dados los problemas que está empezando a causar y que ocasionará a largo plazo en caso de no reducir su utilización.

Por otro lado, el hecho de que reduzcamos el uso de los coches con motor de combustión aumentando el parque de vehículos eléctricos es algo que no garantiza el éxito y sostenibilidad a largo plazo en el ámbito de transporte. Esto es así dado que los vehículos eléctricos tienen ciertos problemas que se estudian en el proyecto, y por lo tanto pueden no suponer la solución final en lo que a transporte en vehículos privados se refiere. Existe pues cierta incertidumbre al respecto, y es por ello que se están investigando otros métodos como el uso de vehículos de hidrógeno, híbridos mejorados, y otros múltiples métodos que aún están en fase de laboratorio y no se han implantado en el mercado.

De momento, los gobiernos, conocedores de las ventajas que los vehículos eléctricos proporcionan con respecto a los de motor de combustión, están ofreciendo ciertas ayudas al cambio hacia estos nuevos modelos, con financiación parcial, la implantación de infraestructuras necesarias para la utilización de los vehículos eléctricos, tales como las estaciones de servicio y recarga necesarias para las baterías que estos usan, etc.

Los gobiernos no realizan este tipo de ayudas únicamente para ayudar al consumidor, sino que también se ven expuestos a la presión de normativas europeas que exigen la reducción de las emisiones contaminantes hacia unos niveles difíciles de alcanzar a medio plazo, y por lo tanto se ven en la necesidad de facilitar, agilizar y acelerar el

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

cambio a motores menos contaminantes para no incumplir esos acuerdos, que en caso de incumplimiento, podría llevar a penalizaciones o reducción de ayudas europeas hacia las diferentes naciones inmersas en estos acuerdos.

Desde la perspectiva de los consumidores de vehículos compuestos por motores de combustión, la situación es cada vez menos favorecedora, ya que los precios de la gasolina no dejan de subir y subir, ya que el petróleo se está acabando, y es un bien cada vez máspreciado. Por otro lado, aumentos del gasto potencial como en el caso de los parquímetros, que se pretenden adaptar al tipo de coche que aparque, registrando la matrícula, para saber qué modelo es, las emisiones medias del mismo, y demás características, para adaptar el pago a esas características, saliendo mejor parados aquellos vehículos que sean más limpios, y ofrezcan una situación más sostenible a largo plazo.

La creación de vehículos eléctricos es pues, un tema que aporta esperanza, por las mejorías que supone con respecto a los vehículos con motores de combustión, pero provoca incertidumbre dados los problemas que también tiene, y que hace pensar que no será la solución final, lo que da fuerzas para seguir investigando y mejorando los modelos de transporte en vistas a un futuro sostenible a largo plazo sin problemas de contaminación o extinción de recursos.

2.4 Partes principales del TFG

Se considera que las tres partes principales en las que se divide el TFG son:

- 1.- La explicación de los motores de combustión interna, con el petróleo como protagonista, y luego sus características.
- 2.- Los motores diésel, con las características y una comparativa de las emisiones con respecto a los motores de gasolina.
- 3.- Los vehículos eléctricos, con su funcionamiento y los dos puntos de vista sobre el mismo, sus ventajas e inconvenientes.

Estas partes se complementan con una presentación previa de la evolución de los motores, la introducción y finalmente las conclusiones al respecto.

3 Marco teórico

3.1 Historia de los motores ¹

Todo el proceso de evolución hacia lo que es hoy el motor de combustión y demás tipos de motores se iniciaba hace unos 1500 años, cuando aparecen los molinos de viento, los cuales transformaban la energía eólica en mecánica. No fue hasta mil años después cuando James Watt construye una máquina de vapor muy eficiente. Pero hasta 1854 no se aproxima nadie a lo que es el concepto de motor de combustión, hecho que consigue un sacerdote por medio de la explosión de una mezcla internada en una bola de cobre. Poco después, Etienne Lenoir construiría el primer motor de combustión interna como tal y también el primer motor de gas, con los cuales entraría en contacto Nikolaus August Otto, un técnico alemán, el cual adaptó el motor de combustión inicial al modelo de cuatro tiempos. Otto es la base de todo lo que conforma actualmente el motor de combustión, un alemán nacido en 1832 que dedico su vida a tareas de venta y comercio, empleo por el cual se vio obligado a viajar por distintas áreas de Europa.

El motor de Lenoir no tuvo recorrido por no hacer frente a las expectativas sobre el mismo, dada la complejidad del sistema de encendido eléctrico y de forma añadida, por el alto consumo que suponía este tipo de motor, produciendo un gasto extremadamente elevado de un producto que en esa época era una materia cara. Otro problema añadido era la necesidad de refrigeración dadas las altas temperaturas que se alcanzaban, y para mantener la máquina en funcionamiento era necesario un continuo engrase de los materiales, siendo imposible que aguantase de otra forma.



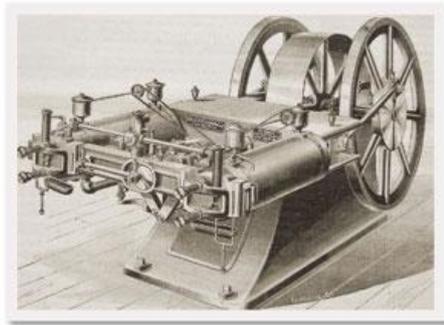
De esta forma quedó obsoleto el motor de Lenoir dejando paso a la primera creación de Otto, el cual concluyó que por medio de un combustible líquido podría tener más salidas y mejor rendimiento. Fue en 1861 cuando patentó el motor a dos tiempos, creando con su socio Eugen Langen la primera compañía fabricante de motores de combustión interna, siendo en la actualidad la más grande y antigua del mundo, habiendo

¹ Fuente: (Infante, 2009), (Areaza, 2011) y (Agudelo, 2009), utilizados para la composición del epígrafe.

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

recibido a lo largo de los años diversos premios en múltiples ferias como la medalla de oro en la Feria Mundial de París.

La evolución siguió su curso cuando quince años después, Otto sacó a la luz su último proyecto, el motor de combustión interna de ciclo de pistón de cuatro tiempos, el primer motor que suponía una alternativa viable y eficaz a la máquina de vapor.



Este producto tuvo una venta masiva, y fue la base del resto de motores de combustión comercializados. Este motor efectivamente adquirió el nombre de “Ciclo de Otto”, en honor a su creador. El funcionamiento del mismo consta de una compresión de una mezcla de aire y gas en un cilindro, que provoca una explosión interna. Obtuvo la patente del invento en 1886.

Otto utilizó el diseño de Daimler, que era muy ligero, y lo integró en una bicicleta, constituyendo la primera motocicleta de la historia. Karl Benz aplicó el diseño de la motocicleta para integrarlo en un automóvil de tres ruedas. Daimler y Benz se fusionaron para comenzar la fabricación de los famosos vehículos Mercedes-Benz.

El motor cuyas bases residen en el desarrollo que consiguió Otto, se utiliza en la actualidad. Tal y como en el modelo diésel, que se basa en un motor de cuatro tiempos similar al suyo, y resultaba ser mucho más eficiente que los motores a combustión de gasolina en aquel momento. Otros muchos modelos tienen nociones relacionadas con este mismo motor. Finalmente Otto falleció en 1891, dando paso a las nuevas generaciones para que desarrollaran sus productos en una dirección más compleja y eficiente.

Los motores de combustión fueron evolucionando, suponiendo un campo empresarial con potencial, dado que eran novedosos y existía una mejora continua de sus condiciones cada poco tiempo, por lo que generaba dinero, puestos de trabajo, y mejoras tecnológicas aplicables a otros campos de la industria. El problema empieza cuando se comienza a analizar la cantidad de recursos necesaria para producir esos motores, y mantenerlos durante su vida útil, sabiendo que la demanda de los mismos estaba aumentando, y los recursos disponibles no.

3.2 El motor de gasolina

3.2.1 El petróleo como combustible ²

El petróleo es el combustible del que se nutre el motor de combustión, es por ello que comenzamos analizando este preciado producto. Es una fuente de energía que tiene un problema básico, y es la escasez actual del mismo además de las emisiones contaminantes que produce. Existen otros muchos factores pero su excesivo consumo y emisiones son de los que más peso ha tenido en el empuje de la ciencia hacia vías alternativas como los motores eléctricos, con vistas a la reducción de la utilización del citado combustible.

Se puede decir que en la actualidad existe una gran dependencia del petróleo, ya que de momento es la fuente principal a partir de la cual obtenemos el combustible para la puesta en marcha de la gran mayoría de las máquinas y vehículos, lo cual supone un problema, ya que el ritmo de consumo que está aconteciendo en la actualidad es muy superior al ritmo al cual se consigue su extracción.

Tal es la dependencia actual del petróleo, que voy a dedicar un poco más de tiempo al mismo, ya que en la sociedad ocupa un lugar primordial tanto para la propia industria petrolera como para la economía en general y el medio ambiente.

El compuesto del petróleo deriva en varios productos, destacando por encima de todos los combustibles, disolventes, gases... Este producto ha sido clave en el desarrollo tecnológico mundial, teniendo un lugar más que primario en el ámbito de los transportes, no solo en coches sino también aviones, barcos, trenes...

Decimos que el petróleo tiene íntima relación con la economía porque afecta al precio de casi todos los productos, ya que abastece las máquinas que trabajan en la gran mayoría de industrias, participa como combustible en el transporte, etc. Esto implica que cuando el petróleo se encarece, el precio de los bienes afectados aumenta, arrastrando así a toda la economía.

² Información basada en la monografía publicada por *muchapasta.com*, "El petróleo".

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

No solo es un problema que toda la economía dependa del petróleo, sino que la producción del mismo depende exclusivamente de un puñado de países, que concentran en sus manos el poder sobre el precio del mismo. Este grupo constituye la llamada OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo), y son quienes fijan los precios del petróleo.

El grupo de la OPEP posee 922.000 millones de barriles, el 77% mundial. Está compuesto por Kuwait, Iraq, Irán, Indonesia, Angola, Argelia, Venezuela, Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudí, Qatar, Nigeria y Libia.

Figura 1.- Reservas de petróleo en el subsuelo.

Países del mundo con más petróleo en su subsuelo	
País	Porcentaje sobre el total de reservas mundiales
Arabia Saudí	24,9
Irak	10,7
Emiratos Árabes Unidos	9,3
Kuwait	9,2
Irán	8,5
Venezuela	7,4
Rusia	4,6
Estados Unidos	2,9
Libia	2,8
México	2,6
Nigeria	2,3
China	2,3

Revisión de la estadística del reparto de energía mundial por parte de BP, Junio de 2002

Fuente: Monografía sobre el petróleo publicada en la web www.muchapasta.com

Según algunos estudios una subida o bajada de 5\$ en el precio del crudo provoca una variación cercana al 0,5% del PIB mundial, lo cual da una idea de la influencia masiva que tiene este recurso en la actualidad, y los posibles perjuicios que puede provocar esta dependencia, y en consecuencia la necesidad de encontrar una vía alternativa de energía que se amolde más a las necesidades futuras.

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Lo ideal sería encontrar el equilibrio entre las múltiples fuentes de recursos existentes en el planeta, de manera que lleváramos a cabo una política de energías renovables que resultara eficiente, pero dado que no se está realizando con la suficiente fuerza, y ante la clara situación de potencial agotamiento del petróleo, es necesario investigar nuevas fuentes de recursos que lo sustituyan. Hasta entonces, las economías del mundo seguirán estando desprotegidas y vulnerables ante la especulación que existe en torno a los precios del crudo.

El petróleo está compuesto por múltiples partículas combinadas de carbono, hidrógeno, azufre, nitrógeno, etc. Se puede encontrar solo en lugares donde hay actualmente o hubo en el pasado mar, ya que procede de las cantidades ingentes de compuestos orgánicos que existen en las cuencas sedimentarias de los mares, que se alteran para formar el petróleo. Llegan ahí por medio de ríos, etc., y allí se descomponen bajo el agua y capas de sedimentos para formar lentamente el compuesto que forma el petróleo. Estos sedimentos tendrán que encontrarse a una temperatura de entre 100-200°C, tardando entre 1 y 100 millones de años en “cuajar” hasta tener la composición de petróleo.

El compuesto obtenido de las zonas sedimentarias no es apto para la comercialización directa, necesita sufrir una serie de transformaciones y procesos de refinamiento que desembocan en la obtención de un producto más valioso y eficiente para su aplicación en gasolinas. Después de esos procesos, los productos obtenidos tienen restos de compuestos no deseados como los derivados de azufre. Es por tanto que podemos considerar que en la propia obtención del petróleo ya estamos emitiendo residuos al medio. Continuaremos viendo los problemas que el petróleo ocasiona para dar paso posteriormente a la situación actual de los motores de combustión que utilizan el petróleo como combustible e integrarlo con alternativas futuras que ofrezcan una sostenibilidad del medioambiente superior.

No solo en su extracción existe el riesgo de contaminación, sino que también estamos expuestos a la liberación de sustancias perjudiciales en el proceso de almacenamiento. Desde riesgos por problemas técnicos en las plantas de almacenaje derivadas de averías, o causas naturales las cuales en principio no se pueden prever, o problemas relacionados con la vida social, políticos, etc., que afectan a ofertantes y demandantes del producto.

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Por ejemplo, en la crisis del 1973 se impusieron cuotas racionadas de combustible que provocaron un aumento del precio del petróleo. Es por ello que las compañías del sector necesitan mantener un stock de seguridad, lo cual implica un almacenamiento, expuesto a riesgos, que varían en función de la fase del mismo, diferenciándose tres, almacenamiento del crudo, en refinería y en el trayecto de distribución. Este último es otro de los problemas de la utilización del petróleo como combustible para los motores de combustión.

De hecho, en el proceso de su almacenamiento y combustión, genera unos gases que podían ser aprovechados gracias a su poder calorífico. Se almacena gas natural entre otros. Éste es una mezcla de gases combustibles como el metano, su principal componente, y productos asociados al petróleo. Estos gases se comenzaron a utilizar a partir del 1850 aproximadamente, como combustible, pero no ha sido hasta años después cuando se aplicaron como un recurso útil para la industria, ya que presentaban muchas dificultades en su almacenamiento y transporte por su condición gaseosa.

Estos problemas se solucionaron con la llegada de técnicas dedicadas a transformar ese estado gaseoso en líquido, y la creación de conductos capaces de soportar presiones muy elevadas. En este proceso se expone a temperaturas muy bajas (-160°C) para contraerlo y se mete en grandes depósitos resistentes a la presión. Después se traslada a la costa, se transforma en estado líquido, y por medio de transporte marítimo se distribuye para devolverle el estado gaseoso una vez llegado a destino.

El gas natural es un combustible muy poderoso y con un menor riesgo contaminador, es posiblemente el recurso más limpio que existe, además de tener otros usos como base de producción para la industria petroquímica. Es por ello que está ganando poder con respecto al crudo, dadas sus condiciones y la necesidad del planeta de estabilizarse en sus niveles de residuos y utilización de recursos de forma responsable.

Para finalizar con el estudio del petróleo, combustible más común de los motores de combustión, vamos a analizar los problemas que puede ocasionar para distintas áreas del medioambiente, para después analizar opciones alternativas al petróleo, como el gas natural, ya mencionado previamente, después desnudar el motor de combustión sus

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

beneficios, perjuicios y demás puntos de interés, y finalmente las alternativas a este método y su presunta eficiencia competitiva, cerrando con las conclusiones pertinentes.

Uno de los problemas del petróleo es que no puede disolverse en agua, lo cual dificulta su limpieza en caso de derrames normalmente accidentales, que provocan efectos perjudiciales tanto para la sociedad como para el medio. El segundo factor es como ya hemos comentado, las partículas que emite en su combustión, como el dióxido de carbono, óxidos de azufre, etc. Esta contaminación afecta de forma directa al agua, al suelo, aire, animales y plantas, tanto en el almacenaje como transporte y explotación del producto, vamos a analizar el efecto que produce en cada uno de los medios.

En primer lugar, los derrames provocan un cambio en la composición del suelo que conlleva una inutilidad del terreno durante años, además de todos los restos, pozos, playas de maniobras industriales, utilizan un terreno que acaba resultando degradado.

Por otro lado, el efecto que tienen sobre el aire es debido a los gases que emite, ya que puede tener agentes contaminantes, y dependiendo de cuales sean, o se queman o se expulsan, cediéndolo al medioambiente, y emitiendo partículas contaminantes a la atmósfera.

En tercer lugar el agua también se ve afectada, en casos de vertidos del petróleo sobre mares en accidentes marítimos, además de aportar otras sustancias que provocan un descenso de la proporción de oxígeno en el medio. Por otro lado, en las aguas subterráneas provoca un aumento de la salinidad, dado el alto contenido en sales del petróleo.

En lo que a los animales y plantas se refiere, estos podrán pastar en función de la flora que exista, además de ofrecer refugio, y esta se ve fuertemente afectada por la presencia de hidrocarburos. Entre todos los animales, las aves son las peor paradas, ya que tienen un acceso más fácil y directo hacia las partículas contaminadas, ya sea por contacto o por alimentación, puede provocar la muerte de muchas de ellas. En lo que a zonas costeras se refiere, esta contaminación provoca efectos irreversibles sobre la fauna y flora marinas, dejando zonas sin utilidad dado el mal estado del medio.

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

El problema clave es que gran cantidad (casi la mitad) de los residuos que acaban en el mar son vertidos por las ciudades de costa, no solo en accidentes, sino utilizando el mar como un vertedero masivo y sin coste, para quitarse del medio las sustancias contaminantes. El otro caso que provoca estos residuos son los accidentes marítimos, que no cumplen con las reglas de seguridad de transporte de este tipo de sustancias, y en caso de que el barco sufra un accidente vierten el petróleo por el mar. Estos dos factores suponen una de las mayores causas de contaminación de los océanos.

En conclusión, estos vertidos de hidrocarburos provocan alteraciones en la vida en el lugar a todos los factores previamente analizados, lo cual nos lleva a la necesidad de concienciar a empresas petroleras de lo imperativo del cumplimiento de la normativa con vistas a la protección ambiental y la sostenibilidad para poder seguir actuando en el futuro.

3.2.2 Características del motor de combustión interna ³

Hemos explicado los distintos puntos que conforman el factor petróleo, su forma de composición, extracción, almacenaje, usos, proyecciones, perjuicios para el medio ambiente, problemas que supone en la economía, etc.

A partir de este punto iremos progresivamente accediendo al concepto de motor de combustión en concreto, para analizar también este factor desde todos los ángulos posibles para tener una concepción clara de que es, que aporta, que provoca, y las necesidades de actuación con respecto al mismo.

Voy a ir adentrándome en el motor de combustión, que tal y como he mencionado previamente, es el más integrado en los automóviles. Comúnmente denominados como motores de explosión.

El porqué de su nombre se debe a que durante el proceso interno se quema el combustible en el propio motor, gracias a una chispa que prende el combustible. Dentro

³ (Infante, 2009), acompaña a todo el epígrafe.

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

de los motores de combustión podemos encontrar varios formatos, con una estructura similar, y diferenciándose en alguno de los componentes, por ejemplo por chispa o compresión.

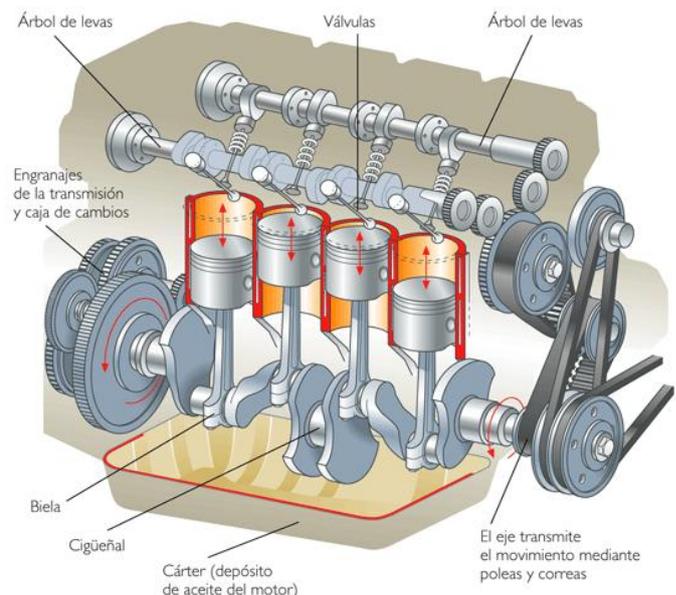
Funcionamiento del motor de combustión ⁴

Vamos a analizar brevemente el funcionamiento del motor de Otto, de forma que tengamos unas nociones básicas de que es lo que sucede dentro del motor.

El efecto que existe en el motor de Otto está ocasionado por la mezcla de un combustible, en este caso gasolina, y aire. Estos dos componentes se mezclan en el carburador, y después pasan al proceso de las cuatro fases.

En primer lugar, en la fase de admisión, se produce la apertura de la válvula del motor, dejando entrar la mezcla formada en el carburador. Posteriormente en la fase de compresión, la válvula se cierra y el pistón va ascendiendo de forma que reduce el espacio y comprime la mezcla en la parte superior del cilindro para dejar paso a la combustión, fase en la que se incendia la carga gracias a la chispa que emite la bujía. Esta ignición provoca que los gases sean menos densos y por tanto se expandan, empujando el pistón hacia arriba, proceso que provoca el movimiento del cigüeñal y del resto de elementos. Como fase final, en el momento de escape, la válvula se abre, y los gases se expulsan para empezar de nuevo el ciclo.

Figura 2 – Estructura de un motor de combustión interna



Fuente: Imagen de Google en la sección “Estructura de MCI”

⁴ (Biblioteca Virtual Luis Ángel Arango)

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

*Ventajas*⁵

La evolución de los motores ha sido increíble a lo largo de los años, desde el primer motor que crearon en asociación Mercedes-Benz, que estaba formado por pocos cilindros y de gran tamaño, a unos motores compuestos por múltiples cilindros y de tamaño muy reducido con una potencia muy superior.

Suponiendo que partimos de la base de que el motor de combustión conste de una confección eficiente, deberá cumplir con características tales como la utilización los recursos de manera que no se desperdicie nada, y de manera sencilla para conservarlo y ensamblarlo fácilmente. De esta forma puede trabajar eficientemente y transmitir las mínimas vibraciones a las estructuras próximas al mismo, resistiendo los esfuerzos realizados durante la transformación de los gases. Esto le permite tener una estabilidad suficiente como para asegurar la rigidez exigida para un desarrollo óptimo y fluido de los elementos dinámicos, y por último ser capaz de transformar o eliminar las calorías que absorben las paredes de combustión, ya que de otra forma se sobrecalentarían y perdería efectividad o incluso se averiaría.

Si se consigue un motor con estas características, que es lo normal a un nivel profesional y de mercado, el motor actual de combustión interna es una maquinaria que consigue producir movimiento directamente gracias a la energía química que produce el combustible al arder en el propio motor, existiendo varios tipos, siendo el de Otto que es el más utilizado, aplicado al campo referente a vehículos, y en segundo lugar en el campo de la automoción, el diésel, con un principio de trabajo distinto y un combustible también dispar, también con múltiples campos de aplicación. Casi la totalidad de automóviles en la actualidad utilizan el motor de cuatro tiempos (el de Otto), cuyas fases son las de admisión, compresión, explosión y escape.

El funcionamiento de este motor de Otto consiste en la transformación del combustible en energía química por medio de su combustión, y la utilización de esta para conseguir energía mecánica que provoca movimiento que tras unos procesos finaliza en las ruedas. Este motor ha sido y es la base del avance tecnológico en el mundo, ya que gracias a él se pudieron poner en marcha máquinas de gran tamaño que impulsaron la industria y

⁵ (Casanova, 3ª Monografía de ASEPA), (Enciclopedia Virtual Libre Universal).

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

desembocaron en mejoras y descubrimientos en infinidad de campos de la industria entre otros.

*Inconvenientes*⁶

Este formato de motor presenta diversos inconvenientes, como la pérdida de energía por fricción en el proceso de movimiento y la ineficiente refrigeración que provoca un excesivo calentamiento de los componentes el cual puede deformarlos y reducir su efectividad. De hecho, la eficiencia media en la actualidad, de los motores de Otto de gama media es de un 25% aproximadamente, lo que significa que solo el 25% de la energía térmica se transforma en movimiento, perdiéndose casi el 75% restante.

Las conclusiones extraídas de los documentos sobre las principales formas en las que el motor de combustión perjudica al medio ambiente son las siguientes:

- 1.- Lleva al agotamiento de recursos no renovables (dado el ritmo de utilización-regeneración explicado previamente) que se consumen con el funcionamiento de los MCI (motores de combustión interna).
- 2.- Consumen el oxígeno contenido en el aire de la atmósfera, con la emisión de gases que provocan los motores durante el proceso de combustión.
- 3.- Esa emisión de partículas tóxicas en consecuencia perjudica a la sociedad, animales y plantas, produciendo efectos como la lluvia ácida (principalmente provocada por el nitrógeno que expulsan los tubos de escape) Y otros ácidos que se asocian con los elementos de la atmósfera. Con las precipitaciones afectan a la superficie, incluyendo fauna, flora, mares y ríos, reduciendo así el volumen de agua potable.
- 4.- Estas mismas sustancias provocan el famoso efecto invernadero, propiciando el aumento de las temperaturas del planeta y provocando cambios en la fauna y la flora a lo largo de toda su superficie.

⁶ (Gutiérrez, Cruz, Gálvez y Carballo, 2008), (García y Espinosa, 1989), (Garrido, Univ. Zaragoza).

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

5.- La contaminación acústica, al emitir ruidos al medio reduciendo la calidad de vida en general y más concretamente en las grandes ciudades.

*Alternativas al motor de combustión de gasolina*⁷

En la actualidad podemos encontrar otro tipo de motor de gasolina, el motor Wankel, cuyo funcionamiento es muy diferente al de Otto. Tiene un formato distinto y revolucionario, pero presenta problemas de durabilidad, dada la fatiga que provoca sobre el metal, llevándole a perder eficiencia además de perder parte de la energía creada en mover componentes del propio motor en vez de dedicarlos al movimiento del cigüeñal, por lo que su utilización es residual en los vehículos, estando presente únicamente en algunos vehículos como la marca Mazda.

Los motores diésel en cambio van ganando terreno con el tiempo al utilizar un combustible distinto a la gasolina. Fueron inventados por el alemán Rudolf Diésel, y con ellos se pretendía ser más ecológico.

En estos últimos años se está implementando el motor híbrido, que combina un motor de gasolina y otro eléctrico, para reducir el consumo de carburante y de esta forma reducir las emisiones y el gasto, apelando así a la ecología y sostenibilidad.

Y en último lugar el modelo eléctrico puro. Tanto el modelo diésel como el eléctrico serán analizados a continuación.

⁷ (Enciclopedia Virtual Libre Universal).

3.3 El motor diésel

3.3.1 Funcionamiento del motor diésel ⁸

Los motores diésel tienen un formato que difiere considerablemente del motor de combustión. En primer lugar, en lugar de gasolina, el combustible que utiliza es gasóleo, aunque al igual que el de Otto puede estar compuesto por dos o cuatro tiempos. La diferencia básica del motor diésel con respecto al de combustión es que el diésel carece de encendedores auxiliares (como pudieran ser las bujías), funciona por autoencendido. Esto sucede por medio de un proceso que comprime el oxígeno que se aspira hacia los cilindros, a temperaturas cercanas a los 1000°C, provocando que al inyectar el combustible, la mezcla arda de forma instantánea. Es por ello que el diésel necesita una mayor resistencia en la estructura para soportar esas temperaturas, además de la obvia producción de más calor, y una compresión superior.

La capacidad para alcanzar estas temperaturas extremas se ha ido adquiriendo en las últimas décadas. Hace 50 años, se necesitaba un tiempo de espera de unos 30 segundos para conseguir arrancar un motor de este tipo por la dificultad de alcanzar los 1000°C, reduciéndose a una diferencia inapreciable en la actualidad, solo pudiendo existir diferencias en situaciones adversas con temperaturas muy bajas (<0°C). En este caso pueden exigir un pequeño precalentamiento que los motores de gasolina no necesitan dado que las temperaturas que utilizan para su funcionamiento son muchísimo menores.

Aunque se han conseguido asombrosos avances en los últimos años, todavía se necesitan calentadores que funcionen tanto en el la fase de arranque como en la de calentamiento, de forma que se asegure bajas emisiones al no necesitar gastar tanta energía en elevar la temperatura solo a base del propio motor, y también un aumento de la eficiencia del mismo. Es por ello que se necesita alargar la vida útil de estos calentadores, que de momento no es la óptima.

Se estima que próximamente se utilizarán motores diésel de baja compresión, de forma que reduzcan el nivel de emisiones, manteniendo las prestaciones. Se plantea la

⁸ (Spark Plug Europe, 2014), (Gualtieri, 2006).

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

producción con piezas de cerámica, por las condiciones mencionadas previamente. Son capaces de alcanzar temperaturas muy superiores a las que puede soportar el metal, sin sufrir grietas o deterioros, además de la durabilidad de las mismas, también superior, y el coste de reciclaje, cuasi nulo.

Además, los materiales de cerámica son completamente inofensivos para el medio ambiente, a diferencia de algunos componentes metálicos de los motores, formados por aleaciones que deterioran el medio.

3.3.2 Ventajas y desventajas del motor diésel⁹

Objetivamente ambos motores presentan diversas ventajas y desventajas con respecto al otro. Son factores que vamos a analizar para avanzar en el estudio sobre qué tipo de motor es más eficiente con vistas a futuro, antes de entrar en nuevas modalidades como los coches eléctricos o los híbridos.

La primera ventaja reside en el coste, los diésel conllevan un menor consumo de combustible que los motores de gasolina. Debido a esta ventaja, la demanda de automóviles de formato diésel viene aumentando desde 1990 existiendo en algunos países europeos un mayor volumen de coches con este motor que de gasolina. Esto está provocando un aumento gradual del precio del gasoil con respecto a la gasolina, el cual en algunos lugares también ha superado al precio de la misma.

El alza de precio del gasoil ha provocado diversos problemas a empleados del transporte, o personas que necesiten utilizar el combustible en sus actividades (como es el caso de agricultores). Por otro lado, esta desventaja de precio se viene viendo compensada con mejoras en los modelos diésel que ayudan a reducir más aun el consumo, que no solo abarata el uso de estos sino que reduce las emisiones suponiendo de esta forma también un beneficio para la atmósfera.

⁹ (Gualtieri, 2006).

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Es por ello que los gobiernos ofrecen más ayudas a la renovación de vehículos para intentar reducir al máximo los motores de gasolina del mercado, ya que se presupone que su emisión de residuos es mucho más perjudicial que la de los nuevos modelos. Por medio de nuevas invenciones también se consigue una menor emisión de ruido y gases en los motores diésel.

3.3.3 Comparativa de contaminación Gasolina – Diésel

Toxicidad¹⁰

Analizo la toxicidad de esos gases emitidos por los motores de gasolina en comparativa con los motores diésel y las formas que existen para reducirla.

Una sustancia toxica es aquella que provoca efectos nocivos en el organismo humano y en el medio. Los MCI emiten sustancias como óxidos de nitrógeno, hollín, monóxido de carbono, hidrocarburos, sustancias cancerígenas, compuestos de azufre y plomo además de los gases emitidos por un componente del motor (cárter) y en la evaporación del combustible en el aire.

Podemos ver una comparativa sobre las emisiones al medio de ambos tipos de motor sobre las sustancias mencionadas previamente.

Figura 3.- Tabla comparativa de emisiones del motor diésel vs gasolina

Componentes tóxicos	Motores Diésel	Motores de gasolina
Monóxido de carbono, %	0.2	6
Óxidos de nitrógeno. %	0.35	0.45
Hidrocarburos, %	0.04	0.4
Dióxido de azufre, %	0.04	0.007
Hollín/ mg/l	0.3	0.05

Fuente: “El motor de combustión interna y su impacto ambiental”, Publicado por Ing. Raúl Gutiérrez Torres, Universidad Ciego de Ávila, Cuba.

¹⁰ (Gutiérrez, Cruz, Gálvez y Carballo, 2008), (García y Espinosa, 1989).

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Y de esta forma podemos observar como la toxicidad de los Diésel va a verse afectada principalmente por los compuestos de nitrógeno y el hollín, a diferencia de los de gasolina que se verán más afectados por el carbono y el nitrógeno. Se observa que excepto en la producción de hollín los motores que utilizan la gasolina como combustible producen una cantidad muy superior del resto de elementos contaminantes, excepto en los óxidos de nitrógeno, que están prácticamente emparejados, lo que a primera vista lleva a pensar que los motores diésel son apreciablemente mejores en lo que a contaminación respecta, pero ¿Son realmente tan beneficiosos los motores diésel?

En efecto tal y como la tabla muestra, a pesar de la fama que tiene en la sociedad, la aportación de los motores diésel a la contaminación del medio ambiente es mucho menor de la que se piensa. El problema de estos es que producen mucho más hollín lo que provoca un humo más denso y oscuro. No es una partícula realmente tóxica, pero para la visión pública es un factor determinante a la hora de dar su opinión ya que lo que ven es más desagradable que en los de combustión.

También se ha demostrado que para motores de igual potencia, los niveles de dióxido de carbono emitido a la atmosfera del motor diésel son mucho menores, dejando la gran responsabilidad del efecto invernadero a los de gasolina, por este compuesto y los óxidos nitrosos, lo que provocaría de seguir a este ritmo según el Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos un incremento de las temperaturas de 1°C cada treinta años, lo que se traduce en un aumento del nivel del agua por deshielo de unos 10 metros para el año 2100.

*Contaminación acústica*¹¹

Esta contaminación acústica es entendida como el ruido que se emite durante el trabajo del motor durante las cuatro fases del proceso de combustión, por el movimiento de los componentes, la explosión, los golpes durante el trabajo, y los elementos asociados al motor, y también durante el escape de los gases.

¹¹ (Gutiérrez, Cruz, Gálvez y Carballo, 2008), (García y Espinosa, 1989).

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Las posibles soluciones ante tales ruidos consisten en la colocación de silenciadores en los puntos que los provocan, de manera que esas vibraciones que son las que provocan el ruido se vean disminuidas. Los silenciadores situados en medio del avance de esas ondas retendrán esa energía de las oscilaciones, reduciendo las emisiones sonoras. También se podrán colocar pantallas que aíslen las piezas que las provocan, o alterar la colocación de los componentes de forma que las vibraciones sean menores.

Estos ruidos se miden en decibelios (dB), siendo las mediciones que se van a mostrar a continuación sobre los vehículos a 7.5 metros de distancia del vehículo avanzando este en su marcha más veloz. En la tabla se comparan estos con otras emisiones representativas de ruido.

Figura 4.- Tabla comparativa de emisión de ruidos

Fuente de ruido	Niveles de emisión en dB(A)
Auto de turismo de pasada	70-77
Camión de pasada	80-90
Discoteca	90-110
Avión al despegar	110-130

Fuente: “El motor de combustión interna y su impacto ambiental”, Publicado por Ing. Raúl Gutiérrez Torres, Universidad Ciego de Ávila, Cuba.

Sabiendo que las discotecas son uno de los elementos con mayor contaminación sonora y que por ley tienen que estar aisladas para no traspasar el ruido al exterior, queda bastante clara la contaminación acústica que los vehículos producen, estando a un nivel del 80% aproximadamente del ruido que estas provocan. Si añadimos el hecho de que hay unos 10 millones de coches solo en España, el resultado es claro. La cantidad de ruido emitida a la atmósfera es muy elevada, y en espacios de campo donde viven especies salvajes puede afectar a su modo de vida o incluso forzar su emigración a otros parajes.

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

En Cuba, país elegido para el ejemplo, no se realizan controles sobre esta contaminación sobre los motores de combustión interna, y de hecho muchos de los vehículos en países de América principalmente y también Europa, no podrían circular en caso de tener que cumplir con esta normativa ya que les retiran a los coches el silenciador, al igual que en el caso de las motocicletas de menor cilindrada, que no ofrecen ningún tipo de filtro de ruido, sabiendo que tal cilindrada solo podrá ir por carreteras secundarias, las cuales están más expuestas a la naturaleza y la fauna del lugar, ofreciendo así una invasión mayor hacia el medio.

Soluciones en marcha¹²

Con vistas a reducir esa emisión de sustancias tóxicas al medio que producen los MCI, vamos a plantear dos opciones, los métodos constructivos que consisten en la utilización, contención o eliminación de esos gases, y los explotativos, que tienen el fin de mejorar las distintas fases del proceso de combustión a la par de sus componentes, etc., sumando el uso de biocombustibles.

Por ejemplo el índice estequiométrico marca la proporción correcta entre aire y combustible que deberá haber en la mezcla para que se quemara todo el aire y el combustible y así reducir las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono. Otros elementos utilizados son el convertidor catalítico, o el catalizador de tres vías.

Los biocombustibles son una de las alternativas a la gasolina que más ventajas presentan. Al estar formados por materiales agrícolas no contienen sustancias químicas como el azufre, por lo que reducirán la emisión de sustancias que propician la lluvia ácida, y tampoco emitirán CO₂ a la atmósfera.

Se ha demostrado que ofrecen mejoras medioambientales con respecto a la utilización de los combustibles convencionales, el problema es que la eficacia energética de los mismos no siempre es tan fuerte, y se necesita más cantidad para un mismo esfuerzo.

¹² (Gutiérrez, Cruz, Gálvez y Carballo, 2008), (García y Espinosa, 1989).

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Como ilustración de la importancia que la emisión de este tipo de gases tiene para la sociedad actualmente, se muestra en la siguiente página una comparativa entre la legislación existente en Europa y el Estado, alcanzado por la firma alemana Fendt acorde con la información de los profesores del Dpto. Mecánica Aplicada. Ftad. Mecanización Agropecuaria de la Universidad de Ciego de Ávila, Cuba.

Figura 5.- Tabla comparativa de emisiones en gases de los distintos modelos de motor

Emisiones de gases en g/(kW h)	D CEE 15-4-82	DCE 88/77 1-10-97	Fendt modelos de 1990 de serie
CO	14	11.2	1.5
Hidrocarburos	3.5	2.4	1.15
Óxidos de N2	18	14.4	13.8

Fuente: “El motor de combustión interna y su impacto ambiental”, Publicado por Ing. Raúl Gutiérrez Torres, Universidad Ciego de Ávila, Cuba.

Puede observarse una tendencia bajista, se pretende gradualmente ir reduciendo las emisiones de todos los gases, aunque aún se está lejos de alcanzar los objetivos.

En lo que a legislación nacional se refiere, aun no existen controles sobre los niveles de sustancias tóxicas emitidos al medio ni tampoco sobre los que provocan el efecto invernadero a día de hoy en muchos países en vías de desarrollo, entre otros, Cuba. Muestra de ello es la posibilidad de ver en múltiples ocasiones vehículos circulando por carreteras mientras expulsan una gran cantidad de humo opaco y otros incluso dejando olor a gasolina, que demuestran no solo la mala calidad del sistema de emisión de gases sino también del sistema de alimentación de combustible de los mismos.

Es por ello que cada vez se exigen técnicos mejor cualificados y a estos se les imponen más exigencias porque gracias a ellos se puede reducir esas emisiones de sustancias tóxicas. Además de labores como dar una mejor labor al combustible que se utiliza, ya que si hay un sistema de alimentación averiado, muy probablemente vaya emparejado

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

con un aumento del consumo de combustible, y en consecuencia no solo la pérdida inútil del mismo sino también un aumento en las emisiones.

Otra de las opciones ante los motores de combustión de serie sería la de aplicar cambios al mismo motor, tanto en los componentes como en la colocación de los mismos para conseguir diferentes resultados.

Por ejemplo, se plantea la posibilidad de implantar piezas de cerámica como parte de los componentes del motor. Estas aguantan mucho más tiempo que los componentes metálicos (10 veces más), y no necesitan un sistema de refrigeración o mantenimiento por medio de líquidos químicos, ya que el material en sí aguanta temperaturas superiores sin sufrir grietas y producir fugas de calor.

La cerámica por tanto utiliza de una forma más eficiente la energía ya que no desperdicia elementos en el proceso de ignición además de no emitir sustancias tóxicas o contaminantes como podría ser el monóxido de carbono emitido por los MCI.

El único problema que se le podría atribuir a las piezas de cerámica es su fragilidad, dado que este material con un leve golpe puede resultar dañado y por tanto la fiabilidad del motor se reduciría enormemente. Dada la eficiencia de la cerámica, y el problema detectado, se están buscando formas de solventar esta inconveniencia.

Resultado de la comparativa¹³

1.- De todos los MCI, el más contaminante es el motor de gasolina, dado que emite mayores sustancias tóxicas al medio, a pesar de que las mismas tengan una menor visibilidad directa para la sociedad, como era el caso del color del humo con respecto a los diésel.

2.- Existen muchos países en vías de desarrollo en los cuales aún no existen controles sobre los productos contaminantes que emiten los distintos tipos de motor, existiendo diversas reservas explotativas cuyo objetivo es la reducción de estos gases.

¹³ (Gutiérrez, Cruz, Gálvez y Carballo, 2008), (García y Espinosa, 1989).

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

3.- En muchos países faltan controles sobre la contaminación acústica que producen los motores durante su utilización, formando parte de la circulación vehículos que incumplen los niveles máximos de ruido.

Por ello las actuaciones básicas consistirán en aumentar la cualificación de los trabajadores encargados del aspecto técnico de los motores, para mejorar la eficiencia de los mismos, reduciendo el consumo de combustible y la emisión de gases. También darnos cuenta de los perjuicios que estamos ocasionando al medio ambiente con estas emisiones, que entre otros problemas provoca el efecto invernadero. Y finalmente tras la concienciación, aplicar las normas vigentes relacionadas con la protección del medio establecidas en cada nación.

3.4 El vehículo eléctrico

3.4.1 Funcionamiento del motor eléctrico ¹⁴

Antes de explicar qué ventajas o que inconvenientes puede suponer la producción de un vehículo eléctrico hay que saber de qué está compuesto y como funciona su proceso de producción de energía, a la par de las variedades que haya del mismo y algunos otros detalles que se comentan a continuación.

Los motores eléctricos son unos ingenios que funcionan por medio de la rotación y gracias a ella transforman energía eléctrica en energía mecánica. Entre sus ventajas destacan lo limpio que es con el medio ambiente, económico al tener baterías recargables, y los reducidos riesgos que existen en su utilización. Gracias a todas ellas ha sido el sustituto novedoso de muchos aspectos de la vida tales como la industria, el comercio o los hogares.

La potencia de estos motores es ajustable, se pueden producir motores muy dispares, y que produzcan unas velocidades también variables, para satisfacer múltiples necesidades sociales tales como acelerar, sostener una carga, etc.

El motor eléctrico está compuesto por un número muy reducido de piezas en comparación con uno de combustión, lo cual deja menos opciones a la sucesión de fallos. Tienen un tamaño menor al de los de combustión, lo que permite aplicarlos a automóviles más ligeros, además de permitir el desarrollo de sistemas que controlen los neumáticos desde un mismo motor, tal y como funcionan los automóviles. Además permiten un cambio de situación en reposo a situación de máxima potencia de forma instantánea, lo que supera a los MCI, y al resto de motores en lo que a este tipo de agilidad se refiere.

El problema de los motores eléctricos es que necesitan baterías para su funcionamiento, y estas ocupan mucho espacio, siendo la única forma de almacenar energía eléctrica. Estas baterías tienen un problema añadido per se, y es que cuando agotan la energía que almacenan, tardan varias horas en rellenarse, a diferencia del MCI, que solo necesita repostar en una gasolinera. Es un problema solventado en el caso de los trenes, que

¹⁴ (Mozas, 4ª Monografía de ASEPA) y (Gran Enciclopedia Universal de Espasa Calpe Tomo 27 y la Revista Tecnirama N°52).

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

funcionan conectados a un cable situado en la parte superior del mismo el cual está en contacto con fuentes generadoras de electricidad. De esta forma las baterías no se necesitan en absoluto.

Está claro que este sistema de cables no es aplicable en un horizonte temporal medio a los vehículos privados, ya que hay infinidad de rutas y sería casi imposible cubrir todas, es incompatible con el tráfico. Es por ello que se usan los motores híbridos, combinando el eléctrico con uno de combustión, añadiéndole a este un generador eléctrico que permita seguir funcionando mientras el motor eléctrico se recarga gracias al generador.

Este tipo de motores se aplica en multitud de áreas de la vida humana, teniendo la posibilidad de crear motores simples y poco potentes o motores de hasta 1000 caballos, según en parte a su composición, pudiendo ser simples (monofásicos), o polifásicos, que combinan varias bobinas en forma de círculo.

Según su naturaleza de corriente, pueden ser o de corriente continua o alterna. Además según el modo de trabajo se clasifican también por motores de inducción, sincrónicos y de colector, poseyendo todos ellos los elementos básicos de una máquina rotativa magnética.

El proceso de funcionamiento del motor eléctrico consiste en la formación de un campo magnético, región en la cual se ejercen fuerzas sobre metales, con una parte estática y una giratoria, que se llama rotor, compuesto entre otras cosas por varias bobinas de cobre que al entrar en el campo magnético y estar conectadas a las baterías conectan el flujo de corriente que se almacenará para posteriormente provocar el movimiento de varios componentes. La carga magnética del componente rotatorio es opuesta a la estática, lo que provoca el giro del rotor. Al darse la vuelta el rotor, la carga de los polos sería similar, lo que provocaría una parada del motor. Es por ello que es necesaria la inversión de polaridad del electroimán, para que no cese el movimiento, formándose así el cambio de eléctrica a energía mecánica. Según como sea ese cambio de polaridad definiremos el motor como de corriente alterna o continua.

La mayoría de motores eléctricos se mueven por corriente alterna, formato el cual cambia la polaridad rápidamente (varias veces por segundo), manteniendo así el eje en movimiento. Si un equipo se mueve y tiene toma de corriente con la pared, es de

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

corriente alterna. Dentro de los de corriente alterna se clasifican en tres tipos, inducción, sincrónicos y de colector.

Por otro lado los de corriente continua consiguen la energía de una batería. Están formados por un componente extra, el conmutador, que es el que invierte la polaridad. Además las bobinas que los conforman son ligeramente diferentes a las de los de corriente alterna.

3.4.2 El motor eléctrico como alternativa¹⁵

Otra de las alternativas propuestas son los famosos y en fase de despegue motores eléctricos. Actualmente, el reto para los creadores de automóviles es el de reducir las emisiones tóxicas al medio sin renunciar a las prestaciones que ofrecen los vehículos que las producen, tanto en comodidad como en potencia, etc.

Esta alternativa propuesta tiene un gran recorrido ya que en varios de los formatos, se sirve de energía solar y baterías recargables para conceder la autonomía necesaria al vehículo. Uno de los problemas que este tipo de coches presentan es la falta de potencia o de durabilidad de las baterías, siendo necesaria una recarga cada pocos kilómetros, lo que los hace poco útiles en medias y largas distancias. Por ello se están implantando los vehículos híbridos, que combinan el motor eléctrico para distancias cortas en ciudades con un motor mixto para las largas distancias, como es el ejemplo del Opel Twin.

Algo muy positivo de este tipo de motores es la emisión nula o cuasi nula de gases tóxicos al medio ambiente, ya que no necesitan combustión ni consumen combustible. Se están implantando modelos que se basan en la energía solar y acumulan depósitos de la misma para momentos en los que no puedan abastecerse de ella, pero estos modelos todavía no poseen la potencia requerida por la mayoría de consumidores como para ocupar una posición en el mercado, por eso la mayoría de estos modelos solo están disponibles en la fase de testeo, o entrando en el mercado, sin existir todavía un gran volumen de vehículos híbridos o eléctricos en nuestro país.

¹⁵ (G.Artés, 2011), (Flores, 2010), (Mozas, 4ª Monografía de ASEPA), (Artículo del *Cinco Días*, Entrevista a Rupert Stadler, 2014).

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

De hecho, durante el salón del automóvil de Fráncfort, una de las entrevistas llevadas a cabo fue al presidente del Consejo de Dirección de Audi, el cual estimaba en torno a 10-15 años más hasta que podamos pasar página del motor de combustión.

En otros países muy desarrollados como es el caso de Noruega, sí que se pueden observar muchos más puntos de recarga para coches eléctricos o híbridos, es el primer país en implantación de coches eléctricos en circulación, y esto les coloca en una posición privilegiada en Europa en lo que a sostenibilidad en transportes se refiere.

Hasta aquí los coches eléctricos o híbridos parece que solo presentan ventajas, pero bien es cierto que existe debate sobre la realidad de los mismos, sobre si realmente son tan beneficiosos y poco contaminantes, y cierto es que las emisiones en su utilización son menores, pero la condición de los materiales utilizados en su fabricación, la composición de las baterías y la posibilidad del reciclaje de los componentes una vez se ha acabado su vida útil son unos factores que no dejan en tan buen lugar a este tipo de motores. Estos puntos serán analizados posteriormente.

3.4.3 El motor eléctrico como una opción cuestionable ¹⁶

Según la documentación consultada, y basándome en múltiples fuentes de documentación que pueden consultarse revisando su trabajo. Se va a analizar esa cara no tan positiva de los vehículos eléctricos, para considerar su aportación real a la sostenibilidad de la sociedad.

Afirma que en la actualidad existen casi un billón de vehículos y que en unos cuarenta años se habrá triplicado, lo cual implica indirectamente que esta tendencia no es sostenible dado el modelo de motor actual, dada la cantidad de sustancias que se emiten tanto en los procesos de extracción, almacenamiento y combustión de esos recursos. Además es de añadir que esos recursos cada vez escasean más y que en resumidas cuentas, el petróleo se está acabando.

¹⁶ (Martínez, 2014), (Artículo de *MotorPasión*, 2012).

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Es por ello que la sociedad ha planteado alternativas como el coche eléctrico, con la pretensión de reducir esas emisiones, aumentando la eficiencia del uso del transporte, y eliminar de forma total o parcial la degradación que sufre el medio con las emisiones de todas las sustancias tóxicas mencionadas anteriormente. Por medio de la creación de nuevas baterías de ión-litio se plantea la viabilidad del proyecto de los coches eléctricos.

En este proyecto se muestra otra visión de la realidad, con los pros y los contras de esos coches eléctricos, cuya cara oculta no siempre sale a la luz ya que no le conviene a casi nadie.

La afirmación anterior se refiere a que muchas veces la información mostrada sobre los coches eléctricos está ligeramente sesgada, ya que no les beneficiaría en lo que a rentabilidad se refiere, exponer todas las desventajas que realmente supone la producción de un coche eléctrico, desde la extracción de materiales hasta el reciclaje de los mismos al final de su vida útil.

Emisiones

En primer lugar se analiza la presunta limpieza de los vehículos eléctricos, factor que destaca como elemento principal en su implantación en el mercado al no producir sustancias tóxicas al medio comparándolos con los motores de combustión. En la mayoría de los casos en los que se analiza la emisión de carbono al medio se tienen en cuenta únicamente las producidas por la utilización del vehículo, y no las que han sido necesarias para la producción de este o el resto del coste ecológico. Para ilustrarlo, apuntar que el 30% de la energía que utilizará un vehículo en todo el periodo de uso se consume en su producción. De esto se deduce que la mayoría de los análisis realizados sean financiados por las productoras, lo que acaba presentando una información sesgada en busca de ayudas públicas a estas empresas.

Teniendo en cuenta estas emisiones en su producción, en caso de intercambiarlos por los eléctricos, lo que se produciría sería una concentración de las emisiones en los puntos de producción, reduciendo por tanto las emisiones en los centros y trasladándola a las zonas de fábrica, las cuales suelen situarse en la periferia y naciones pobres con

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

políticas ecológicas menos exigentes. La conclusión es por tanto que no se eliminaría la contaminación sino que se trasladaría a esas zonas.

Muchas veces también se presume que la producción de esa energía eléctrica no supone contaminación alguna sobre el medio, afirmación falsa dado que también provocan deterioros dado el coste que hay que asumir para la producción de las estructuras necesarias y su puesta en marcha.

También es necesario pararse a analizar donde acaban los elementos que se han necesitado en el proceso productivo de este tipo de vehículos y los que los conforman, como los materiales de las baterías. Con la producción de coches eléctricos el aumento de producción de estas obviamente aumenta, y en su proceso de producción utiliza algunos recursos no renovables que también están llegando a su fin. Claro está el ejemplo de las baterías de litio, que restando el aplicado en otros sectores, si se recicla todo el existente, ofrecería una capacidad de producción en torno a 270 millones de vehículos, cuando en la actualidad ya se cuenta con más de 800 millones. Y no solo eso, los elementos tóxicos que componen estas baterías podrían provocar graves daños medioambientales si no se administran eficientemente.

Baterías

El factor de las baterías es uno de los puntos clave en el desarrollo de los motores para vehículos eléctricos, ya que es uno de los retos de las compañías en su sostenibilidad medioambiental. Primeramente y como es lógico, porque suponen la base del motor, y también porque no son un elemento consumible, y una vez se acaba su vida útil, que suele rondar los 3 años (entre 300 y 1000 recargas), hay que reciclarlas para intentar utilizar los materiales que la componen e intentar descartar de forma no contaminante aquellos componentes que no se pueden reintegrar a la cadena de producción.

El proceso de reciclado de las baterías es complejo, pero no podemos renunciar a él, ya que algunos de los componentes de estas son tóxicos. Además, si reciclamos más componentes, es necesaria una menor extracción de materiales para producir nuevas piezas. Por ejemplo, el níquel, que según la información proporcionada por la revista

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

“*Motorpasi3n*”, cotizaba en Enero de 2012 a 15.500€ por tonelada, lo cual hace si cabe m3s atractiva la recuperaci3n del mismo. De hecho, este componente es de sencilla recuperaci3n, por medio de imanes.

Por el contrario, si no recicl3ramos estos materiales, la intensidad de la actividad minera tendr3a que aumentar, aumentando las emisiones de CO2 dado que es necesario para la producci3n de esas nuevas bater3as. Es por ello que por medio del reciclaje conseguimos eliminar buena parte de la contaminaci3n que produce la creaci3n de bater3as el3ctricas, en la primera fase del proceso productivo que es la de extracci3n.

Anteriormente se utilizaban bater3as compuestas parcialmente por Cadmio, el cual es un metal muy t3xico, por lo que se ha intercambiado por metal hidruro. De esta forma el proceso de reciclaje es m3s sencillo adem3s de reducir los riesgos medioambientales que se provocan en la extracci3n del Cadmio.

El proceso de reciclaje es muy complejo, pero una vez que las bater3as han acabado su vida 3til, hay que desmantelar por separado los catalizadores y las partes el3ctricas. La SNAM es la organizaci3n Europea que se encarga de asegurar que las bater3as son tratadas de forma sostenible. Una vez tenemos todas las piezas, las enviamos al centro de reciclado, en el que se tratar3n en diversas fases para descomponerlas en los distintos recursos b3sicos que las compon3an. Estos son los pasos de reciclado:

- 1.- Recoger las distintas piezas y transportarlas a las plantas
- 2.- Introducir las bater3as en hornos de alta potencia para facilitar la separaci3n de piezas.
- 3.- Trocear y lavar las bater3as despu3s de pasar por el alto horno.
- 4.- Separar los componentes, diferenciando entre los reutilizables y no reutilizables.
- 5.- Transporte de los distintos materiales a una planta de refinado.
- 6.- Aislamos el hidr3xido de n3quel, necesario para la composici3n de bater3as, por medio de una serie de procesos.

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Gracias a la recuperación del hidróxido de níquel mantenemos útil una parte muy importante de los recursos utilizados en la producción de las baterías, minimizando el impacto medioambiental. Tanto en la optimización del uso de energía, como en el ahorro de costes y en la reducción de emisiones.

El proceso de reciclaje de baterías normalmente se integra en procesos generales de reciclaje, como los utilizados para la recuperación de otros muchos metales u otros materiales, incluyendo hasta los líquidos, y otros muchos materiales reutilizables.

Es pues muy importante el reciclaje de las baterías de los coches híbridos y eléctricos para conseguir una reducción en la contaminación provocada por las distintas fases de su producción, como la extracción, los costes, y la energía utilizada. Además, por medio de la utilización de este proceso de reciclaje se cumplen las normas a las que está sujeto el manejo de estas baterías, asegurando que esos materiales tóxicos son tratados de forma responsable.

Prestaciones

Avanzando por los posibles inconvenientes que los motores eléctricos puedan presentar llegamos al factor de las prestaciones. Dado su tamaño, peso y potencia, no es aplicable a todas las maquinas a las que los motores de combustión están integrados, restringiéndose a los elementos de transporte.

También se da por hecho que el formato de transporte es sostenible, sin entrar en el debate sobre cuál sería la inversión necesaria para implantar infraestructuras suficientes para que dada la autonomía de los vehículos eléctricos puedan llegar de un punto de recarga a otro sin problemas. Este modelo con esas infraestructuras vuelve a no ser completamente sostenible dado que los recursos utilizados en las infraestructuras cada vez escasean más. Tampoco se aborda el debate de la organización territorial de la sociedad, como se conectan las zonas de trabajo, áreas sociales y de residencia.

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Efecto rebote

El siguiente factor es el peligro de efecto rebote. Actualmente la sociedad está considerablemente concienciada sobre la necesidad de reducir la contaminación. Si se les ofrece un producto que tal y como “lo venden” no supone ningún tipo de contaminación, aquellas personas que optaban por el transporte público para ayudar al medio ambiente podrían optar por volver al transporte individual, aumentando la demanda de vehículos eléctricos lo que aumentaría la contaminación en las plantas de producción y todos esos materiales podrían provocar que el coste ecológico fuera superior al que existe actualmente.

Otra de las opciones es que dada la autonomía limitada de los vehículos eléctricos, la sociedad los utilizara para travesías de corta distancia en ciudades, reservándose los convencionales para largos viajes. Esto provocaría una duplicidad que aumentaría aún más la cantidad de vehículos en el mundo, añadiendo más residuos al medio. Además, al aumentar la demanda de coches eléctricos, aumentaría la demanda de este tipo de energía, ejerciendo presión sobre el sector de forma que podrían recurrir a otros recursos como la energía nuclear respaldándose en la necesidad de saciar la demanda de energía eléctrica.

Falta de tiempo

Por último, el periodo de transición objetivamente necesario, es mucho más largo que el que demanda la sociedad tal y la progresión del cambio climático. Todo el periodo de producción de infraestructuras, recaudación de recursos etc., exige más tiempo del que se dispone, ya que se pretende implantar en un periodo muy reducido.

Si tenemos en cuenta todos estos factores, es innegable que el problema de la contaminación no es solventado por la producción de los coches eléctricos por sí mismos. Esta adaptación pretende optimizar los procesos de contaminación, reduciéndolos al máximo, pero si pretendemos resolver este problema de raíz, hay que encontrar el núcleo del problema, y plantearlo desde una perspectiva sistémica.

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Todos estos argumentos no pretenden simplemente criticar al coche eléctrico, de hecho se asume que es una mejoría que permite reducir esa dependencia que tenemos del petróleo y otros derivados como hemos mostrado anteriormente, pero intentan mostrar la realidad insesgada de los motores eléctricos, ya que la implantación de los mismos no solventará ningún problema si no se replantea el problema desde todos los ángulos, incluyendo la organización territorial, la apuesta por el transporte colectivo, estructura social, etc., yendo más allá de un cambio de motor.

3.4.4 Situación actual del vehículo eléctrico en España - Europa¹⁷

Puede considerarse que está llegando la revolución del vehículo eléctrico a España, y que nos acompañará ese crecimiento los próximos 15 años. Se va a mostrar la situación actual del mercado, junto con las ayudas que el gobierno ofrece, las fases que se espera siga ese proceso, las consecuencias que tendrá, y el tipo de vehículos que vamos a poder conducir en el futuro.

En España, el gobierno tiene unas ayudas a la compra de vehículos eléctricos, que antes de la publicación del BOE de 2013, alcanzaban un máximo de 6.000 euros. Dada la tesitura económica en la que nos encontramos, la actualización de 2013 del BOE ha reducido las ayudas 500 euros, excluyendo las motos eléctricas, y también excluyendo de las ayudas a segundos vehículos, recibíendola solo la primera unidad comprada. La máxima subvención a recibir es pues de 5.500 en 2013, dependiendo de la autonomía que posea el vehículo, correspondiendo los 5.500 euros a vehículos eléctricos de turismo y furgonetas ligeras que sean capaces de recorrer una distancia de 90 km o superior con la energía que proporcionan sus baterías. Este nivel es superado por todos los coches puramente eléctricos, tales como los modelos punteros Nissan Leaf, Renault Fluence, etc.

A estas subvenciones podrán acceder tanto personas físicas que residan en España como autónomos (siempre que paguen el IAE) y empresas privadas que cumplan ciertos requisitos de registro. Podrán aplicarse las ayudas a vehículos nuevos o en operaciones de leasing o renting con una duración de dos años o más.

¹⁷ (IDAE, 2014), (Artés, 2011), (Baeza, 2013) y (Soria, 2013)

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Se argumenta por otro lado la exclusión de las motos eléctricas con razones como que ya cuentan con lo que el gobierno considera costes competitivos, por lo que no se ve necesario mantener el apoyo a ese tipo de vehículos. Es una pena la eliminación de esta subvención a las motos eléctricas, porque en el primer trimestre se vendieron el triple de motos que de coches eléctricos (203 frente a 70). Además, las motos eléctricas aportan una ventaja con respecto a los coches ya que consumen menos, se recargan más fácilmente debido a su tamaño, y son más eficientes en ciudad, que es principalmente la función para la que se pueden utilizar de momento los vehículos eléctricos, dada su reducida autonomía.

El hecho de recibir este tipo de ayuda por parte del gobierno no excluye al receptor de la participación en otros planes de ahorro como el Plan Pive, o colaboraciones por parte de las CC.AA, o diversos organismos nacionales o europeos.

Con una ayuda parcial que alcanza los 3.500 euros se encuentran modelos cuya autonomía permita trasladarse entre 40 y 90 km. En este cuadro se integran los vehículos eléctricos de autonomía extendida, como el Chevrolet Volt.

En último lugar, aquellos cuya autonomía gira entre los 15 y los 40 km, reciben una ayuda de 2.500 euros, y son modelos como el Toyota Prius, con una duración de 25 km a base de pilas, y otros modelos pendientes de lanzamiento o ya en el mercado. El caso de modelos como el Renault Twizy es especial ya que se consideran cuadríciclos, y tienen unas subvenciones aparte, rondando los 2000 euros según la categoría de cuadríciclo, en vez de depender de la autonomía.

Estas ayudas serán ejecutadas de forma directa entre comprador y el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, suprimiendo al intermediario que existía previamente. Las ayudas estarán vigentes hasta fin de fondos, y serán demandables hasta el 31 de Agosto de 2013, para coches pendientes de matriculación, o 31 de Octubre de 2013 si ya están matriculados, existiendo un plazo de seis meses de trámite de solicitud, considerándose desestimada en caso de ausencia de contestación.

El presupuesto de ayudas establecido por el Ministerio ha variado de los 49 millones en 2012 a los 10 millones en 2013, cifra que se mantiene en 2014, lo cual da una imagen

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

más clara si cabe de la situación económica que atraviesa el país. Gracias a estos incentivos, se han adquirido cerca de 5.000 vehículos eléctricos gracias a los cuales en los últimos años se ha evitado la emisión de 75.000 toneladas de CO₂ y el consumo de 150.000 barriles de petróleo según el Ministerio. Además se ha dinamizado la oferta de modelos de turismo eléctrico, duplicándose la oferta con respecto a 2011.

Tal y como se publica en El País, Ganvam (Asociación Nacional de Vendedores de Vehículos a Motor) cree que este nuevo paquete de ayudas de diez millones de euros:

“Son un estímulo para hacer despegar una demanda todavía incipiente”.

Según su presidente, Juan Antonio Sánchez Torres,

“el coche eléctrico es la movilidad del futuro y alcanzará una cuota de mercado algo más representativa dentro de cinco o seis años, cuando consiga salvar obstáculos como su limitada autonomía o la falta de puntos de recarga, que están frenando su penetración en el parque, a pesar de representar la opción de movilidad más barata en el entorno urbano”.

Fuente: “Ayudas a la compra de coches eléctricos para 2013” por Marcos Baeza a 06 de mayo de 2013, para el periódico El País.

Figura 6.- Tabla comparativa de precios de vehículos eléctricos e híbridos

Vehículos eléctricos a la venta en España - Mayo de 2013		
Modelo	Precio desde con IVA	Precio desde con IVA y ayudas
<i>Eléctricos puros</i>		
Renault Twizy 45	7.220 €	5.420 €
Renault Twizy 80	7.930 €	5.730 €
<i>En ambos casos, hay que sumar 50 euros al mes por el alquiler de las baterías</i>		
Citroën C-Zero	29.890 €	24.390 €
Peugeot iOn	29.890 €	24.390 €
Mitsubishi i-MIEV	30.490 €	24.990 €
Nissan Leaf	29.900 €	24.400 € (baterías en propiedad)
Nissan Leaf Flex	24.000 €	18.500 € (baterías en alquiler; 79 €/ mes)
Renault Zoe	21.250 €	15.750 € (baterías en alquiler; 79 €/ mes)
Renault Fluence ZE	26.600 €	21.100 € (baterías en alquiler; 82 €/ mes)
Renault Kangoo ZE	24.775 €	19.275 € (baterías en alquiler; 75 €/ mes)
Smart Fortwo ed	19.500 €	14.000 € (baterías en alquiler; 67 €/ mes)
<i>Eléctricos de autonomía extendida</i>		
Chevrolet Volt	44.525 €	41.025 €
Opel Ampera	47.680 €	44.180 €

Fuente: “Ayudas a la compra de coches eléctricos para 2013” por Marcos Baeza a 06 de mayo de 2013, para el periódico El País.

Podemos observar en la tabla la lista de precios de los distintos modelos de vehículo eléctrico ofrecidos en nuestro país. Por lo general, y exceptuando los dos eléctricos puros, con una utilidad muy reducida de momento, (los Renault Twizy), son vehículos que no son del todo económicos. Este factor provoca una reducción en el dinamismo del cambio de vehículo, ya que impide a familias o personas de capacidad económica más reducida sumarse al cambio. El precio es otro factor muy importante en este cambio, y claro está que la tecnología no es barata, dado el esfuerzo que supone y los materiales que utiliza, pero en muchos casos no compensa el cambio dada la poca eficiencia en cuanto a autonomía se refiere, para familias cuyas rentas no son holgadas.

4 Conclusiones

Después de la realización de todo el estudio sobre el avance de los motores, de los que había en el pasado, los que hay en el presente, y las proyecciones a corto, medio y largo plazo, se puede afirmar varias cosas.

En primer lugar, la evolución del motor ha sido espectacular, suponiendo uno de los pilares del avance de la tecnología, y siendo en la actualidad la base del desarrollo. Concretamente el motor de combustión interna es el núcleo del sector de transporte, al igual que de otros muchos sectores como es el de la industria, dada la potencia del mismo. La evolución de este no ha hecho más que empezar a pesar de haber sufrido innumerables evoluciones y mejoras, al no ser todavía un sistema de transportes sostenible a largo plazo.

Las conclusiones obtenidas sobre la bibliografía utilizada para analizar la actualidad del asunto, son que la mayoría de los documentos ya dejan claro que el motor a combustión interna no es una opción sostenible a largo plazo y que hay que cambiar. Por otro lado, que la sociedad no es del todo consciente del coste real de producción de los coches eléctricos, dado que la mayoría de personas consultadas y artículos de opinión revisados en búsqueda de cotejar la opinión social, no son conocedores de las emisiones producidas en su producción, la composición de las baterías, etc., y las condiciones que los rodean.

Esto es debido a que la promoción realizada sobre estos se lleva a cabo casi exclusivamente por parte de las empresas automovilísticas, que ofrecen una visión sesgada del mismo, sin dar a entender que la inversión inicial es enorme, y que tienen cierto coste medioambiental a pesar de no producir emisiones en su utilización como tal.

Por otra parte, los gobiernos intentan promover el cambio ya que tienen que cumplir los objetivos de contaminación impuestos por las leyes europeas, además de recibir ayudas con la reducción de las emisiones. Esta promoción se lleva a cabo por medio de ayudas a aquellos que opten por el cambio a un motor híbrido o eléctrico, no solo fomentando esa reducción de emisiones, sino también reactivando la economía en un momento clave, y para un sector (automovilismo) que es de los que más dinero mueve en nuestro país.

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Estas ayudas existen dado que el motor de combustión interna no solo supone una serie de ventajas para la sociedad en lo que a desarrollo se refiere. Este motor también supone un peligro para el futuro del planeta, dado que plantea problemas tales como el agotamiento de recursos o la contaminación y la emisión de sustancias tóxicas al medio en cantidades ingentes.

Existe una dependencia hacia el petróleo para la utilización de estos motores que no es nada positiva para la sociedad y las distintas economías, y debe cambiarse. En efecto se están investigando nuevas tecnologías para reducir esa dependencia existente y para equilibrar el uso de las distintas fuentes de energía. Bien es cierto, que a pesar del esfuerzo por reducir el uso del petróleo, sabiendo las consecuencias que tiene, aún no se ha conseguido disgregar la actividad económica e industrial del mismo, ya que las tecnologías de momento propuestas no son capaces en muchos casos de equipararse con la potencia que los motores de combustión que utilizan el petróleo como combustible.

Por otro lado, es resaltable el trabajo no solo con el cambio de motores, sino con el de combustibles, como es el caso del diésel, con el que se consigue una reducción en la emisión de sustancias degradantes al medio. No supone una solución final, ya que también es contaminante, pero al menos reduce y diversifica los gases emitidos, para no producir un efecto tan profundo con las emisiones que el consumo de gasolina pura produce.

Avanzando en el proyecto, se llega al diseño de vehículos eléctricos como solución propuesta a los motores de combustión y sus combustibles, ambos contaminantes. Esta solución presenta considerables ventajas en lo que a contaminación se refiere, pero en ningún caso está exenta de emisiones. Estas emisiones se producen en otras fases del ciclo de vida del motor, como la creación de baterías, o el reciclaje de las mismas, ya que están compuestas de materiales tóxicos.

Por ello, el modelo de vehículo eléctrico es una alternativa eficaz, pero aún no está al nivel de prestaciones de un motor de combustión interna. Estas prestaciones reducidas pueden verse en la inferior autonomía, la dificultad de recarga de baterías por la falta de puntos de recarga debido a su difícil implantación, precio y no compensación al haber aun un parque de vehículos eléctricos muy reducido.

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

En lo que al futuro respecta, se sabe que es obligatorio seguir investigando, que los motores de combustión tienen que tender a desaparecer, que los eléctricos son la base para la producción de modelos de transporte más limpios, a pesar de que estos aun no estén plenamente desarrollados, y que como tal no suponen una solución al problema. Es necesario hacerlo rápido por la velocidad con la que se consumen los recursos.

Es también de resaltar el cuestionable compromiso que las empresas tienen con el medio ambiente, dado que tienen capacidades para aumentar el parque de vehículos eléctricos en la sociedad, pero no les sale rentable, o al menos no tanto como otros modelos menos limpios. De hecho, los modelos de investigación actuales no giran en torno a los eléctricos, sino otros campos muy distintos. Esto hace pensar que las empresas se preocupan más por los beneficios que por el planeta, y es un factor muy importante a modificar si queremos solucionar el problema de raíz.

En definitiva, los vehículos eléctricos suponen una mejora en el sistema de transportes, pero no son la solución definitiva al problema del mismo, es necesaria una investigación exhaustiva y desarrollo de modelos más potentes, menos contaminantes y con mayor accesibilidad al mercado, y es necesario que sea rápido, por el agotamiento de recursos inminente.

5 Bibliografía

Celia Infante “*El motor de combustión*”, a 2009.

Ing. Raúl Gutiérrez Torres, Ing. Juan Carlos Cruz Rodríguez, Ing. José Carlos Gálvez Pardo, Dr.C. Elme Carballo Ramos “*El motor de combustión interna y su impacto ambiental*”, Universidad Ciego de Ávila, Cuba. 2008.

García, Roberto y Espinosa, Helio. “*El impacto del transporte automotor en el medio ambiente*”. Revista Ingeniería del Transporte. Volumen X, Número 1, 1989. ISPJAE. Ciudad Habana.

John R. Agudelo, “*Breve historia de los motores de combustión*”, 2009, Antioquía.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. Ministerio de Industria, Energía y Turismo “*Beneficiarios y vehículos con ayudas*” y “*Transporte*”. España, 2013-2014.

Pablo Jorge Gualtieri “*Motores diésel: Nuevas Tecnologías*”, 2006, Hispano América.

La Enciclopedia Virtual Libre Universal en Español “*Motor de Combustión Interna Alternativo*”.

David G. Artés, “*Vehículo eléctrico: ventajas, inconvenientes y perspectivas de futuro*”, 2011.

Artículo del sector Ecomotor, perteneciente a El Economista “*Los grandes del automóvil se unen para impulsar el coche de hidrógeno en Europa*”, 2014.

Biblioteca Virtual Luis Ángel Arango “*FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA*” fecha de publicación desconocida.

Javier Flores “*¿Por qué son buenos los coches eléctricos?*”, 5 de Febrero de 2010.

José Garrido “*IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES Y SOCIALES DEL TRANSPORTE*”, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio Universidad de Zaragoza, sin fecha.

Santiago Arenaza “*August Otto. Creador del motor de combustión interna.*”, previo a 2011. Publicado en Taringa.

Luis Urrutia “*Los primeros coches eléctricos*”, 2010, España.

Marcos Baeza “*Ayudas a la compra de coches eléctricos para 2013*”, para el periódico *El País*, 2013, España.

Antonio Mozas Martínez, “*La electromovilidad en el transporte urbano colectivo*”, 4^a Monografía de ASEPA, España.

EL PRINCIPIO DEL FIN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Jesús Casanova Kindelán, *“Los motores de combustión interna en la movilidad sostenible del futuro”*, 3ª Monografía de ASEPA, España.

Carlos Martínez, *“El coche eléctrico en el mito del crecimiento sostenible”*, 2014, España

NGK Spark Plug Europe, *“Funcionamiento del motor diésel”*, 2014.

Autor desconocido, *“Principios del Funcionamiento del Motor Eléctrico”*, basada en la Gran Enciclopedia Universal de Espasa Calpe Tomo 27 y la Revista Tecnirama N°52.

Revista MotorPasión *“Mitos y realidades en el reciclado de baterías eléctricas para coches”*, 2012.

Publicación del periódico Cinco Días, Entrevista con Rupert Stadler, 2014.

Documento *“El petróleo”*, publicado por la página web www.muchapasta.com, por medio de la recopilación de diversas páginas web.

Página web del Plan Movele, *“Proyecto de movilidad eléctrica”* Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Gobierno de España.

Sara Soria *“Nuevas ayudas para la compra de vehículos eléctricos”*, 2013 para Coches.net.

Castrosua *“Hybrid Technologies”*, para ASEPA.

Asociación Nacional de Vendedores de Vehículos de Motor. (www.ganvam.es).

Varias definiciones explicativas de la mano de Wikipedia.com

6 Anexos

Entrevista a Rupert Stadler, presidente del Consejo de Dirección de Audi

Algunas de las preguntas, de las más relacionadas con el tema tratado en el estudio.

P. Hablando de regulación, ¿qué opina de los nuevos límites de CO2 que ha impuesto la Unión Europea?

R. Es fácil pedir siempre más y más. Soy amigo de debatir, y primero tendríamos que debatir todos: políticos, industria y clientes. La edad de la electrificación aún tiene que llegar. Ahora es un absoluto nicho. Y todos sabemos que cumplir los requisitos de 2020 va a ser una tarea muy dura. Tendremos que arriesgarnos a invertir en nuevas tecnologías, y no sabremos cuál será el impacto real. Yo diría: “es muy difícil, revisemos en dos o tres o cuatro años lo que pasa, si el consumidor acepta las tecnologías, y hablemos entonces del futuro”. Pero no hoy.

P. ¿Qué peso tienen los vehículos eléctricos en su estrategia?

R. Esto lo decidirá el cliente, nosotros solo podemos poner la oferta. En estos 100 años, nuestra industria solo ha sabido construir coches con motores de combustión. Del eléctrico se llevaba hablando años, pero no salía nada al mercado. Ahora es cuando empieza un periodo de electrificación. Veremos como acaba. Si ves cuántos coches eléctricos se venden en Europa... estamos hablando de entre 12.000 y 15.000 al año. No es nada. E intente buscar en Fráncfort un punto de recarga. No le será fácil. Tenemos que aceptar que el motor de combustión nos acompañará, como mínimo, en los próximos 10 o 15 años.

P. ¿Teme la aparición de nuevos rivales, como Tesla, que dicen querer revolucionar la industria?

R. Todo el mundo dice: tenemos la revolución. La industria del motor lleva 100 años innovando, y no va a parar de buscar el próximo paso. Nuestra compañía tiene 100 años de historia. Esta es una pequeña empresa que solo tiene un coche, que creo que se conduce realmente bien. Pero si el cliente acepta la electrificación, la industria de la automoción tendrá que producir en masa. Y se tiene que demostrar que hay un modelo de negocio detrás, para invertir de verdad, para generar cash-flow...

P. ¿Qué retos afronta la compañía?

R. Siempre vivimos con grandes retos. Si uno se consigue, viene el siguiente. El principal viene de los mercados. Ahora son más débiles que antes. El otro es la innovación y la tecnología, claves: si no innovas, estás fuera de juego. No podemos parar. Hay que pisar el acelerador e intentar ser el mejor. Y estabilidad en las regulaciones. El proceso de regulación de las emisiones de CO2 en Europa ha sido muy duro, y como dije antes, primero tenemos que cumplir lo que acordamos, y no especular con el futuro. Eso no da estabilidad.

Publicado por el periódico Cinco Días, 2014, España.

Name: Jens Hirschmann **Interview by:** Jorge Alonso Fuentes, 2014, Spain

Company: AVL Software and Functions GmbH

Charge: Senior Function Developer / Project Leader

Q: Would you purchase a purely electric vehicle for your own use over the rest of models? Why?

A: No, because I don't have the possibility to charge the BEV¹⁸.

Q: Do you think electric cars are the final solution to pollution problem looking at the complete cycle life of the product in the transporting sector? Why?

A: No, because the production and disposal costs also a lot of energy. It is just sense full if green energy is used.

Q: Do you think it is viable to implant the infrastructures needed for the electric cars to work all over the world? Why?

A: Yes, but at the moment there is too less standardization and to implant the infrastructure costs a lot of time and money.

Q: What inconvenient may you remark about the electric vehicles?

A: Expense, too less range, not enough possibilities to charge

Q: Do you think batteries used for these kinds of motors are detrimental for the environment? Why?

A: Yes, because they contain dangerous materials for the environment

Q: Do you think that population knows the reality about electric cars and its cycle life or is this information skewed?

A: No, most of the population doesn't know the reality.

Q: What would you propose to improve the transporting system relating to environmental sustainability caring?

A: A lot of research in new and clean energy.

¹⁸ Battery Electric Vehicle