

T 09

La Tribuna<sup>EGABren</sup>  
del CES

SECTOR DEL AUTOMÓVIL. RETOS FUTUROS  
Y RESPUESTAS AL PROBLEMA ENERGÉTICO

Transcripción de la Ponencia  
de José M<sup>a</sup> López  
18/5/2009

02/09

TRIBUNA



CES

Euskadiko Ekonomia eta Gizarte  
Arazoetarako Batzardea  
Consejo Económico  
y Social Vasco

T09

*Tribuna*  
del CES

02/09

TRIBUNA



SECTOR DEL AUTOMÓVIL  
RETOS FUTUROS Y RESPUESTAS AL PROBLEMA ENERGÉTICO

TRANSCRIPCIÓN DE LA PONENCIA  
DE JOSÉ M<sup>a</sup> LÓPEZ  
18/5/2009



CES

Euskadiko Ekonomia eta Gizarte  
Araozetarako Batzordea  
Consejo Económico  
y Social Vasco

## PRESENTACIÓN

El 18 de mayo de 2009 tuvo lugar la segunda Tribuna del CES Vasco: un ciclo de conferencias en el que distintas personas expertas abordan temas socio-económicos de actualidad. El invitado de esta segunda entrega fue José María López, Subdirector del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil de la Universidad Politécnica de Madrid (INSIA) y Doctor Ingeniero Industrial y Profesor Titular de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Técnicos de Madrid.

El INSIA es el organismo responsable de la unidad de impacto medio ambiental del vehículo automóvil, en la que se realizan proyectos de I+D vinculados tanto al desarrollo de metodologías encaminadas a la renovación del consumo y del impacto medioambiental del transporte por carretera como al desarrollo de tecnologías centradas en la hibridación de vehículos y la pila de combustible.

Bajo el título, Sector del Automóvil: Retos futuros y respuestas al problema energético, López aborda los problemas energéticos y medioambientales a los que se enfrenta el sector del automóvil y pasa revista a los principales soluciones tecnológicas que la industria está desarrollando.

En su ponencia, el Subdirector de INSIA planteó que la reducción prevista de los niveles de CO2 y, por lo tanto, del consumo, en un escenario de previsible aumento del parque mundial de automóviles implicará la integración de distintas tecnologías que ya están probadas, como los motores eléctricos, los vehículos híbridos, los combustibles alternativos y, en un futuro, la pila de combustible. La industria deberá asumir el cambio tecnológico para poder ser competitiva.

Un análisis que en estas páginas reproducimos íntegramente, para acercar las reflexiones de un experto a todas aquellas personas interesadas por la futura evolución del sector del automóvil. A nadie se le escapa que el problema de la escasez de combustibles fósiles es un problema que la actual crisis económica ha atenuado pero que se presenta como un elemento clave en el inmediato futuro por lo que buscar sistemas de propulsión a partir de energías alternativas es una necesidad imperiosa de la sociedad actual.

## SECTOR DEL AUTOMÓVIL

Retos futuros y respuestas al problema energético.

PRESIDENTE JOSÉ LUIS RUIZ 18/5/2009

En la segunda Tribuna del CES Vasco contamos con la presencia de José M<sup>a</sup> López, Doctor Ingeniero Industrial y Profesor Titular de Máquinas y Motores Térmicos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid. En breves momentos nos ofrecerá la Ponencia del Sector del Automóvil: Retos futuros y respuestas al problema energético.

Su presencia entre nosotros se produce pocos días después de que el Gobierno Central haya anunciado que se subvencionará con 1.500€ a todos aquellos que compren un coche. El propio Gobierno Vasco está estudiando la posibilidad de sumarse a esa invitación con un de 500€ más. La medida pretende dar respuesta a la grave crisis que vive el sector.

Las empresas vascas vinculadas al sector del automóvil y sus componentes tienen en torno a 60.000 trabajadores, 40.000 de ellos en la propia comunidad, y en 2008 facturaron 11.500 millones de euros lo que supone un incremento del 4% respecto del año anterior. A pesar de ello, los últimos datos del EUSTAT relativos al índice de producción industrial muestran unas tasas de crecimiento interanuales negativas desde diciembre del 2008, con descensos superiores al 20% ese año y cercanos al 25% entre enero y febrero de este ejercicio.

En cuanto al empleo, los datos del sector en el conjunto de Estado son preocupantes. El número de trabajadores y trabajadoras afectados por EREs, autorizados por el Ministerio de Trabajo e Inmigración, se ha multiplicado desde octubre de 2008. Así, el número de personas afectadas fue más de 39.000, frente a las 10.000 en ese mismo periodo del año anterior. En los tres primeros meses de este 2009 ya eran más de 65.000 las personas afectadas en el conjunto del Estado. Aunque no tenemos datos desagregados de los Expedientes de Regulación de Empleo del sector en el País Vasco la situación es similar al conjunto del sector industrial y al resto del Estado, por lo que las estimaciones apuntan a que 7.000 personas están en EREs.

El sector tiene un peso importante en la economía vasca, y por tanto, hacia dónde evolucione tiene un especial interés, sobre todo en un momento de crisis económica e incertidumbre sobre el cuál va a ser la salida a esta crisis. De todas formas, esta recesión ha atenuado la preocupación sobre otra de las crisis que está ahí, y que no ha desaparecido, que es la crisis energética. La caída de los precios del petróleo en los últimos

*“Los últimos datos del EUSTAT relativos al índice de producción industrial muestran unas tasas de crecimiento interanuales negativas desde diciembre del 2008, con descensos superiores al 20% ese año y cercanos al 25% entre enero y febrero de este ejercicio”*



*“Euskadi ocupa el décimo lugar de entre todas las comunidades autónomas en protección medio ambiental. Por delante de nosotros están los navarros, los castellano-leoneses, los catalanes, valencianos, murcianos, andaluces, asturianos...”*



tiempos ha dejado en segundo plano esta preocupación, pero el problema del techo de producción del petróleo está ahí. Éste es un tema que además está vinculado al problema del cambio climático, y lógicamente está unido a él ya que el efecto invernadero está directamente relacionado con las emisiones del sector del transporte.

Por todo esto abordamos en esta Tribuna el tema de la automoción vinculado al de la sostenibilidad. Este ámbito no estamos muy finos en la industria vasca de automoción, ya que Euskadi ocupa el décimo lugar de entre todas las comunidades autónomas en protección medio ambiental. Por delante de nosotros están los navarros, los castellanoleoneses, los catalanes, valencianos, murcianos, andaluces, asturianos... Y también en cuanto a inversiones en el sector dirigidas a la protección medio ambiental, estamos en una posición no especialmente de primera fila, en el puesto número 12.

Con este panorama no nos podemos olvidar de que el futuro deberá pasar por la reactivación del sector tocado por la crisis, pero también por evolucionar hacia vehículos, productos y componentes con mayor sostenibilidad que pudieran ir dando respuesta al agotamiento de los combustibles fósiles. En relación con estas cuestiones nos hablará José M<sup>a</sup> López Martínez, Doctor Ingeniero Industrial, profesor titular de máquinas y motores térmicos en la Escuela Superior de Ingenieros Técnicos de Madrid y Subdirector del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil de la Universidad Politécnica de Madrid (INSIA). En este organismo además, es el responsable de la unidad de impacto medio ambiental del vehículo automóvil, en la que se realizan proyectos de I+D vinculados por un lado al desarrollo de Metodologías encaminadas a la renovación del consumo y del impacto medio ambiental del transporte por carretera; y por otro al desarrollo de tecnologías centradas en la hibridación de vehículos y la pila del combustible.

## SECTOR DEL AUTOMÓVIL

Retos futuros y respuestas al problema energético.

JOSÉ M<sup>a</sup> LÓPEZ. Subdirector del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil de la Universidad Politécnica de Madrid.

El INSIA, Instituto Universitario de Investigación del Automóvil es dependiente de la Universidad Politécnica de Madrid, y tiene dos líneas claras de investigación. Una muy centrada en la accidentología y con el tema relacionado con la vía mecánica; y otro también relacionado con el impacto medio ambiental. Dentro de este, estamos haciendo un modelo de emisiones contaminantes de la flota de autobuses de Madrid, la MT, con un equipo enmarcado abordo que mide las emisiones que se emiten en tiempo real. Por otro lado, ya hemos desarrollado un vehículo con configuración híbrida, fruto también de nuestras investigaciones en este campo.

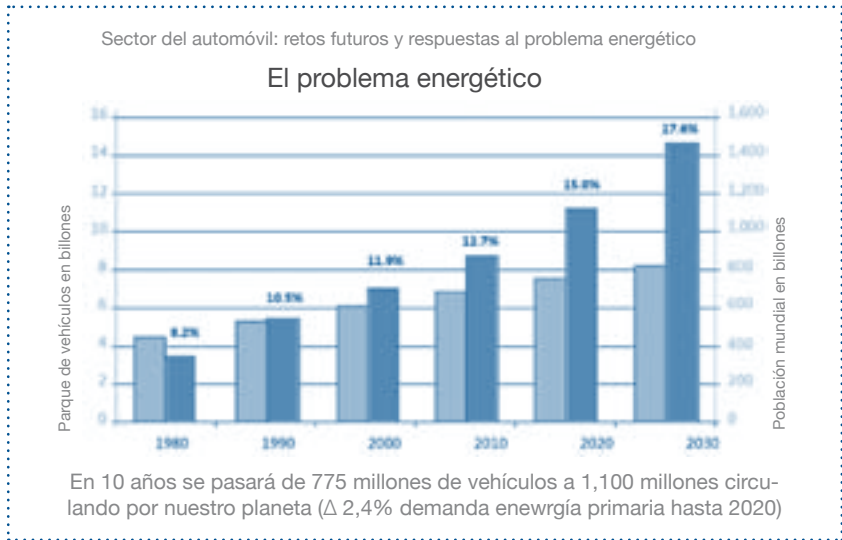
Obviamente, el sector del automóvil es un sector castigado fuertemente por la crisis económica. No obstante, creo que estamos en un momento que podríamos llamar favorable para tratar de abordar las posibles tecnologías futuras en cuanto a la electrificación del vehículo. En el ámbito urbano es casi seguro que este proceso lo vayamos a ver en un periodo de tiempo medio, posiblemente en torno al 2015 al 2020. Dependerá también de los esfuerzos que en ello se pongan en lograr vehículos que sean amigables con el medio ambiente y que favorezcan eso que todos llamamos movilidad sostenible. El cambio climático y las emisiones de CO<sub>2</sub> son en estos momentos, el caballo de batalla del sector del transporte, en el cual se están invirtiendo muchos recursos tanto materiales como humanos.

En el año 1900 había 4.000 vehículos en todo el mundo, y el 40% de ellos eran vehículos eléctricos. Es decir, no es una tecnología de ahora, sino que ya lleva mucho tiempo trabajándose sobre ella. Sí que es cierto que el vehículo eléctrico tenía problemas de carga y descarga de las baterías, que entonces ya eran de plomo ácido. Pero poco a poco el vehículo eléctrico fue desbancado por el motor de gasolina, que enseguida comenzó a tener una gran implantación. Es la época en la que se producen hitos como la aparición del carburador, el termostato, el encendido transistorizado, la inyección electrónica...

La innovación en la industria del automóvil se vio afectada por una serie de reglamentos de seguridad y de emisiones en Estados Unidos, que siempre han sido pioneros en este campo. Esto ha hecho que la tecnología y la



*“En los próximos diez años pasaremos de los 775 millones de vehículos que circulan en estos momentos por el mundo a 1.100 millones de vehículos.”*



innovación dentro del automóvil se hayan visto mejoradas y aumentadas en sistemas de confort, de seguridad, de catalizadores, nuevas tecnologías para reducir el consumo, ABS, el airbag, las tecnologías de microsistemas que nos permiten incorporar al vehículo una serie de información que hasta el momento no podía desarrollar y un largo etcétera.

En estos momentos, existen casi 6.200 millones de habitantes en el mundo y se prevé que en 2020 podamos alcanzar los 7.500 millones de personas. En los próximos diez años pasaremos de los 775 millones de vehículos que circulan en estos momentos por el mundo a 1.100 millones de vehículos. Esto va a suponer un incremento de la energía primaria muy importante que vendrá acompañado de un incremento a las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por otro lado, a partir de 1988 el sector del transporte se transforma en el primer consumidor de energía de todo el conjunto de la industria. En 2006, sin ir más lejos, el transporte consumió el 38,2% frente a la industria, que absorbió un 34% y la tendencia es que vaya en aumento. Obviamente la movilidad es algo que para el ser humano es necesaria, y por lo tanto, todos los índices y todas las series que se han estudiado van a ir aumentando, y las emisiones de CO<sub>2</sub>, también. Hay que tratar de que esa evolución sea lo más sostenible posible.

En cuanto al transporte por carretera, la evolución del consumo de ener-



gía desde el 1980 hasta el 2004, incrementada seguramente en la actualidad, está muy centrado en la carretera y ahora mismo estamos en el 80,6%. Si analizamos el consumo por tipología de vehículos vemos que el turismo es el que más porcentaje tiene, seguido de las furgonetas y de los vehículos pesados.

Tengo que indicar que las emisiones de CO2 están directamente ligadas con el consumo. La reacción química del hidrocarburo que metemos en el vehículo que va a reaccionar con el oxígeno y con el nitrógeno, produciendo CO2. Por tanto todo lo que hagamos de reducción en el consumo, lo vamos a reducir en el CO2. Paradójicamente las emisiones de CO2 debido al tráfico por carretera en el ámbito nacional, llevan una evolución ascendente. Bien es cierto que el resto de emisiones contaminantes (óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono...), que sí están reglamentadas por las distintas normativas Euro, han tenido una tendencia descendente, fundamentalmente debido a las tecnologías de post-tratamiento de los gases de escape. Bien es cierto que en las mecánicas no ha habido una sensibilidad para tratar de hacer mecánicas con menor consumo, aunque en la actualidad ya hay una sensibilidad en ese sentido, y se ve un incremento menos.

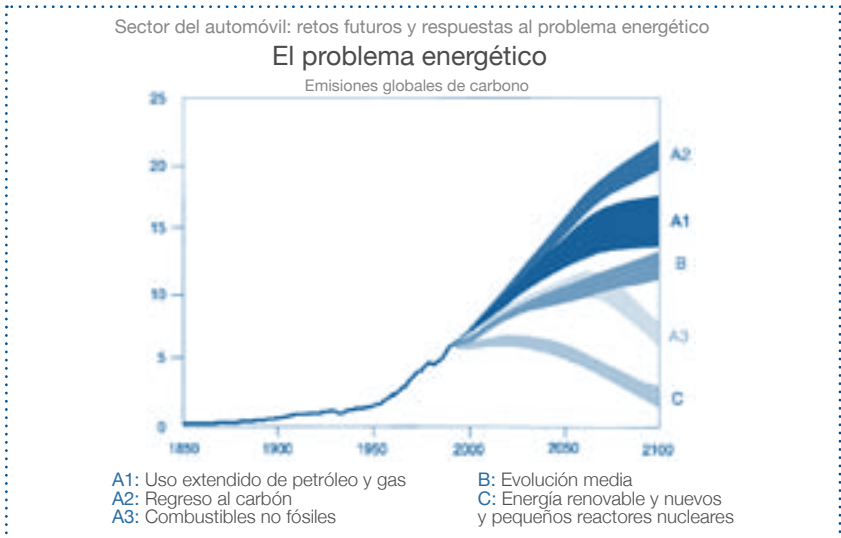
Si nosotros analizamos un poco en que contribuye cada tipo de vehículo en cada contaminante, si nos centramos en el dióxido de carbono y CO2, el turismo es el que mayor impacto tiene con un 49,3%, seguido de las furgonetas y de los camiones. En el resto de componentes, el monóxido de carbono del turismo es el que más se lleva en emisiones contaminantes, porque básicamente es un parque mayoritariamente de gasolina y por tanto las emisiones de CO2 son mayores.

En el año 95 estábamos emitiendo una media en torno a 190gr. por km. El compromiso de la asociación de fabricantes europeos era rebajarlo al 140gr de CO2 por km. en el 2008, y llegaron a un acuerdo para tratar de que en el 2012 esa emisión estuviera en 130gr. por km. El acuerdo prevé un estancamiento entre el 2012 y 2015 y esta reducción que deben realizar los constructores en sus nuevos vehículos hasta alcanzar los 130gr. de CO2 por km.

En cuanto a la evolución a nivel nacional de las emisiones de CO2, en gramos km, tanto en las mecánicas de gasolina con en las de gasóleo, no pasa de 185 a 160gr. de CO2 por Km. Actualmente un tercio de los motores tienen menos de 140gr. de CO2 por Km. y más de un millón de vehículos vendidos en Europa emiten menos de 120gr. de CO2. por Km.



*“Veremos próximamente sistemas de inyección directa en gasolina, que ya era un sistema con el que experimentaba pero en el que el porcentaje de azufre en las gasolinas perjudicaba a los catalizadores que incorporaba a este vehículo.”*



Los nuevos límites de emisiones que se barajan son de 130 en el 2014, que es cuando los fabricantes serán capaces de sacar mecánicas al mercado con emisiones en torno a los 120gr. de CO<sub>2</sub> por Km. Los otros 10gr. se pretenden tratar de reducir en el campo de los consumos de auxiliares: el aire acondicionado, que disminuye el rendimiento del motor y por tanto aumenta su consumo; los bio-combustibles y también los neumáticos que se están viendo sometidos a nuevos reglamentos en los cuales se les va a hacer un etiquetado energético en función de su coeficiente de resistencia a la rodadura.

¿Cómo conseguir esa reducción del CO<sub>2</sub> y por tanto, cómo conseguir una reducción en el consumo? Primero se va a mejorar el rendimiento de los motores. Segundo, se van a integrar tecnologías que ya están probadas, para que la eficiencia del vehículo sea mayor. Otro punto al que estamos también asistiendo será la utilización de los bio-combustibles, el uso de los combustibles alternativos, electrificar el sistema propulsor, es algo que hoy ya vemos en noticias prácticamente todos los días, vehículos híbridos y los vehículos eléctricos y en un futuro el de pila de combustible y utilizar neumáticos de baja resistencia a la rodadura.

La mayoría de los fabricantes de vehículos están trabajando e investigando actualmente en procesos de combustión. Veremos próximamente sistemas de inyección directa en gasolina, que ya era un sistema con el que experimentaba pero en el que el porcentaje de azufre en las gasoli-

nas perjudicaba a los catalizadores que incorporaba a este vehículo. Por ello se han visto un poco relegados hasta que la nueva normativa ya entra en vigor de los diez ppn. de azufre en las gasolinas.

Otros sistemas de combustión como son el HCCI -Homogenous Charge Compression Injection-, que es un sistema de compresión homogénea en diesel, o el sistema de control Up-Injection, que es un sistema de auto-encendido en gasolina. Básicamente en ambos sistemas, en los que posiblemente hacia el 2020 podamos ver tecnologías mecánicas que incorporen este tipo de combustiones avanzadas, lo que se trata es de reducir el consumo y reducir también las emisiones de 'cnx' de partículas.

También asistimos a mecánicas en las cuales la distribución variable mejora el rendimiento volumétrico o mejora la respiración del motor y por tanto se convierte en un motor más eficiente con los sistemas más avanzados de inyección múltiple y motores diesel. Esto permite hacer micro-inyecciones para que la combustión en el diesel sea más eficaz, menos ruidosa y con menos emisiones de partículas. Otro de los puntos de trabajo es el Down Esencial que busca reducir el tamaño del motor e incorporar una relativa sobre alimentación para mejorar las prestaciones del mismo, y por tanto reducir los consumos, así como las futuras transmisiones. En las transmisiones también se está invirtiendo mucha investigación, como la fabricación de cajas automáticas de segunda generación con gran electrónica embarcada, que cambian en el momento preciso para que nuestro consumo sea el mínimo.

Integrar todos estos sistemas unos más conocidos y otros menos posiblemente sea la clave del éxito, para cada mecánica, para cada vehículo, para cada aplicación. Vamos a intentar integrar todos aquellos sistemas tanto en lo que refiere a la combustión, -todo lo que se quema en el vehículo si se hace de forma eficiente vamos a emitir menos CO<sub>2</sub>-, como la parte de transmisión, los sistemas de post tratamiento de gases de escape y, una parte muy fundamental, la electrónica embarcada. En los años 60-70 ya asistimos a la inclusión de mecánicas con ordenadores a bordo que nos dan una información cada vez más en tiempo real de lo que está ocurriendo en el motor y capaces de responder para que el motor sea más eficiente.

Si analizamos qué otras alternativas se pueden plantear en cuanto a los combustibles que se van a quemar dentro de esos motores, vemos que nuestra comisión plantea un panorama 2010 que prácticamente es en el que estamos ya. Hacia el 2020 el objetivo es que aumente el uso de combustibles que se denominan alternativos, y dentro de estos mismos

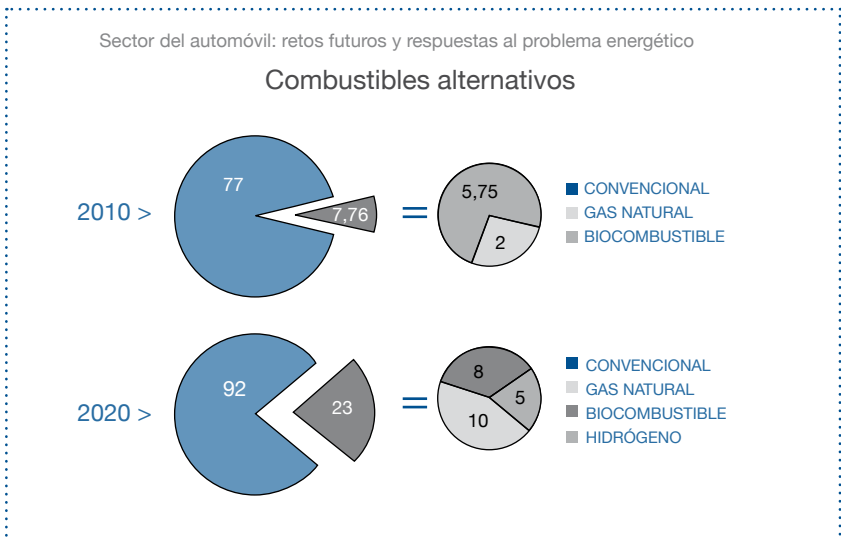
están los bio-combustibles. En 2020 el objetivo es que el consumo del bio-combustible esté en el 5,75, y que la proporción en el uso de combustibles alternativos aumenta a un 23%, entre ellos el hidrógeno, que será consumido en vehículos con pila de combustible.

### LOS BIOCARBURANTES

En el sector ya se han decantado por dos tipos de bio-carburantes, que son combustibles líquidos que funcionan dentro del motor de combustión interna sin excesivas modificaciones y que mantienen los límites de características o de prestaciones tanto de gasolinas como de gasóleos. El etanol básicamente siempre ha sido 'bio', lo que pasa es que ahora tiene esa connotación más ecológica, y el bio-etanol lo vamos a obtener siempre o básicamente de la fermentación de cereales o de caña de azúcar. Lo podríamos hacer reaccionar con isobuteno y obtendríamos el ETBE.

El ETBE es el antidetonante que se utiliza en las gasolinas que anteriormente, como todos sabemos, tenían una la base del plomo tetraetil, sustituido por este tipo de combustible. Ambos pueden funcionar perfectamente en un motor de encendido provocado, en un motor de gasolina, pero si el porcentaje supera el 20% necesitaría unas modificaciones.

Por su parte, el bio-diesel se obtiene por la transesterificación de aceites vegetales. De este proceso obtendremos los ésteres metílicos o étilicos



que es lo que conocemos como el bio-diesel. Éste puede ser utilizado en un motor diesel sin ningún problema, ya que este tipo de motores queman prácticamente lo que se le eche. De hecho, cuando bio-diesel presentó su primer prototipo en la feria de París hacia el 1900, ya quemaba aceite vegetal. Esto demuestra que los bio-combustibles nos son novedosos. El bio-diesel se está utilizando en vehículos en distintos porcentajes de mezcla, y tiene sus ventajas y sus inconvenientes.

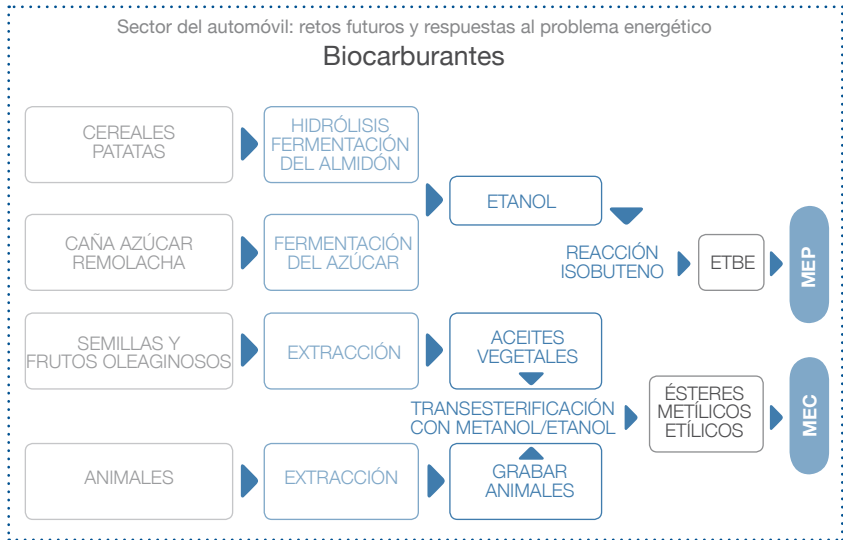
El panorama en cuanto a las instalaciones de empresas con bio-diesel y etanol en el ámbito nacional permite cubrir el 5,75%, impuesto por las normativas. De momento, el gasóleo es mayoritario a nivel nacional, mientras que la gasolina en este caso es deficitaria. Sí que es cierto que las refinerías como Repsol tienen un excedente en gasolinas que tienen que sacarlas fuera y por tanto de algún modo el hablar de bio-etanol no les viene bien, pero en cambio el bio-diesel para sus gasóleos si les viene bien. En cualquier caso el suministro en estos bio-combustibles quedaría garantizado por esta industria nacional.

En cuanto al bio-etanol, dentro del contexto europeo, España es líder en la producción del bio-etanol, de ahí tenemos la empresa Bengoa como líder en producción de bio-etanol. La mayoría del bio-etanol producido se destina a la producción del ETBE y las ventas nacionales del bio-etanol procedentes de las plantas nacionales alcanzaron en el 2006 una cuota del 1,57%. Suponemos que es una cuota relativamente baja y es menor incluso en la de bio-diesel en la cual España es el 8º productor.

¿Pero a qué retos nos enfrentamos con aquellas empresas que se dediquen a los bio-combustibles? Básicamente, el reto es que para una sustitución del 10%, no solamente a nivel de Europa, sino a nivel también de EE.UU., el bajo rendimiento de la plantación obliga a tener un 40% de superficie cultivada. Es necesario adaptar estándares para la calidad de distintos bio-combustibles, en este caso el bio-diesel que se obtiene de la soja, que no es el mismo bio-diesel que el que se obtiene de la palma, o del girasol..., tienen índices de yodo distintos y por tanto comportamientos con los motores también diferentes. Las medidas a desarrollar pasan por garantizar los incentivos de estos 'bios' durante 10 años, aumentar de un 5 a un 10% el porcentaje de bio-carburantes invertidos en gasolina y gasóleo. La norma, tanto de gasolina como de gasóleo, actualmente permite hasta el 5%. Bien es cierto, que estos motores cuando se homologan oficialmente por los laboratorios acreditados se homologan con gasóleo o con gasolina. No se homologan con bio-etanol o con bio-diesel. Por tanto, muchos de los fabricantes, y en concreto fabricantes centrados en el ámbito de los sistemas de inyección, no los garantizan



*“Las medidas a desarrollar pasan por garantizar los incentivos de estos ‘bios’ durante 10 años, aumentar de un 5 a un 10% el porcentaje de bio-carburantes invertidos en gasolina y gasóleo.”*



si la mezcla en estos ‘bios’ supera el 5%. Por lo tanto, si llegáramos al 10% sería bueno. Habría que adaptar la red logística para que suministren estos bio-carburantes, y estudiar la posibilidad del uso de los bio-carburantes.

Hay que precisar técnicamente que estos bio-combustibles cuando se introducen en un motor de combustión interna, obviamente generan emisiones de CO<sub>2</sub>, por el propio proceso de combustión, y también generan emisiones contaminantes. En unos casos, unos aumentan y otros disminuyen, pero hay que analizar todo en el contexto de lo que está ocurriendo dentro del motor.

El gas natural, por su parte, lleva básicamente en su composición, metano. Su problema es que es un combustible gaseoso y por tanto con una densidad de energía baja. Eso supone que para mantener una autonomía similar a las gasolinas y a los gasóleos hay que comprimirlo o licuarlo. Por ejemplo, los autobuses que utilizan este tipo de combustibles llevan gas natural comprimido a una presión de 250bar.

Otra de las opciones es el hidrógeno. No es un combustible que se encuentre de forma natural, y por tanto hay que obtenerlo por otros medios y de otros componentes. Se prevé sacarlo del agua o de los propios hidrocarburos, que en su formulación llevan cantidad de hidrógeno. El

problema que presenta, es que a pesar de ser el combustible con mayor poder calorífico, gravimétrico, por peso, es el de más bajo poder calorífico por volumen, y por tanto, al igual que el gas natural, si queremos mantener una determinada autonomía con nuestro vehículo hay que comprimirlo fuertemente, con presiones en torno a 350bar. Mercedes presentó hace dos años su vehículo con pila de combustible en la feria de Japón, y ya los comprimían a los 700bar. en las vainas que incorpora el vehículo. También existe la posibilidad de licuarlo a temperatura cercana al 0 absoluto. El hidrógeno se enfrenta a dos barreras importantes: por un el almacenamiento dentro del vehículo, y por otra es lograr que su producción se desarrolle de una forma sostenible.

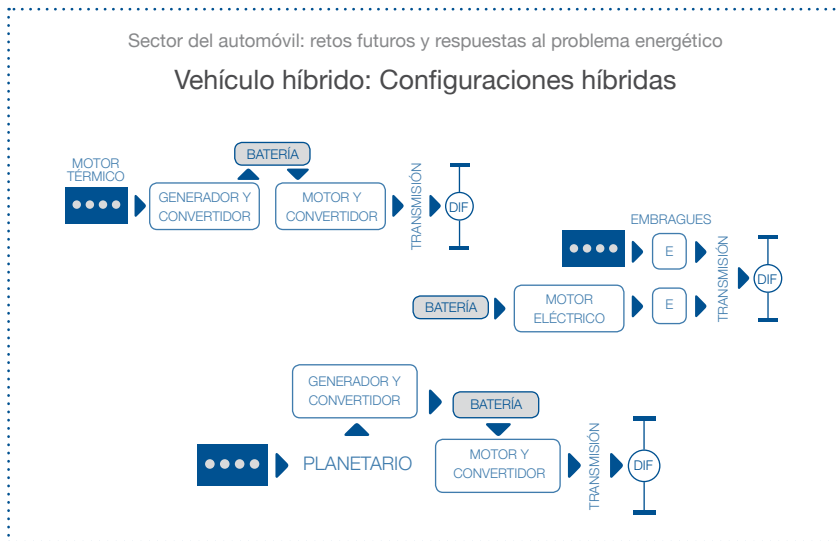


### Los caminos de innovación

Estamos asistiendo a una transformación importante que viene motivada fundamentalmente por lo que ahora se viene llamando movilidad urbana sostenible, marcada por la electrificación en el transporte urbano, que cada vez es más mayoritaria. Otra opción, es hacer vehículos puramente eléctricos. El vehículo híbrido supone la simbiosis entre vehículo eléctrico y el vehículo convencional. Incorpora baterías, motor eléctrico y un motor de combustión interna convencional.

Existen configuraciones híbridas de varios tipos. Una de ella se denomina en serie, en la cual el vehículo es puramente eléctrico o lleva un motor eléctrico para traccionar. Es la filosofía que nosotros hemos sacado des-

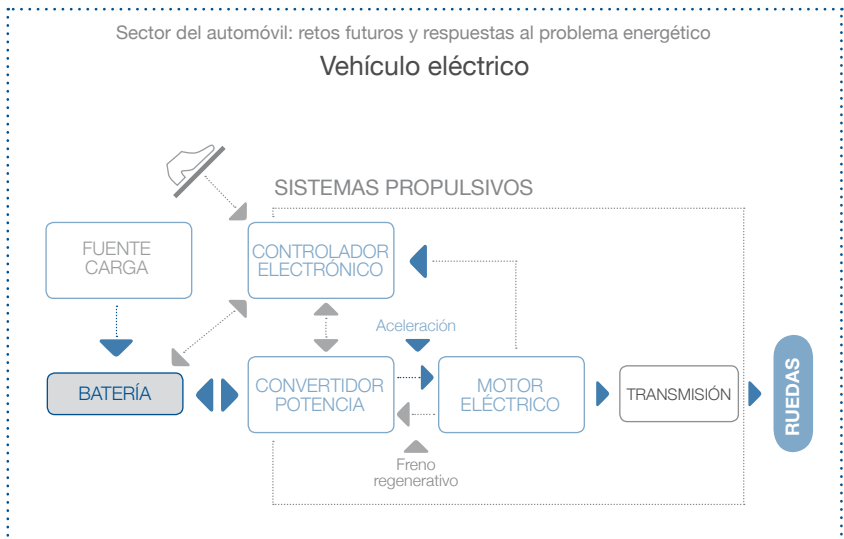
*“El vehículo híbrido supone la simbiosis entre vehículo eléctrico y el vehículo convencional. Incorpora baterías, motor eléctrico y un motor de combustión interna convencional.”*



de el INSIA. Lleva un motor técnico que simplemente lo que va haciendo es cargar la batería. También existe la posibilidad de una configuración en paralelo en la que tengamos ataque de potencia tanto por parte del motor técnico, como por parte del motor eléctrico. Por último también existen configuraciones más complejas.

En función del nivel de hibridación encontramos también otro tipo de clasificación. Los que llaman micro-híbridos, que son aquellos que ahora mismo estamos viendo en el mercado su implantación cada vez más mayoritarias, que son la función 'start-and-stop'. Es el vehículo que cuando para en el semáforo corta el motor técnico y arranca en modo eléctrico, así las pérdidas de rendimiento que provocan el tener el motor en ralentí se eliminan. Otra tipo es el 'new hibry', el vehículo medio híbrido. Es un vehículo como el que está sacando Honda al mercado que incorpora un motor eléctrico de apoyo. El modelo no tiene capacidad de funcionamiento en eléctrico puro, pero incorpora una opción que es el freno regenerativo para esa energía cinética en la deceleración aprovecharla para cargar la batería.

El modelo totalmente híbrido incorpora todas esas prestaciones y además tiene la opción de poder circular en condición puramente eléctrica. Ahí iríamos al híbrido Plug-in, que posee una mayor autonomía pudiéndome enganchar a la red. Actualmente tenemos motores eléctricos a los que hay que darles otra vuelta más para mejorar sus prestaciones en cuanto a consumo, a peso y volumen.





Las baterías han sufrido también un cambio radical. Existen varios tipos, las de plomo, las de plomo ácido, las de níquel-cadmio, las níquel-metal, y las de batería litio-ion, que son básicamente las que nos están ofreciendo ahora para una mayor autonomía y también buenas prestaciones en cuanto a la potencia transmitida. Bien es cierto que su coste también es elevado y eso hay que analizarlo. Además, ya se están mejorando las condiciones que el litio presentaba como componente con unas características de cierta tendencia a la explosión y se va controlando su temperatura de funcionamiento con una electrónica avanzada dentro de las propias celdas de las baterías.

Algunas empresa ya comercializan las baterías de plomo ácido, y ya han visto la luz las de plomo ácidas avanzadas de tipo helicoidal, en las que la densidad de energía es mayor que las baterías de plomo ácido que conocemos y que son las que incorpora el vehículo que hemos sacado al mercado o el que estamos a punto de sacar.

## La pila de combustible

Todos los fabricantes tienen vehículos con pila de combustible, ninguno, ha parado la investigación en este campo. Todos tienen sus prototipos, y están mejorando sus prestaciones en la pila de combustible. La semana pasara leí un libro sobre el tema en el que venía la siguiente frase: “imagínate que vas a tu casa con tu vehículo y que por el tubo de escape sólo emites vapor de agua”. Si alimentamos la pila de combustible con

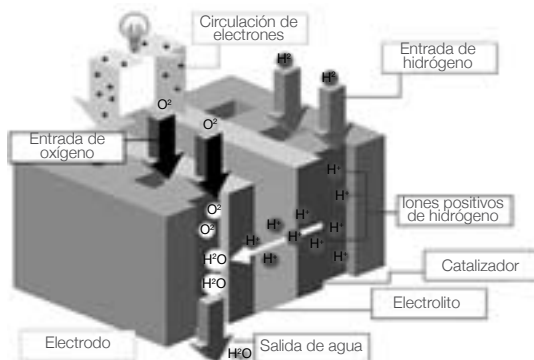


*“El problema que tiene actualmente la pila de combustible es el coste de la propia pila. El platino que lleva incorporado como catalizador para poder acelerar esta reacción electro-química, eleva mucho el precio final.”*



Sector del automóvil: retos futuros y respuestas al problema energético

### Vehículos con pila de combustible



*“En la actualidad no se puede plantear una masiva utilización de la pila porque económicamente no sería viable.”*

hidrógeno y por el cátodo metemos oxígeno, el hidrógeno romperá sus protones, viajará por el electrólito, se combinará con el oxígeno y como producto tendremos agua y energía eléctrica que alimentará al motor correspondiente.

El problema que tiene actualmente la pila de combustible es el coste de la propia pila. El platino que lleva incorporado como catalizador para poder acelerar esta reacción electro-química, eleva mucho el precio final. De hecho estamos ahora en unos costes de pila de combustible que vienen a rondar en torno a los 5.000€ por KW. generado. Por el contrario, un motor térmico actual viene a costar en torno a los 40€ por KW. generado. Así las cosas, en la actualidad no se puede plantear una masiva utilización de la pila porque económicamente no sería viable. Bien es cierto que si entráramos en economía de escala y se generaran los mismos millones de pilas que de motores, pues posiblemente los costes de estos equipos se verían reducidos.

Si hablamos de los plazos de comercialización del híbrido y el eléctrico podríamos decir que posiblemente a partir de año 2010 vamos a empezar a ver vehículos híbridos. Las distintas marcas ya están sacando sus configuraciones híbridas y vehículos eléctricos, así como los Plug-in correspondientes. En cuanto a la pila de combustible, las previsiones apuntan al año 2020 tanto el Plug-in como el eléctrico puro. Yo vaticino, que va a ser a partir del 2014 o 2015, y dependerá mucho de la infraestructura urbana que se plantee en este sentido.

¿Hacia dónde van dirigidos la innovación y la tecnología y el I+D, para las nuevas propulsiones? Vamos a disponer de componentes en electrónica de potencia que actualmente tenemos; habrá que ir mejorando las máquinas eléctricas, no solamente los motores sino también los generadores eléctricos haciendo cada vez máquinas más eficientes con una relación peso-volumen mejorada. Tenemos que poner sistemas de control embarcados básicamente para controlar las estrategias de funcionamiento del vehículo, nuevas fuentes de energía, sistemas de almacenamiento de energía avanzados con baterías de última generación. Pero no solamente nos quedaremos con las de litio-ión, habrá que ir a otras baterías en las que utilicen otro tipo de electrodos que nos permitan mayores densidades de energía, mayores potencias entregadas....

En lo que respecta a las emisiones de CO2 globales tanto desde el pozo al tanque como desde el tanque a la rueda, vemos que las mecánicas híbridas en comparación con las convencionales suponen una reducción del consumo que viene a estar en torno el 15% al 18% en términos gene-

rales. Por su parte, los vehículos con pila de combustible están divididos en dos categorías una que trabaja con gas natural y otra con hidrógeno comprimido con gas natural.

Si ahora nos preguntaran: “bueno, ¿y para usted cuál sería el vehículo limpio del futuro? Pues el vehículo limpio del futuro sería aquel que evidentemente no contaminara en su punto de uso y que no contaminará tampoco aguas arriba. Me inclino por trabajar con pilas de hidrógeno en las cuales podríamos utilizar el hidrógeno mediante un proceso de electrolisis con agua, con energía eléctrica obtenida por vías renovables (eólica). Obviamente con el vehículo eléctrico estaríamos en la misma situación, y si se cargara con energía eléctrica renovable tendríamos también una situación renovable.

Si queremos sacar vehículos al mercado deberían de ser lo más amigables posibles con el medio ambiente pero en todo su ciclo de vida, no sólo en la parte del consumo. El vehículo lleva una serie de materiales que se han tenido que extraer, lleva un proceso de ensamblaje y de distribución. El vehículo en su periodo de vida lleva un proceso de mantenimiento en el cual hay que cambiar una serie de componentes neumáticos, aceites, líquidos, que habría que tener en cuenta. Y por último, el vehículo llegará a su vida útil final en el reciclado del mismo.

Todas las marcas ven muy claro que la evolución va encaminada hacia una paulatina modificación en sus mecánicas, de las configuraciones convencionales a las híbridas, a las eléctricas, a los ‘planing’ y, por último, a la pila de combustible. Igualmente en cuanto a la utilización de los bio-combustibles, la utilización del hidrógeno en un futuro. Según algunos estudios, en 2030 las mecánicas convencionales seguirán siendo mayoría, eso sí, muy avanzadas en los procesos de combustión como hemos dicho, y en los sistemas de distribución variable, pero van a ser mecánicas de gasolina de inyección directa y mecánicas diesel de inyección directa. Veremos algún impacto de vehículos híbridos y vehículos de propulsión de hidrógeno. Actualmente, algunos modelos de eléctricos-híbridos ya han llegado al mercado. Toyota tiene ya algunos modelos que llevan funcionando desde hace tiempo, por tanto ya se puede considerar como una tecnología avanzada. En cuanto a los eléctricos posiblemente estemos en una situación algo más básica en cuanto a investigación. Por su parte, no será hasta 2030 cuando tengamos un desarrollo eficaz de las pilas de combustible. En esa fecha, EUCAR, nos dice que tendremos sistemas de propulsión convencionales más eficientes, una diversificación de fuentes de energía. Además, la electrificación del sistema propulsor va a ser algo que nos encontraremos de forma habitual, bien en vehículos eléctricos, puramente



*“Si queremos sacar vehículos al mercado deberían de ser lo más amigables posibles con el medio ambiente pero en todo su ciclo de vida, no sólo en la parte del consumo.”*

eléctricos y con pila de combustible.

Los vehículos convencionales, según EUCAR, posiblemente tengan un impacto en cuanto a necesidad de autonomía mayor en la circulación en autopista de grandes recorridos. El vehículo híbrido tendrá una parte muy centrada en lo que pueda ser la zona urbana y en la zona comarcal dependerá un poco de la autonomía del híbrido. Los Plug-in, por su parte, tendrán también un espacio porque van a permitir conectarse a red y tener también una cierta autonomía, por tanto también pasar del campo urbano al comarcal. El puramente eléctrico tendrá un tratamiento básicamente urbano. Y el de pila de combustible dependerá de la potencia de la pila de combustible y de la capacidad de almacenamiento de hidrógeno. En el futuro podrá compartir la situación urbana con la comarcal y algo menos una de los recorridos largos.

### El proyecto EPISOL

El EPISOL es un proyecto estratégico, un vehículo con condiciones básicamente urbanas. Se desarrolló por iniciativa de la empresa CEMUSA que se dedica al mobiliario urbano aunque esto no tenga nada que ver con el automóvil. Sí que es cierto que CEMUSA, dentro de su planteamiento urbano y sostenible quería también aportar vehículos que fueran lo más ecológicos posibles para unas funciones determinadas. En este caso lo que se pretendía era ir con un vehículo de marquesina en marquesina de las paradas de autobuses para recoger las pilas que va de-

Sector del automóvil: retos futuros y respuestas al problema energético

#### EPISOL Salón del Automóvil 2008



jando la gente. El EPISOL es un vehículo de baja potencia, para trayectos cortos y lleva una configuración bi-híbrida que va con motor técnico y con pila de combustible. Luego posteriormente se le pusieron paneles solares en el techo y por tanto ya cogió esa connotación tri-híbrida de coger tres fuentes de energía. También lleva un sistema de frenado regenerativa para tratar de aprovechar la energía cinética de la deceleración.

En un principio, planteamos al cliente una primera configuración híbrida en serie en la cual el motor térmico solamente cargaba baterías, y el vehículo era puramente eléctrico. Posteriormente introdujimos la pila de combustible y vimos toda la electrónica de potencia necesaria para trabajar con la pila de combustible junto con las baterías de potencia. El resultado final es un vehículo que se expuso en el Salón de Automóvil el año pasado. En la parte frontal lleva incorporado el motor térmico con su generador; debajo de los asientos lleva el pack de baterías de plomo ácido de última generación de Tudor y lleva 180W de tensión en baterías. En la parte trasera, tiene la pila de combustible y las bombonas de hidrógeno. De cara el futuro se prevé una caja de carga en la parte trasera y en la parte del techo, las placas solares. El proyecto se ha realizado junto con el CESIR, que son quienes han desarrollado parte de la pila de combustible. Ahora mismo estamos en la fase de homologación.

## TURNOS DE PREGUNTAS

¿Por qué descarta que el petróleo sea escaso?

De algún modo siguen encontrándose nuevos pozos, nuevos yacimientos. De hecho REPSOL ha encontrado un nuevo pozo en el Golfo no hace demasiado tiempo. Lo que ocurre es que el petróleo se encuentra ahora mismo en situaciones marítimas de gran distancia, por lo tanto su coste de extracción puede verse elevado. No obstante las reservas de petróleo según British Petroleum el año pasado garantizan todavía entorno a 40 años más de utilización.

¿Por qué tantas oscilaciones en su precio?

Todos sabemos que las reservas de petróleo están en una zona que es geopolíticamente muy delicada, y por tanto muchos de los conflictos que vengan derivados de esas zonas afecten directamente al precio del barril. Pero lo peor que podría pasar es que la curva de demanda cru-



*“Es conveniente tratar de no ser tan petro-dependientes y tratar de ir avanzando en lo que hemos denominado los bio-combustibles que vienen tanto del cereal como de la remolacha o del azúcar, de la caña de azúcar.”*

zara la curva de producción. Eso nos colocaría en una situación delicada porque somos países petro-dependientes completamente. El sector del transporte depende al 98% del consumo de este combustible. Como estrategia es conveniente tratar de no ser tan petro-dependientes y tratar de ir avanzando en lo que hemos denominado los bio-combustibles que vienen tanto del cereal como de la remolacha o del azúcar, de la caña de azúcar. Si problema es que el rendimiento energético de la plantación es muy bajo y para obtener unos pocos de julios hay que invertir mucha, mucha energía.

En el análisis del pozo al tanque, por ejemplo, si para poner un medio julio de gasolina en mi depósito necesito 1,15 mega julios de energía, para poner un mega-julio de bio-etanol necesito entre 2,2 ó 2,3 mega-julios de energía. Es decir vemos que energéticamente el proceso se ve penalizado. Bien es cierto que luego el aspecto del CO2 se ve beneficiado. No obstante tampoco debemos perder de vista el hecho de que ciertos países que se han dedicado al cultivo energético han generado cierta hambruna en la población por tratar de obtener una producción masiva de los bio-combustibles.

La segunda generación de los bio-combustibles está centrada en los residuos de los tallos de los cereales. Bien, ésta es una situación más favorable que posiblemente llegue aquí en cinco años. Lo que ocurre es que energéticamente la hidrólisis y la fermentación posterior de esos tallos es todavía un proceso energéticamente con alto coste, pero que posiblemente las investigaciones conducirán a que esa situación sea adaptada. La tercera generación de los bio-combustibles se va a centrar en la generación de algas. Es decir, no vamos a tener que esperar una estación para obtener la cosecha, sino que vamos a poder producir continuamente algas de las cuales vamos a poder obtener esos combustibles. Ya hay plantas pilotos en EE.UU. Lo que sí es cierto también es que esos bio-combustibles se queman en un motor térmico y obviamente generan emisiones contaminantes de carácter local, que son las que están reglamentadas. Habrá que ver hacia donde ir y poner en una balanza las cosas. Por ejemplo el bio-etanol genera menos óxido de nitrógeno, pero más CO2 que otros. Podríamos seguir trabajando en mezclas. Hemos estado utilizando distintas mezclas para autobuses en bio-diesel, hemos utilizado al 5% que es la mezcla habitual, el 10%, el 30% y hemos utilizado el 100%.... Una de las conclusiones más importantes que hemos obtenido es que el consumo aumenta en función de la mezcla, básicamente porque el poder calorífico del bio-diesel es menor. También hemos detectado que los óxidos de nitrógeno aumentan. Eso es un

punto crítico en cuanto a la generación de ozono en ciudad y habría que analizarlo también en su justa medida.

### ¿Para cuándo la comercialización de la pila de combustible?

Es difícil aventurar la fecha de la pila de combustible porque los distintos estudios prospectivos no se ponen de acuerdo y el horizonte va cambiando. Sí indican que la utilización del hidrógeno y de la pila de combustible de forma masiva podría estar en el año 2050. Hemos asistido a proyectos prototipo de autobuses que han estado circulando con pila de combustible. De hecho en Madrid, dentro del Proyecto CUTEM-CITICEL, hemos visto autobuses Mercedes, que han estado con la pila de combustible. Con ella han transportado a varios miles de viajeros y han consumido varios kilos de hidrógeno. El comportamiento ha sido bueno.

La tecnología de la pila de combustible va ir avanzando, vamos a ir encontrando pilas que en vez de utilizar platino como catalizador, utilizarán otro tipo de materiales que son capaces de catalizar con una determinada eficacia sin utilizar platino. Vamos a ir avanzando en el campo de la producción y del abastecimiento del hidrógeno. Hasta que todo eso no se resuelva es muy difícil aventurar la entrada de la pila de combustible y del hidrógeno a nivel social pero lo que sí que es cierto es que esa tecnología llegará tarde o temprano. Todo dependerá de la inversión que se haga en la infraestructura del hidrógeno. En la evolución del eléctrico va a ocurrir lo mismo, si no somos capaces de hacer una infraestructura con postes donde podamos recargar nuestros vehículos eléctricos, podremos estar hablando de vehículos eléctricos todo lo que queramos pero tampoco se avanzará.

### ¿En qué medida cree usted que la última ley adoptada por el Gobierno para activar el sector de automoción tendrá el efecto buscado?

Obviamente cualquier medida adoptada para tratar de paliar esta caída en la venta de vehículos, tiene que ser bien recibida. Sí que es cierto que esto es una medida paliativa y yo creo que a muy corto plazo. Si queremos que nuestra industria sea fuerte en un futuro hay que plantear medidas más en el campo de la innovación, en el campo de I+D. Hoy hemos visto las posibles tecnologías que pueden involucrar estos vehículos eléctricos o híbridos y con pila de combustible. Si planteamos un plan estratégico nacional, o a nivel de autonomías por supuesto, en el cual seamos capaces de encontrar esos nichos en cuanto a los distintos componentes que tenemos enmarcados en estos vehículos, podremos asegurar una autonomía de futuro que yo creo que es la que necesitamos en

la actualidad. En este momento hay que transmitir la idea de que es posible hacer tecnología, creo que podemos tratar de crear una base fuerte de las empresas para que desarrollen esa tecnología. De hecho a través de la plataforma SERTEK, en la que está presente el grupo Tecnalia-CIE-Automotive, estamos en otro proyecto singular y estratégico para tratar de desarrollar esas tecnologías en el ámbito de la movilidad urbana.

¿Cómo cambiaría un vehículo en cuanto a su aspecto exterior, etc..., si hubiera una entrada masiva de coches eléctricos? Para el usuario, ¿cuáles serían las ventajas e inconvenientes de los automóviles?

El vehículo eléctrico en su configuración más global es un vehículo en el que vamos a quitar del medio el motor de combustión, la caja de transmisión, y por lo tanto vamos a tener unos espacios dentro del vehículo que nos van a permitir un diseño del mismo que básicamente puede cambiar de forma importante los diseños que vemos actualmente. Va a ser un vehículo más silencioso, quizás más fácil de conducir. En el futuro, veremos de diseños de vehículos completamente distintos a los que hoy día estamos viendo, y posiblemente podamos ver motores en rueda para tratar de mejorar la tracción de las mismas.

¿Cuál es el grado de implicación de las empresas a la hora de aplicar todas estas tecnologías que surgen de las investigaciones universitarias?

Estamos ante un panorama tecnológico en el que las empresas del sector deben de tomar y deben de pelear. Creo que estamos en una buena situación para ello.

¿Qué oportunidades ve al mercado de automoción ahora mismo?

El mercado nacional ahora mismo sigue dependiendo en gran parte de las decisiones de las 'Casas Madres', y es muy reciente una alianza entre Renault con Nissan hacer vehículos eléctricos. Bien es cierto que en la movilidad urbana posiblemente habrá un nicho de trabajo muy importante para muchos sectores, porque en el ámbito urbano no hay una gran competencia con las grandes marcas. Eso permitirá definir vehículos en un entorno urbano en el cual se desarrollen de forma íntegra, con tecnología nacional. Aún así incluso las grandes compañías que vayan a desarrollar vehículos eléctricos ahora mismo tienen el reto de tratar de innovar y desarrollar I+D y tecnología para suministrar componentes para estos vehículos.