



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE TERRESTRE MEDIANTE EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

Autor/es

Eugenio Fernández Cáceres

Director/es

Antonio Valero Capilla

Universidad de Zaragoza / EINA

2014

RESUMEN

El sector del transporte por carretera tiene una gran importancia en la sociedad actual. Dado su volumen, tiene un gran peso al analizar tanto los consumos energéticos como las emisiones de contaminantes a nivel español, europeo y global.

La continua evolución técnica de los vehículos por parte de los fabricantes, y los requerimientos legales cada vez más estrictos de los estados, hacen que los vehículos cada vez sean más eficientes en ambos aspectos, requiriendo menos recursos tanto para su fabricación como para su utilización, y generando menos emisiones contaminantes.

Sin embargo, una vez que los vehículos están en uso, no existe ningún sistema que permita comprobar la eficiencia en la utilización de los mismos. Ello puede ocasionar que exista en circulación una importante cantidad de vehículos cuyo motor no esté funcionando de modo eficiente, con los consiguientes consumos energéticos innecesarios y emisiones de gases contaminantes que se podrían evitar, sin que exista constancia de dicha situación para que pueda ser subsanada.

El objetivo de este trabajo es proponer un sistema que permita precisamente realizar un control periódico de la eficiencia que tienen los motores de los vehículos puestos en circulación.

Para ello, se propone utilizar el actual mecanismo de control del estado de uso y funcionamiento de los vehículos en circulación, la ITV (Inspección Técnica de Vehículos). Esto sería posible haciendo que además de comprobar elementos de seguridad vial y emisiones contaminantes, se añadieran métodos de inspección para controlar la eficiencia de funcionamiento de los motores en dicha inspección periódica que se realiza a los vehículos.

Al comparar la eficiencia del motor en el momento de la inspección, con la eficiencia ideal de diseño señalada por los fabricantes, se podría detectar si existe una desviación significativa del valor de eficiencia que requiera de acciones correctoras sobre el vehículo. Además, el control de los parámetros que definen la eficiencia del motor, permitirían conocer sobre qué grupo de componentes se debe realizar la corrección para devolver al vehículo un rendimiento adecuado.

ÍNDICE

a. Lista de ilustraciones.....	4
b. Lista de tablas.....	4
0. PRESENTACIÓN.....	5
1. EFICIENCIA EN LA ACTUAL ITV.....	7
2. LEGISLACIÓN ITV Y EFICIENCIA.....	8
2.1. NORMATIVA ACTUAL Y FUTURA DE ITV Y EFICIENCIA.....	8
2.2. EVOLUCIÓN DE NORMATIVA ITV Y EFICIENCIA.....	10
3. ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	11
3.1. CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS.....	12
3.2. PARQUE DE VEHÍCULOS.....	16
3.3. TIPOS DE MOTORES.....	23
4. CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS VEHÍCULOS.....	26
5. EMISIONES CONTAMINANTES DE LOS VEHÍCULOS.....	30
6. METODOLOGÍA.....	35
7. MOTORES ALTERNATIVOS DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	39
7.1 EFICIENCIA O RENDIMIENTO TOTAL.....	40
7.1.1 EFICIENCIA MECÁNICA.....	40
7.1.2 EFICIENCIA TÉRMICA.....	41
7.1.3 EFICIENCIA VOLUMÉTRICA.....	42
7.1.4 CONCLUSIONES.....	43
7.2 TIPOS DE MOTORES POR COMBUSTIBLE. AHORROS.....	44
8. MOTORES DE HIDRÓGENO.....	47
9. MOTORES ELÉCTRICOS.....	49
10. INTEGRACIÓN Y USO DEL CONTROL ELECTRÓNICO DAB EN LA INSPECCIÓN DE VEHÍCULOS.....	51
11. CONCLUSIONES.....	55
12. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	59

a. Lista de ilustraciones

<i>Figura 1. Esquema de aplicación de la normativa a la Inspección Técnica de Vehículos Elaboración propia.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2. Vehículos matriculados en España. Datos en unidades de vehículos. Fuente: INE, 2012. Elaboración propia.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3. Vehículos matriculados en España. Datos en porcentaje sobre el total de vehículos matriculados. Fuente: INE, 2012. Elaboración propia.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4. Vehículos matriculados en EU28. Datos en miles de unidades de vehículos. Fuente: EUROSTAT, 2012. Elaboración propia.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5. Vehículos matriculados en EU28. Datos en porcentaje sobre el total de vehículos matriculados. Fuente: EUROSTAT, 2012. Elaboración propia.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6. Porcentaje del consumo energético del sector transporte frente al consumo energético total. Fuente: EUROSTAT, 2012. Elaboración propia.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 7. Consumos energéticos en EU28 en miles de Toneladas Equivalentes de Petróleo. Fuente: EUROSTAT, 2012. Elaboración propia.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 8. Consumos energéticos en España en miles de Toneladas Equivalentes de Petróleo. Fuente: EUROSTAT, 2012. Elaboración propia.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 9. Consumos del sector transporte en España en miles de Toneladas Equivalentes de Petróleo. Fuente: EUROSTAT, 2012. Elaboración propia.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 10. Porcentaje del consumo energético del sector transporte en España frente al consumo energético del sector transporte en EU28. Fuente: EUROSTAT, 2012. Elaboración propia.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 11. Emisiones en EU28 totales y del sector transporte, en miles de Toneladas Equivalentes de CO₂. Fuente: EUROSTAT, 2012. Elaboración propia.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 12. Emisiones totales en EU28 y España, en miles de Toneladas Equivalentes de CO₂. Fuente: EUROSTAT, 2012. Elaboración propia.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 13. Emisiones totales y del sector transporte en España, en miles de Toneladas Equivalentes de CO₂. Fuente: EUROSTAT, 2012. Elaboración propia.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 14. Porcentaje de emisiones totales en España respecto a totales en EU28, porcentaje de emisiones sector transporte en España respecto a sector transporte en EU28. Fuente: EUROSTAT, 2012. Elaboración propia.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 15. Mapa de emisiones de CO₂. Fuente: Global Carbon Atlas, www.globalcarbonatlas.org.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 16. Distribución por áreas geográficas de emisiones de CO₂, en miles de Toneladas Equivalentes de CO₂. Fuente: Global Carbon Atlas, www.globalcarbonatlas.org.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 17. Mapa de la introducción de sistemas de asistencia electrónica a la conducción. Fuente: AUTOFORE Report.....</i>	<i>52</i>

b. Lista de tablas

<i>Tabla 1. Clasificación de vehículos por criterio de construcción (primer grupo de cifras). Anexo II Reglamento General de Vehículos.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 2. Clasificación de vehículos por criterio de utilización (segundo grupo de cifras). Anexo II Reglamento General de Vehículos.....</i>	<i>15</i>

0. PRESENTACIÓN

El sector del transporte por carretera tiene una gran importancia en la sociedad actual. Tanto desde un punto de vista económico, como industrial, energético, tecnológico y medioambiental, las actuaciones en este sector tienen influencia en el resto de los sectores a nivel global.

Las grandes dimensiones que tiene el mercado automovilístico¹ mundial, generan a nivel global unas enormes inversiones tanto en instalaciones industriales como en innovaciones tecnológicas; requieren unos importantes consumos energéticos, tanto en el proceso de fabricación de los vehículos como en su utilización, y generan grandes cantidades de emisiones contaminantes durante la fabricación de los mismos, durante la preparación de los combustibles necesarios para su uso, y durante su utilización en las labores de transporte de personas y mercancías a las que están destinados.

Se trata de un sector con un alto componente industrial y tecnológico, en el que el proceso de fabricación está sometido a importantes controles, tanto financieros como de organización y de calidad, buscando conseguir la máxima rentabilidad posible, es decir, buscando optimizar la eficiencia del proceso.

El diseño de los propios vehículos está sometido a continuos procesos de innovación, de manera que cada nueva generación de vehículos es más eficiente que la anterior, consumiendo menos recursos para su fabricación y utilización, y generando menos residuos en su uso, buscando optimizar también su rentabilidad para el usuario del mismo (es decir, buscando mejorar la eficiencia).

Estos procesos de control son llevados a cabo por los propios fabricantes, en base a sistemas de gestión y recursos de normalización globales, que han demostrado su viabilidad, y en base a normativas de carácter internacional impuestas por los diversos países donde se fabrican o comercializan los vehículos.

Sin embargo, una vez que los vehículos están puestos en circulación, los fabricantes pierden la capacidad de controlar el funcionamiento y uso de los vehículos más allá de los programas de mantenimiento que recomiendan (y que en ocasiones son seguidos por los propietarios de los vehículos, y en otros casos no), y que en todo caso se limitan a periodos planificados de sustitución de piezas, no a controles del estado de los vehículos.

En esta situación son los países donde circulan los vehículos los que se encargan de controlar el estado de funcionamiento de los vehículos, para lo que se articulan diversos mecanismos de control.

Este sistema de control, es el comúnmente conocido en España como ITV (Inspección Técnica de Vehículos), y su objetivo es verificar el estado de conservación y funcionamiento de los vehículos.

¹ Por mercado automovilístico nos referimos a todo tipo de vehículos de transporte terrestre, no sólo automóviles turismo.

Este sistema se aplica a los vehículos matriculados en el territorio español, y se basa en una serie de instalaciones fijas² (estaciones de ITV) dónde los vehículos deben acudir para ser sometidos a unas pruebas que controlan que una serie de componentes del mismo se encuentran en un estado funcional, bien porque no presentan evidencias de deterioro, bien porque al aplicarles determinados procedimientos de inspección se obtienen unos valores aceptables de funcionamiento.

El conjunto de las pruebas a que se someten los vehículos, proporciona un resultado a la inspección de Favorable o Desfavorable, implicando el resultado en un sentido o en otro que el vehículo pueda continuar circulando, o bien que no pueda seguir haciéndolo hasta que no subsane los defectos detectados durante la inspección.

Las inspecciones que se realizan a los vehículos son periódicas, es decir, que deben ser repetidas a lo largo del tiempo, en periodos que se establecen en función de la antigüedad³ del vehículo, determinando la duración de este periodo en función de la fecha de matriculación⁴ del vehículo.

A medida que los vehículos van siendo más antiguos, la frecuencia de la inspección se va incrementando, puesto que un vehículo con más años de funcionamiento, debido al desgaste del mismo, suele presentar más problemas de conservación y funcionamiento.⁵

El sistema actual se definió en la década de los 80 (mediante el RD 3273/1981 y el RD 2344/1985), siendo modificado desde entonces para adecuarlo a la evolución de la técnica, tanto de los vehículos como de los sistemas de inspección.

El reconocimiento del sistema y su implantación en la sociedad es tal que, en la actualidad, el término de ITV se ha asumido como sinónimo de revisión técnica, aunque dicha revisión no se realice a un vehículo.

El sistema ha demostrado su utilidad, al convertirse en una herramienta fundamental para garantizar unas condiciones técnicas mínimas de los vehículos en circulación, con los consiguientes beneficios que esto conlleva en seguridad vial y protección del medioambiente.

Sin embargo, pese a sus virtudes, el sistema actual adolece de falta de control en un apartado importante: la eficiencia.

² También existen estaciones móviles, que acuden a lugares pre-establecidos (poblaciones pequeñas o alejadas de estaciones fijas), para facilitar el acceso de determinados vehículos de poca movilidad (vehículos agrícolas) a los servicios de ITV.

³ Los periodos de inspección también dependen del tipo de vehículo. Están recogidos en el art. 6 del RD 2042/1994.

⁴ La matriculación es el proceso en el que se da el permiso administrativo al vehículo para poder circular por las vías públicas. Es un requisito imprescindible para poder circular.

⁵ Según un estudio realizado en Alemania sobre 3 millones de vehículos en 2004, el 10% de los vehículos de 5 años de antigüedad presentaban defectos graves. Este porcentaje subía al 31% en vehículos de 9 o más años.

Tal como se ha comentado, en las diversas fases de la vida útil de los vehículos, se articulan sistemas para conseguir la máxima eficiencia, tanto en el diseño como en la fabricación de los vehículos. Sin embargo, en la fase de utilización, el sistema de control que supone la ITV no tiene como objetivo la eficiencia de funcionamiento de los vehículos, sino que como se ha indicado antes, su objetivo es verificar el estado de conservación y funcionamiento, encaminado a garantizar unos estándares mínimos para garantizar la seguridad vial y la protección medioambiental.

Después de 30 años de funcionamiento del sistema, este está lo suficientemente desarrollado como para permitir la introducción de nuevos sistemas de inspección que permitan llevar el concepto de la inspección más allá, incorporando el concepto de eficiencia (en el presente estudio nos centraremos en la eficiencia de las plantas motrices de los vehículos), de modo que el control de esta pueda estar presente en toda la vida útil del vehículo.

La incorporación del control de la eficiencia en la ITV permitirá obtener importantes ventajas, fundamentalmente en cuanto a protección medioambiental (reducción de emisiones de gases contaminantes) y en relación a costes económicos (reducción de consumos de los vehículos, que a su vez influye en la reducción de emisiones de gases contaminantes también por vía indirecta).

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EFICIENCIA EN LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS EN ESPAÑA

En la actualidad, tomando como referencia la UE, y concretamente España como estado miembro de la UE, la inspección técnica de vehículos se rige por una serie de directivas emitidas a nivel europeo, que los distintos países miembros trasponen a su ordenamiento.

Sin embargo, el nivel de aplicación de dichas directivas varía de un estado a otro, de modo que no es igual la inspección de un vehículo en Francia que en España, y los objetivos finales que se persiguen con la inspección pueden ser también distintos.

En España, según indica el Reglamento General de Vehículos, aprobado mediante el RD 2822/98, las inspecciones de vehículos versan “sobre las condiciones del vehículo relativas a seguridad vial, protección del medio ambiente, inscripciones reglamentarias, reformas, y en su caso, vigencia de los certificados para el transporte de mercancías peligrosas y perecederas”.

Es decir, están encaminadas a garantizar un nivel mínimo estándar de seguridad al circular por las vías públicas (para lo que se realizan pruebas de elementos de seguridad activa y pasiva del vehículo, como son los sistemas de frenado, suspensión y neumáticos, alumbrado y señalización, carrocería, acondicionamiento interior), y a asegurar que no se supera un nivel máximo de emisiones contaminantes por parte de los vehículos (tanto en forma de emisiones gaseosas como en forma de emisiones sonoras para algunos tipos concretos de vehículos).

También se controlan otros elementos de orden administrativo, como son la identificación de los vehículos, gestión de las modificaciones efectuadas sobre los vehículos (reformas), vigencia de certificados y condiciones para circular en determinadas situaciones, cuyo objetivo son el gestionar y asegurar las condiciones en que circulan los vehículos por la vía pública.

Sin embargo, aunque se controle que los vehículos reúnen unas condiciones adecuadas de seguridad, o que contaminan lo menos posible (dentro de los parámetros genéricos establecidos), en la inspección técnica de vehículos no se controla el estado real del vehículo, entendiéndose por esto su situación con respecto a su estado óptimo de funcionamiento.

Es decir, al realizar la inspección técnica de un vehículo, se determina su estado con respecto a un estándar genérico que debe abarcar a todos los posibles vehículos de una determinada tipología. Pero no se está controlando su estado con respecto a cómo debería encontrarse para funcionar de manera óptima. En resumen, se está analizando su eficacia (si es capaz o no de realizar un trabajo mínimo determinado), pero no se tiene en cuenta su eficiencia (los recursos necesarios para realizar dicho trabajo).

El objetivo final del presente estudio es determinar de qué modo se puede implementar en la inspección técnica de un vehículo un método que permita determinar, con una prueba simple de realizar y de corta duración, la eficiencia a nivel energético del motor del vehículo, y justificar la importancia de implantar esta medida. Si se controla el nivel de emisiones contaminantes para reducir la contaminación generada por los vehículos, ¿no es igualmente efectiva como medida que reduzca las emisiones, el asegurar que el vehículo consume la mínima energía necesaria, funcionando de modo eficiente?

Si la fuente de energía es libre de emisiones, y de origen renovable, puede parecer innecesario dedicar recursos a este asunto. Pero en la actualidad, y en un futuro próximo, las fuentes de energía mayoritarias para los vehículos van a ser, o bien provenientes del uso de combustibles líquidos y gaseosos (con las consiguientes emisiones), o bien recursos eléctricos que provienen, en un porcentaje todavía importante, de centrales que se basan en la combustión para generar electricidad. Por ello, una reducción en el consumo de energía de los vehículos, tanto por reducción de los consumos como por aseguramiento de la eficiencia de los mismos (el objetivo del estudio es este segundo caso), es una medida tan importante como el control de las emisiones de los mismos, orientada a una reducción global de emisiones originadas por el funcionamiento de estos vehículos.

2. LEGISLACIÓN ITV Y EFICIENCIA

2.1 NORMATIVA ACTUAL Y FUTURA DE ITV Y EFICIENCIA

En España, actualmente la inspección de vehículos está regulada por el RD 2042/1994. Este, en su artículo 12 establece el uso del "Manual de procedimiento de inspección de

las estaciones ITV" para la definición de los criterios técnicos de inspección. Dicho manual se actualizará cuando varíen los criterios técnicos de inspección.

Las directivas europeas que se van aprobando y determinan los procedimientos para la inspección de vehículos, van siendo introducidas mediante modificaciones de dicho "Manual de procedimiento de inspección de las estaciones ITV" (actualmente en su versión 7ª)⁶, de manera que sean de aplicación.

En la actualidad, es la 2009/40/CE la directiva de referencia para la inspección de vehículos.

El 3 de Abril de 2014 se publicó la directiva 2014/45/UE, relativa a las inspecciones técnicas periódicas de los vehículos de motor y de sus remolques, que modifica y deroga la 2009/40/CE, así como otras dos directivas (la 2014/46/UE y 2014/47/UE), que modifican y establecen criterios para la matriculación de los vehículos, y para la realización de inspecciones de vehículos comerciales en carretera.

La directiva 2014/45/UE debe ser traspuesta a la legislación española a más tardar el 20 de Mayo de 2017, y ser de aplicación el 20 de Mayo de 2018, tal y como establece la propia directiva.

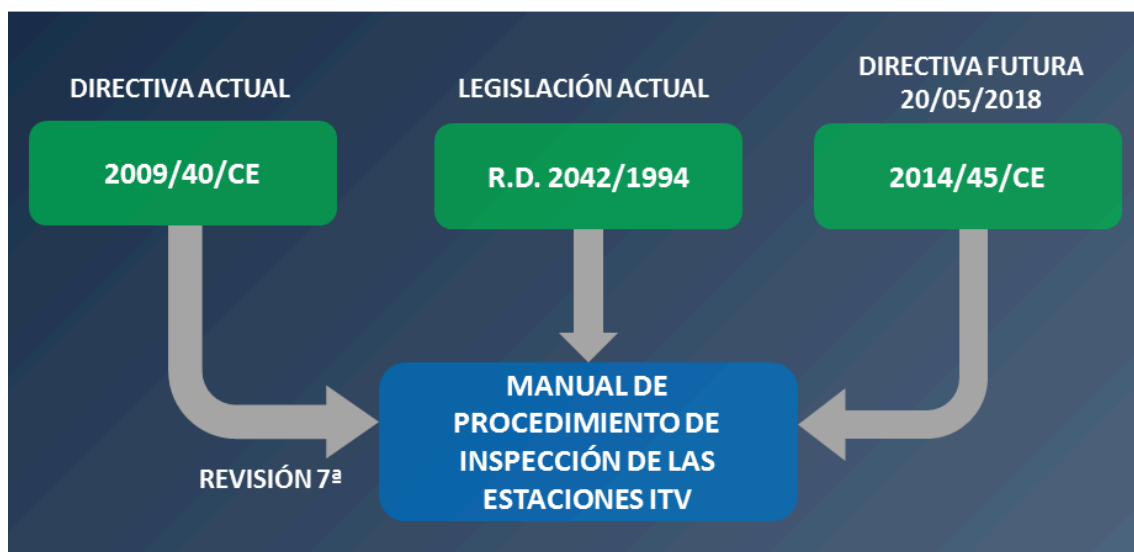


Figura 1. Esquema de aplicación de la normativa a la Inspección Técnica de Vehículos.

Dicha directiva, considera que “La inspección técnica de vehículos forma parte de un régimen diseñado para garantizar que los vehículos estén en buenas condiciones desde el punto de vista de la seguridad y el medio ambiente durante su uso”. Vemos que establece como objetivo que los vehículos estén en “buenas condiciones”, no en las condiciones óptimas.

Asimismo, indica que “los vehículos con sistemas de control de emisiones defectuosos tienen un mayor impacto medioambiental que los vehículos objeto de un mantenimiento correcto. Por consiguiente, un régimen periódico de inspecciones

⁶ Enlace para descarga del Manual: <http://www.aeca-itv.com/publicaciones.aspx>

técnicas podría contribuir a la mejora del medio ambiente porque permitiría reducir las emisiones medias de los vehículos”.

Sin embargo, no contempla que un vehículo con un funcionamiento no óptimo (aunque no sea defectuoso) tiene también un mayor impacto medioambiental que un vehículo con un funcionamiento eficiente, y que por tanto, el mismo régimen periódico de inspecciones técnicas podría reducir las emisiones de los vehículos si se analizara también su eficiencia, tanto a nivel individual (menor consumo del vehículo) como global (menores necesidades energéticas globales para el funcionamiento de los vehículos).

Resumiendo, ni la legislación actual, ni la próxima revisión de dicha legislación, que entrará en vigor en Europa y en España, a más tardar, en Mayo de 2018, contemplan un análisis y control de la eficiencia de los sistemas energéticos motrices de los vehículos como medida de importancia a considerar en la Inspección Técnica de Vehículos.

2.2 EVOLUCIÓN DE NORMATIVA ITV Y EFICIENCIA

Sin embargo, la propia directiva 2014/45/UE, que no contempla la eficiencia como un elemento a controlar, proporciona la herramienta que podría ser básica para realizar dicho control.

Dicha directiva propone, para los vehículos que se ajustan a las categorías de emisiones Euro6 y Euro VI y que dispongan de sistemas de diagnóstico a bordo (DAB), dado que estos están logrando una gran eficacia a la hora de evaluar las emisiones de los vehículos, que en ellos puedan sustituir a las pruebas de emisiones estándar que se realizan en las inspecciones.

Por ello, establece que los estados miembros deben estar en condiciones de permitir este método de inspección, de acuerdo a las recomendaciones de fabricantes y otros requisitos, si las condiciones de equivalencia han sido comprobadas de forma independiente.

Dichos sistemas DAB, por tanto, deben estandarizarse de modo que puedan ser utilizados en las inspecciones técnicas de vehículos como sistema para la comprobación de las emisiones. Por tanto, deberá existir un protocolo común, tanto de comunicación como de parámetros a comprobar, que permitan en cualquier estación de ITV que disponga de los equipos (que repito, deberán ser estándar, no uno para cada fabricante) comprobar las emisiones que produce el vehículo.

El potencial de este sistema de diagnóstico debería ser tal que, mediante el análisis adecuado de cada planta motriz, fuera capaz de permitir comprobar, aparte de los niveles de emisiones, el rendimiento con el que está funcionando la unidad motriz del vehículo en unas condiciones determinadas.

La fuerza de este sistema es que, una vez determinados los parámetros que definan y determinen el rendimiento de los distintos tipos de unidades motrices (motores de combustión por chispa o por compresión, tanto diésel y gasolina como con otros combustibles como GLP, GNV, biodiésel, motores eléctricos con pila de combustible o con batería, motores de hidrógeno,...), se puede disponer de un procedimiento que proporcione una medida del rendimiento del motor para comparar (con respecto al rendimiento ideal, teórico, o de diseño), de manera que se pueda determinar de forma fácil y rápida si el funcionamiento del motor está siendo correcto, convirtiendo así la eficiencia del mismo en un elemento más a la hora de determinar la aptitud del vehículo para pasar una inspección técnica.

Tal y como indica la directiva 2014/45/UE, para que los sistemas DAB sean efectivos, los fabricantes deben proporcionar acceso a los datos necesarios para poder verificar el correcto funcionamiento de los componentes del vehículo, y establecer disposiciones adecuadas para permitir a los centros de inspección técnica de vehículos acceder a dichos datos. Sin el conveniente acceso para el control de los datos necesarios desde los centros de inspección, no es posible verificar el correcto funcionamiento de los sistemas motrices del vehículo.

Y todo ello debe conjugarse con el principio de que la inspección técnica de los vehículos debe ser simple, rápida, barata, y efectiva a la hora de verificar los diversos componentes de los vehículos, y concretamente los sistemas energéticos y motrices.

Además, debe ser llevada a cabo con técnicas y equipos disponibles en el momento de la determinación del método, sin usar herramientas para el desmontaje o retirada de ningún componente del vehículo.

El proponer una evolución de las inspecciones, incrementando el alcance de las mismas, buscando controlar la eficiencia de las plantas motrices, está fundamentada en el espíritu en la propia directiva, que establece que los elementos inspeccionados “deben actualizarse de manera que se tenga en cuenta el desarrollo de la investigación y los progresos técnicos en materia de seguridad de los vehículos”. Es lícito extrapolar los avances en materia de seguridad, a los avances en materia de seguridad ambiental, para, mediante la mejora del control de la eficiencia energética de los motores, reducir de modo global las emisiones contaminantes.

Por ello, aplicando el espíritu de la propia directiva, y aprovechando la introducción de nuevos métodos de inspección que está incluyendo la misma directiva, si se aumenta el alcance de dichos métodos, se puede disponer de una herramienta sencilla, rápida y eficaz para determinar la eficiencia del motor de un vehículo en el momento de la Inspección Técnica, y por tanto, incorporar dicho control en el proceso general de inspección de los vehículos.

3. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Uno de los temas básicos a entender para analizar cómo modificar la Inspección Técnica de Vehículos, es a qué vehículos se aplica la misma, y a cuales de estos se debería aplicar un control de la eficiencia energética.

En principio, podríamos pensar que se debe aplicar a todos los vehículos por igual, sin embargo, tanto por volumen de vehículos, como por tecnología disponible para cada uno de ellos, y por costes de aplicación de los sistemas necesarios, comparado con los beneficios que se pueden obtener de la aplicación de las medidas propuestas, lo más productivo es comenzar por centrar la aplicación de las medidas en unos tipos concretos de vehículos.

Para ello, el primer paso es conocer cómo se clasifican los vehículos. A grandes rasgos, en cuanto a los términos utilizados en la ITV, tenemos dos grandes clasificaciones: la clasificación por categorías según las directivas europeas, y la clasificación por criterios de construcción y uso utilizada en España. En base a ellas, se catalogan los vehículos, atendiendo a una serie de características técnicas de los mismos.

3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS

A nivel de directiva europea, los vehículos se dividen en categorías, siendo las siguientes, según se refleja, por ejemplo, en el Preámbulo del Manual de Inspección Técnica:

Categoría M

Vehículos de motor concebidos y fabricados principalmente para el transporte de personas y su equipaje (Reglamento UE 678/2011)

Categoría M1

Vehículos de la categoría M que tengan, como máximo, ocho plazas de asiento además de la del conductor. No dispondrán de ningún espacio para viajeros de pie. El número de plazas podrá limitarse a una (es decir la del conductor).

Categoría M2

Vehículos de la categoría M que tengan más de ocho plazas de asiento además de la del conductor y cuya masa máxima no sea superior a 5 toneladas. Los vehículos pertenecientes a la categoría M2 podrán tener, además de las plazas de asiento, espacio para viajeros de pie.

Categoría M3

Vehículos de la categoría M que tengan más de ocho plazas de asiento además de la del conductor y cuya masa máxima sea superior a 5 toneladas. Los vehículos pertenecientes a la categoría M3 podrán tener espacio para viajeros de pie.

Categoría N

Vehículos de motor concebidos y fabricados principalmente para el transporte de mercancías.

Categoría N1

Vehículos de la categoría N cuya masa máxima no sea superior a 3,5 toneladas.

Categoría N2

Vehículos de la categoría N cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas pero no a 12 toneladas.

Categoría N3

Vehículos de la categoría N cuya masa máxima sea superior a 12 toneladas.

Categoría O

Remolques concebidos y fabricados para el transporte de mercancías o de personas, así como para alojar personas.

Categoría O1

Vehículos de la categoría O cuya masa máxima no sea superior a 0,75 toneladas.

Categoría O2

Vehículos de la categoría O cuya masa máxima sea superior a 0,75 toneladas, pero no a 3,5 toneladas.

Categoría O3

Vehículos de la categoría O cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas, pero no a 10 toneladas.

Categoría O4

Vehículos de la categoría O cuya masa máxima sea superior a 10 toneladas.

Categoría L

Vehículos de motor de dos o tres ruedas, gemelas o no, y cuadríciclos, destinados a circular por carretera, así como sus componentes o unidades técnicas (Directiva 2002/24/CE: fecha de aplicación para nuevos tipos el 09/11/2003 y para nueva matrícula el 09/11/2004.)

Categoría L1e

Ciclomotores: vehículos de dos ruedas con una velocidad máxima por construcción no superior a 45 km/h, de cilindrada inferior a igual a 50 cm³ (combustión interna) o potencia continua nominal máxima inferior o igual a 4 kW (motores eléctricos).

Categoría L2e

Vehículos de tres ruedas con una velocidad máxima por construcción no superior a 45 km/h, de cilindrada inferior a igual a 50 cm³ (motores de encendido por chispa

positiva) o potencia máxima inferior o igual a 4 kW (demás motores de combustión interna o motores eléctricos).

Categoría L3e

Motocicletas: Vehículos de dos ruedas sin sidecar con un motor de cilindrada superior a 50 cm³ y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.

Categoría L4e

Vehículos de dos ruedas con sidecar con un motor de cilindrada superior a 50 cm³ y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.

Categoría L5e

Vehículos de tres ruedas simétricas con un motor de cilindrada superior a 50 cm³ y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.

Categoría L6e

Cuadriciclos ligeros cuya masa en vacío sea inferior o igual a 350 kg., no incluida la masa de las baterías para los vehículos eléctricos, cuya velocidad máxima por construcción sea inferior o igual a 45 km/h, de cilindrada inferior a igual a 50 cm³ (motores de encendido por chispa positiva) o potencia máxima inferior o igual a 4 kW. (demás motores de combustión interna o motores eléctricos).

Categoría L7e

Cuadriciclos cuya masa en vacío sea inferior o igual a 400 kg. (550 kg. para vehículos destinados al transporte de mercancías), no incluida la masa de las baterías para los vehículos eléctricos, y potencia máxima inferior o igual a 15 kW.

Estos son los vehículos más habituales que circulan por las vías públicas, es decir, vehículos de transporte de pasajeros, de transporte de mercancías, motocicletas y cuadriciclos.

También existen categorías para vehículos agrícolas y maquinaria de obras y servicios (tractores, remolques y máquinas automotrices), aunque dichos vehículos son menos numerosos que los citados anteriormente, por lo que no van a ser contemplados en este estudio. En la Tabla 1 también obviaremos estos vehículos.

A nivel español, el Reglamento General de Vehículos, aprobado mediante el RD 2822/98, define los vehículos según una serie de clasificaciones, determinadas por números de 4 cifras, formados por dos grupos de dos cifras, en las que el primer grupo define el tipo de vehículo por criterios de construcción, y el segundo grupo define el tipo de vehículo por criterios de uso y utilización.

Las clasificaciones establecidas por criterios de construcción para los vehículos correspondientes a las categorías antes indicadas son las mostradas en la tabla 1.

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE TERRESTRE
MEDIANTE EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

Las clasificaciones establecidas por criterio de uso y utilización abarcan 78 clasificaciones distintas, que incluyen distintos tipos de carrocerías de camiones (caja abierta o cerrada, cisterna, basculante, frigorífico, porta-vehículos,...), clases de autobuses, vehículos de usos concretos (como taxis, ambulancias, funerarios, bomberos, vivienda,...)⁷. Se muestran en la tabla 2.

01 Vehículo de tracción animal	Vehículo arrastrado por animales.
02 Bicicleta	Es el ciclo de dos ruedas.
03 Ciclomotor	Vehículo de dos o tres ruedas provisto de un motor de cilindrada no superior a 50 cm ³ , si es de combustión interna, y con una velocidad máxima por construcción no superior a 45 km/h. Vehículo de cuatro ruedas cuya masa en vacío sea inferior a 350 kg, no incluida la masa de las baterías en el caso de los vehículos eléctricos, cuya velocidad máxima por construcción no sea superior a 45 km/h y con un motor de cilindrada inferior o igual a 50 cm ³ para los motores de combustión interna, o cuya potencia máxima neta sea inferior o igual a 4 kw para los demás tipos de motores.
04 Motocicleta	Automóvil de dos ruedas o con sidecar
05 Motocarro	Vehículo de tres ruedas dotado de caja o plataforma para el transporte de cosas.
06 Automóvil de tres ruedas	Vehículo de tres ruedas y cuatriciclos.
10 Turismo	Automóvil distinto de la motocicleta, especialmente concebido y construido para el transporte de personas y con capacidad hasta 9 plazas, incluido el conductor.
11 Autobús o autocar MMA ≤3.500 kg.	Automóvil concebido y construido para el transporte de más de 9 personas incluido el conductor, cuya masa máxima autoriza no exceda de 3.500 kg.
12 Autobús o autocar MMA > 3.500 kg.	Automóvil concebido y construido para el transporte de más de 9 personas incluido el conductor, cuya masa máxima autoriza excede de 3.500 kg.
13 Autobús o autocar articulado	El compuesto por dos secciones rígidas unidas por otra articulada que las comunica.
14 Autobús o autocar mixto	El concebido y construido para transportar personas y mercancías simultánea y separadamente.
15 Trolebús	Automóvil destinado a transporte de personas con capacidad para 10, o más plazas, incluido el conductor, accionado por motor eléctrico con toma de corriente por trole, que circula por carriles.
16 Autobús o autocar de dos pisos	Autobús o autocar en el que los espacios destinados a los pasajeros están dispuestos, al menos parcialmente, en dos niveles superpuestos, de los cuales el superior no dispone de plazas sin asiento.
20 Camión MMA ≤3.500 kg.	El que posee una cabina con capacidad hasta 9 plazas, no integrada en resto de la carrocería, y cuya masa máxima autoriza no exceda de 3.500 kg.
21 Camión 3.500 kg. < MMA ≤ 12.500 kg.	El que posee una cabina con capacidad hasta 9 plazas, no integrada en resto de la carrocería, y cuya masa máxima autorizada es superior a 3.500 kg, e igual o inferior a 12.000 kg.
22 Camión MMA > 12.000 kg.	El que posee una cabina con capacidad hasta 9 plazas, no integrada en resto de la carrocería, y cuya masa máxima autoriza sea superior a 12.000 kg.
23 Tracto-camión	Automóvil para realizar principalmente el arrastre de un semirremolque.

⁷ Consulta de R.G.V. y posteriores modificaciones: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/normativa-y-legislacion/reglamento-traffic/vehiculos/>

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE TERRESTRE
MEDIANTE EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

24 Furgón/furgoneta MMA \leq 3.500 kg.	Automóvil destinado al transporte de mercancías cuya cabina está integrada en el resto de la carrocería con masa máxima autorizada igual o inferior a 3.500 kg.
25 Furgón 3.500 kg. < MMA \leq 12.000 kg.	Camión en el que la cabina está integrada en el resto de la carrocería, con masa máxima autorizada superior a 3.500 kg, e igual o inferior a 12.000 kg.
26 Furgón MMA > 12.000 kg.	Camión en el que la cabina está integrada en el resto de la carrocería, y cuya masa máxima autorizada sea superior a 12.000 kg.
30 Derivado de turismo	Vehículo automóvil destinado a servicios o a transporte exclusivo de mercancías, derivado de un turismo del cual conserva la carrocería y dispone únicamente de una fila de asientos.
31 Vehículo mixto adaptable	Automóvil especialmente dispuesto para el transporte, simultáneo o no, de mercancías y personas hasta un máximo de 9 incluido el conductor, y en el que se puede sustituir eventualmente la carga, parcial o totalmente, por personas mediante la adición de asientos.
32 Auto-caravana MMA \leq 3.500 kg.	Vehículo construido con propósito especial, incluyendo alojamiento vivienda y conteniendo, al menos, el equipo siguiente: asientos y mesa, camas o literas que puedan ser convertidos en asientos, cocina y armarios o similares. Este equipo estará rígidamente fijado al compartimento vivienda: los asientos y la mesa pueden ser diseñados para ser desmontados fácilmente.
33 Auto-caravana MMA > 3.500 kg.	Vehículo construido con propósito especial, incluyendo alojamiento vivienda y conteniendo, al menos, el equipo siguiente: asientos y mesa, camas o literas que puedan ser convertidos en asientos, cocina y armarios o similares. Este equipo estará rígidamente fijado al compartimento vivienda: los asientos y la mesa pueden ser diseñados para ser desmontados fácilmente.
40 Remolque y semirremolque ligero MMA \leq 750 kg.	Aquellos cuya masa máxima autorizada no exceda de 750 kg. A efectos de esta clasificación se excluyen los agrícolas.
41 Remolque y semirremolque 750 kg. < MMA \leq 3.500 kg.	Aquellos cuya masa máxima autorizada sea superior a 750 kg, e igual o inferior a 3.500 kg. A efectos de esta clasificación se excluyen los agrícolas.
42 Remolque y semirremolque 3.500 kg. < MMA \leq 10.000 kg.	Aquellos cuya masa máxima autorizada sea superior a 3.500 kg, e igual o inferior a 10.000 kg. A efectos de esta clasificación se excluyen los agrícolas.
43 Remolque y semirremolque MMA > 10.000 kg.	Aquellos cuya masa máxima autorizada exceda de 10.000 kg. A efectos de esta clasificación se excluyen los agrícolas.

Tabla 1. Clasificación de vehículos por criterio de construcción (primer grupo de cifras). Anexo II Reglamento General de Vehículos.

La combinación de ambos grupos de cifras, proporciona una identificación de las características básicas de los vehículos. La clasificación así establecida, es la que aparece recogida en las Tarjetas de Inspección Técnica de los vehículos.

00 Sin especificar	El elemento a clasificar no esté encuadrado en ninguna de las clasificaciones siguientes).
01 Personas de movilidad reducida	Vehículo construido o modificado para la conducción por una persona con algún defecto o incapacidad físicos.
02 Familiar	Versión de un tipo de turismo en el que se ha aumentado el volumen destinado al equipaje con el fin de aumentar su capacidad o colocar una tercera fila de asientos.

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE TERRESTRE
MEDIANTE EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

03 Escolar	Vehículo destinado exclusivamente para el transporte de escolares.
04 Escolar no exclusivo	Vehículo para el transporte escolar, aunque no con exclusividad.
05 Escuela de conductores	Automóvil destinado a las prácticas de conducción.
06 Urbano	Vehículo concebido y equipado para transporte urbano y suburbano; los vehículos de esta clase tienen asientos y plazas destinadas para viajeros de a pie y están acondicionados para permitir los desplazamientos de los viajeros en razón de sus frecuentes paradas.
07 Corto recorrido	Vehículo concebido y equipado para transporte interurbano; estos vehículos no disponen de plazas destinadas especialmente para viajeros de a pie, pero pueden transportar este tipo de viajeros en cortos recorridos en el pasillo de circulación.
08 Largo recorrido	Vehículo concebido y equipado para viajes a gran distancia; estos vehículos están acondicionados en forma que se asegura la comodidad de los viajeros sentados, y no transportan viajeros de pie.
09 Derivado de camión	Versión de un camión especialmente equipado para el transporte de personas hasta, un máximo de nueve, incluido el conductor.
10 Plataforma	Vehículo destinado al transporte de mercancías sobre una superficie plana sin protecciones laterales.
11 Caja abierta	Vehículo destinado al transporte de mercancías en un receptáculo abierto por la parte superior. Los laterales podrán ser abatibles o fijos.
12 Porta-contenedores	Vehículo construido para el transporte de contenedores mediante dispositivos expresamente adecuados para la sujeción de éstos.
13 Jaula	Vehículo especialmente adaptado para el transporte de animales vivos.
14 Botellero	Vehículo especialmente adaptado para transporte de botellas o bombonas.
15 Porta-vehículos	Vehículo especialmente adaptado para transporte de otro u otros vehículos.
16 Silo	Vehículo concebido especialmente para el transporte de materias sólidas, pulverulentas o granulosas en depósito cerrado y con o sin medios auxiliares para su carga o descarga.
17 Basculante	Vehículo provisto de mecanismo que permitan llevar y/o girar la caja para realizar la descarga lateral o trasera.
18 Dumper	Camión basculante de construcción muy reforzada, de gran maniobrabilidad y apto para todo terreno.
19 Batería de recipientes	Vehículo destinado al transporte de carga en un grupo de recipientes fijos con sistema de conexión entre ellos (ver ADR).
20 Caja cerrada	Vehículo destinado al transporte de mercancías en un receptáculo totalmente cerrado.
21 Capitoné	Vehículo destinado al transporte de mercancías en un receptáculo totalmente cerrado, acolchado o adaptado especialmente en su interior.
22 Blindado	Vehículo destinado al transporte de personas y/o mercancías, de caja cerrada reforzada especialmente mediante un blindaje.
23 Isotermo	Vehículo cuya caja está construida con paredes aislantes, con inclusión de puertas, piso y techo, las cuales permiten limitar los intercambios de calor entre el interior y el exterior de la caja.
24 Refrigerante	Vehículo isotermo que, con ayuda de una fuente de frío, distinto de un equipo mecánico o de «absorción», permite bajar la temperatura en el interior de la caja y mantenerla.
25 Frigorífico	Vehículo isotermo provisto de un dispositivo de producción de frío individual o colectivo para varios vehículos de transporte (grupo mecánico de compresión, máquina de absorción, etc.) que permite bajar la temperatura en el interior de la caja y mantenerla después de manera permanente en unos valores determinados.
26 Calorífico	Vehículo isotermo provisto de un dispositivo de producción de calor que permite elevar la temperatura en el interior de la caja y mantenerla después a un valor prácticamente constante.

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE TERRESTRE
MEDIANTE EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

27 Cisterna	Vehículo destinado al transporte a granel de líquidos o de gases licuados.
28 Cisterna isoterma	Cisterna construida con paredes aislantes que permiten limitar los intercambios de calor entre el interior y el exterior.
29 Cisterna refrigerante	Cisterna isoterma que, con ayuda de una fuente de frío, distinto de un equipo mecánico o de «absorción», permite bajar la temperatura en el interior de la cisterna y mantenerla.
30 Cisterna frigorífica	Cisterna isoterma provista de un dispositivo de producción de frío individual o colectivo para varios vehículos de transporte (grupo mecánico de compresión, máquina de absorción, etc.) que permite bajar la temperatura en el interior de la cisterna y mantenerla después de manera permanente en unos valores determinados.
31 Cisterna calorífica	Cisterna isoterma provista de un dispositivo de producción de calor que permite elevar la temperatura en el interior de la cisterna y mantenerla después a un valor prácticamente constante
32 Góndola	Vehículo cuya plataforma de carga tiene una altura muy reducida.
33 Todo terreno	Automóvil dotado de tracción a dos o más ejes, especialmente dispuesto para circulación en terrenos difíciles, con transporte simultáneo de personas y mercancías, pudiéndose sustituir la carga, eventualmerte, parcial o totalmente, por personas, mediante la adición de asientos, especialmente diseñados para tal fin.
40 Taxi	Turismo destinado al servicio público de viajeros y provisto de aparato taxímetro.
41 Alquiler	Automóvil destinado al servicio público sin licencia municipal.
42 Autoturismo	Turismo destinado al servicio público de viajeros con licencia municipal, excluido el taxi.
43 Ambulancia	Automóvil acondicionado para el transporte idóneo de personas enfermas o accidentadas.
44 Servicio médico	Vehículo acondicionado para funciones sanitarias (análisis, radioscopia, urgencias, etc.)
45 Funerario	Vehículo especialmente acondicionado para el transporte de cadáveres.
46 Bomberos	Vehículo destinado al Servicio de los Cuerpos de Bomberos.
47 RTV	Vehículo especialmente acondicionado para emisoras de radio y/o televisión.
48 Vivienda	Vehículo acondicionado para ser utilizado como vivienda.
49 Taller o laboratorio	Vehículo acondicionado para el transporte de herramientas y piezas de recambio que permiten efectuar reparaciones.
50 Biblioteca	Vehículo adaptado y acondicionado de forma permanente para la lectura y exposición de libros.
51 Tienda	Vehículo especialmente adaptado y acondicionado de forma permanente para la venta de artículos.
52 Exposición u oficinas	Vehículo especialmente adaptado y acondicionado de forma permanente para su uso como exposición u oficinas.
53 Grúa de arrastre	Automóvil provisto de dispositivos que permiten, elevándolo parcialmente, el arrastre de otro vehículo.
54 Grúa de elevación	Vehículo provisto de dispositivos que permiten elevar cargas, pero no transportarlas. (No incluye los vehículos con dispositivos de autocarga).
55 Basurero	Vehículo especialmente construido para el transporte y tratamiento de desechos urbanos.
56 Hormigonera	Vehículo especialmente construido para el transporte de los elementos constitutivos del hormigón, pudiendo efectuar su mezcla durante el transporte.
58 Vehículo para ferias	Vehículos adaptados para la maquinaria de circo o ferias recreativas ambulantes
59 Estación transformadora móvil	Vehículo dotado con los elementos necesarios para la producción de

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE TERRESTRE
MEDIANTE EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

	energía eléctrica.
60 Extractor de fangos	Vehículo dotado de una bomba de absorción para la limpieza de pozos negros y alcantarillas.
61 Autobomba	Vehículo equipado con una autobomba de presión para movimiento de materiales fluidificados.
62 Grupo electrógeno	Vehículo dotado con los elementos necesarios para la producción de energía eléctrica.
63 Compresor	Vehículo destinado a producir aire comprimido y transmitirlo a diversas herramientas o a locales con ambiente enrarecido.
64 Carretilla transportadora elevadora	Vehículo provisto de pequeña grúa u horquilla-plataforma para transportar o elevar pequeñas cargas en recorridos generalmente cortos.
65 Barredora	Vehículo para barrer carreteras y calles de poblaciones.
66 Bomba de hormigonar	Vehículo autobomba especialmente diseñado para movimiento de hormigón fluido.
67 Perforadora	Vehículo destinado a realizar perforaciones profundas en la tierra.
68 Excavadora	Vehículo especialmente diseñado para la excavación o desmonte del terreno, mediante cuchara de ataque frontal, acoplada a superestructura giratoria en plano horizontal.
69 Retro-excavadora	Vehículo especialmente diseñado para la excavación o desmonte del terreno, mediante cuchara de ataque hacia la máquina, acoplada a superestructura giratoria en plano horizontal.
70 Cargadora	Vehículo especialmente diseñado para el desmonte del terreno y para la recogida de materiales sueltos, mediante cuchara de ataque frontal, acoplada a superestructura no giratoria en plano horizontal.
71 Cargadora retro-excavadora	Vehículo provisto de cuchara cargadora en su parte delantera y de otra retroexcavadora en su parte posterior.
72 Trailla	Vehículo que arranca, recoge, traslada y extiende tierras. Si es autopropulsado, es mototrailla.
73 Niveladora	Vehículo que se utiliza para configurar toda clase de perfiles y extender el material arrancado o depositado. Si es autopropulsado, es motoniveladora.
74 Compactador vibratorio	Vehículo especialmente diseñado para la compactación de suelos y materiales mediante su peso y vibración.
75 Compactador estatico	Vehículo especialmente diseñado para la compactación de suelos y materiales exclusivamente mediante su peso.
76 Riego asfáltico	Vehículo destinado a esparcir y extender sobre los diversos pavimentos betún asfáltico fluidificado.
77 Pintabandas	Vehículo usado para realizar líneas de señalizaciones y prescripciones en el suelo.
78 Quitanieves	Vehículo de motor destinado exclusivamente a retirar la nieve de las calzadas y caminos.

Tabla 2. Clasificación de vehículos por criterio de utilización (primer grupo de cifras). Anexo II Reglamento General de Vehículos.

3.2 PARQUE DE VEHÍCULOS

Los sistemas indicados son los utilizados técnica y administrativamente para la clasificación de los vehículos. Sin embargo, para realizar estadísticas sobre los vehículos existentes, un número tan grande de posibles categorías o clasificaciones es poco manejable, por ello, se dividen los vehículos en otros grupos más genéricos, empleados para el control estadístico de los vehículos matriculados en España:

CAMIONES Y FURGONETAS, vehículos destinados al transporte de mercancías
AUTOBUSES, que incluye a los vehículos de transporte de pasajeros que se pueden clasificar como turismo (más de 9 ocupantes)
TURISMOS (que incluye a los vehículos de transporte de pasajeros de hasta 9 ocupantes)
MOTOCICLETAS (motocicletas, ciclomotores, triciclos, cuadriciclos y quads)
TRACTORES INDUSTRIALES (tractores destinados a labores distintas de las agrícolas)
REMOLQUES Y SEMIRREMOLQUES (remolques para el transporte de mercancías)
OTROS VEHÍCULOS (resto de vehículos)

En base a estos grupos, podemos consultar las estadísticas oficiales, para conocer el nº de vehículos, que en España, están matriculados y están obligados a realizar periódicamente una inspección técnica, y por tanto, se podrían ver afectados por una modificación de la inspección que controlara la eficiencia energética de sus motores.

Según los últimos datos publicados por la DGT (Dirección General de Tráfico), y elaborados por el INE (Instituto Nacional de Estadística), correspondientes al año 2012, los vehículos matriculados en España eran los siguientes:

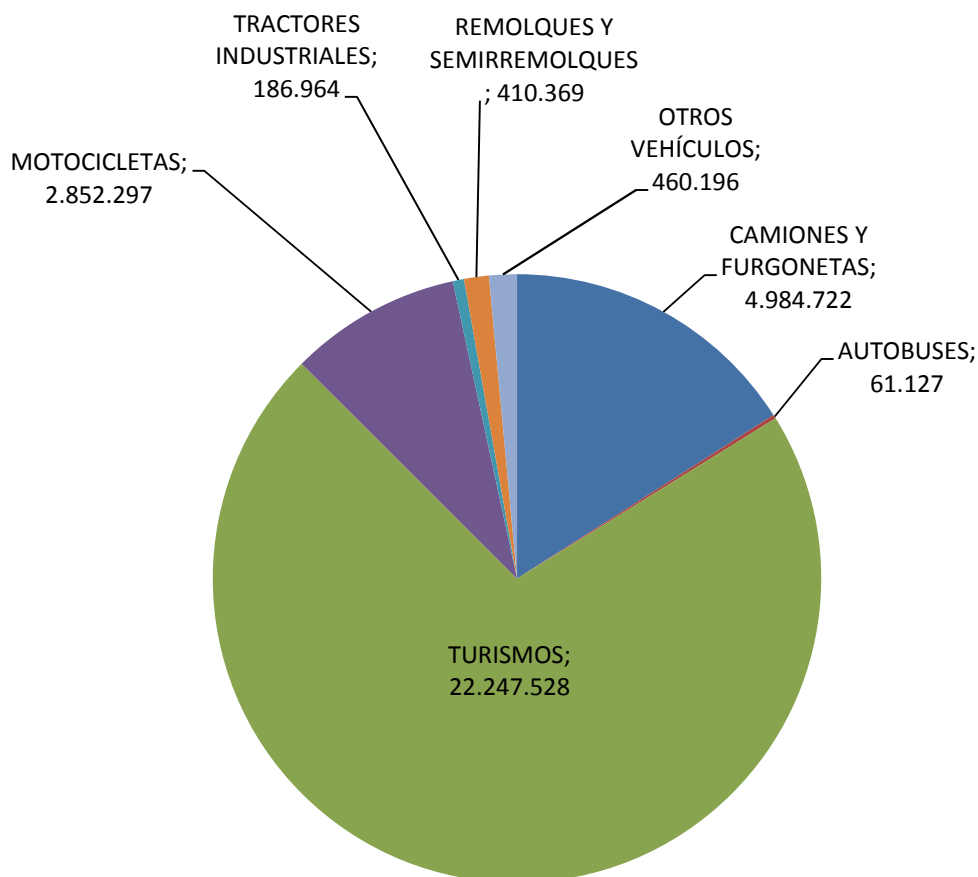


Figura 2. Vehículos matriculados en España. Datos en unidades de vehículos.
Fuente: INE, 2012.

Es decir, a finales del año 2012 en España había matriculados más de 31 millones de vehículos, de los cuales, la mayor parte corresponden a turismos, camiones y furgonetas, y motocicletas.

Si trasladamos estos datos a porcentajes, vemos la siguiente situación:

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE TERRESTRE
MEDIANTE EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

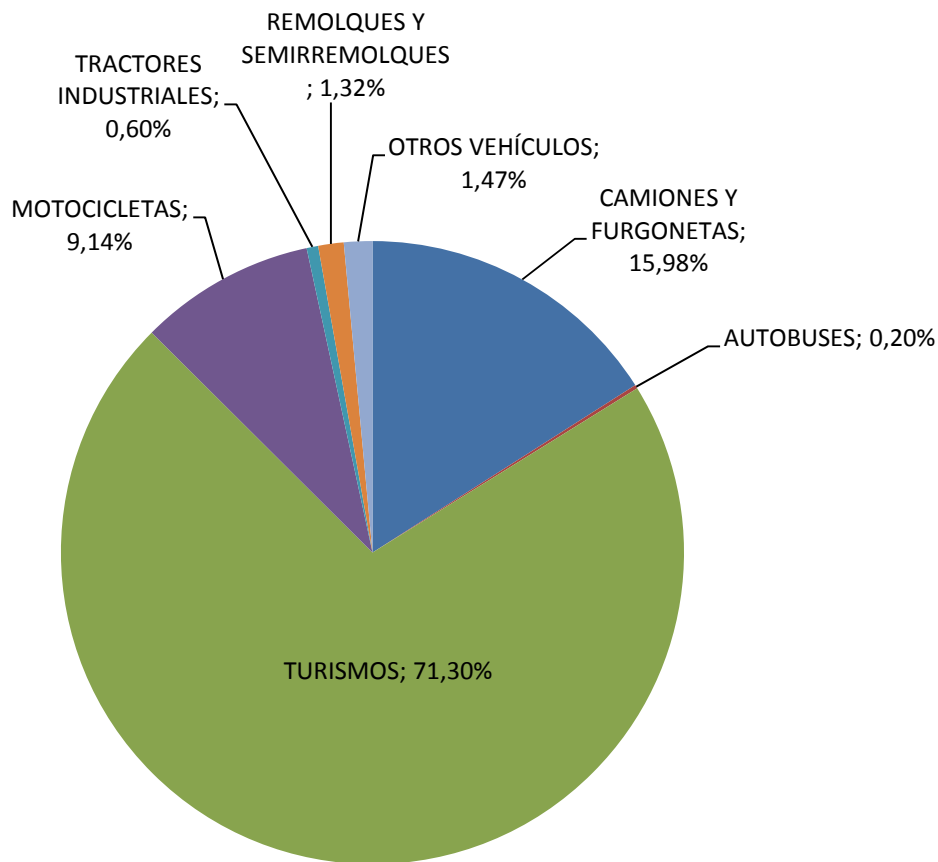


Figura 3. Vehículos matriculados en España. Datos en porcentaje sobre el total de vehículos matriculados. Fuente: INE, 2012.

Vemos que los tres grandes grupos mencionados, turismos, camiones y furgonetas, y motocicletas, suponen el 96% del total de vehículos matriculados en España. Siendo que además, el siguiente grupo en importancia, remolques y semirremolques, por su propia naturaleza, al no tener unidad motriz, no son susceptibles de aplicar los cambios propuestos en este estudio, vemos con claridad, a qué vehículos deben ir enfocados los esfuerzos para aplicar medidas de la eficiencia del funcionamiento de los motores.

A nivel europeo, se utilizan los mismos grupos de clasificación para realizar el control estadístico de los vehículos matriculados, lo que nos permite realizar una comparación directa entre los datos españoles y los datos europeos.

Así, en el año 2012, los vehículos matriculados en la Europa de los 28 (a partir de ahora EU28⁸) eran los siguientes (los datos no son exactos, puesto que algunos de los conceptos en varios países no están disponibles), según los datos disponibles en EUROSTAT.

⁸ Si no se indica lo contrario, los datos incluyen también a los países asociados y/o en vías de incorporación a la UE que proporcionan datos a Eurostat: Islandia, Liechtenstein, Noruega, Suiza, Macedonia y Turquía.

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE TERRESTRE
MEDIANTE EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

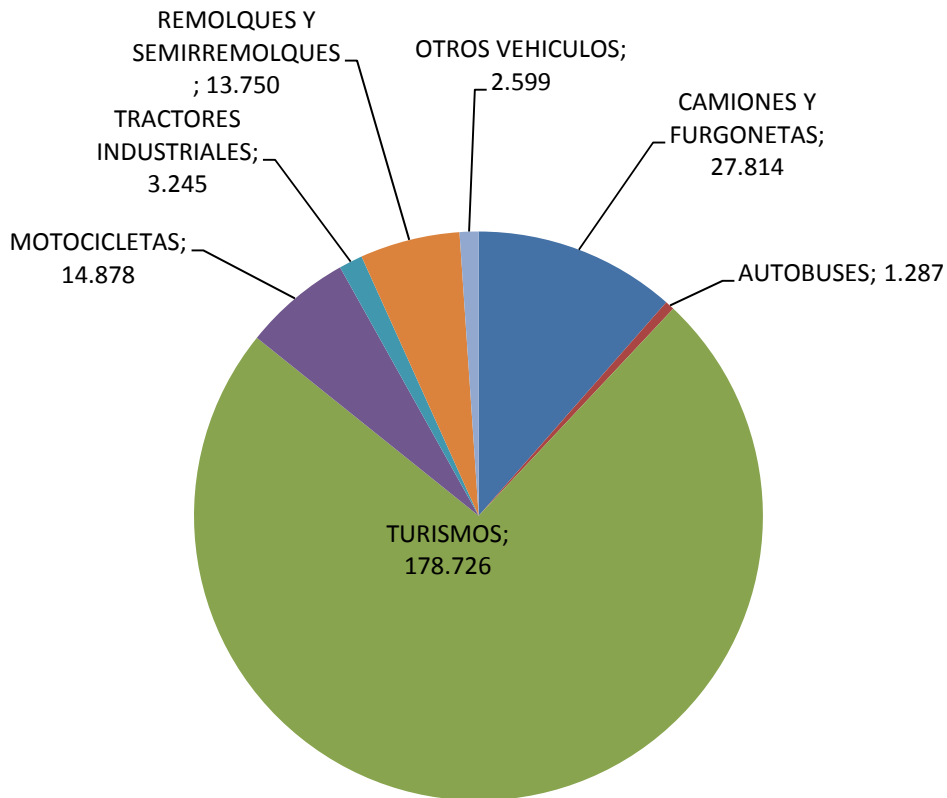


Figura 4. Vehículos matriculados en EU28. Datos en miles de unidades de vehículos.
Fuente: EUROSTAT, 2012.

Es decir, a finales del año 2012 en EU28 había matriculados más de 242 millones de vehículos, de los cuales vemos nuevamente que la mayor parte corresponden a turismos, camiones y furgonetas, y motocicletas, aunque en comparación con los datos españoles, vemos que aumenta significativamente el porcentaje de Remolques y Semirremolques.

Si trasladamos estos datos a porcentajes, vemos que el porcentaje de turismos presenta una variación de 2,46 puntos (71,30% en España, 73,76% en EU28), mientras el porcentaje de motocicletas es mayor en 3 puntos (pasando de más del 9,14% en España a un 6,14% del total en EU28), y el porcentaje de camiones y furgonetas también varía en 4,5 puntos (15,98% en España, 11,48% en EU-28).

Por todo ello, el porcentaje total de la suma de los grupos indicados también presenta una variación significativa, siendo el 96,42% del total de vehículos en España, frente al 91,38% del total de vehículos en EU28.

Sin embargo, como se ha indicado, no se dispone del total de datos correspondientes a EU28, por lo que estos porcentajes podrían variar, aunque no de una manera significativa.

En todo caso, vemos que en cualquiera de los escenarios, la suma de los vehículos de los tres grupos indicados, suponen más del 90% de los vehículos matriculados, por lo

que una inversión en esfuerzos en estos grupos que mejore la eficiencia de sus sistemas motrices proporcionará una importante mejora global.

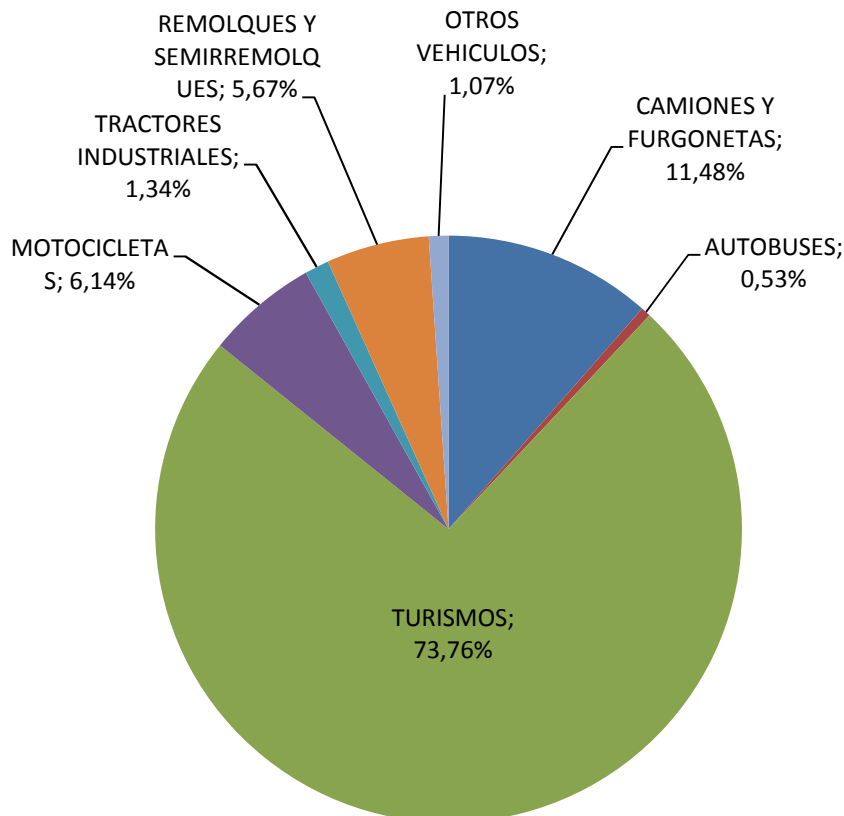


Figura 5. Vehículos matriculados en EU28. Datos en porcentaje sobre el total de vehículos matriculados.
Fuente: EUROSTAT, 2012.

Incluso parece razonable plantear centrar los esfuerzos sólo en el apartado de turismos, que suponen más del 70%, o en la suma de turismos, camiones y furgonetas, que suponen en todos los casos más del 80% del total (Pareto).

Con todo ello, podemos ver que el primer grupo de vehículos sobre los que centrar los esfuerzos, dado que proporcionará un mayor beneficio en cuanto a reducción de emisiones globales, son los turismos.

Además, dadas las propias características del mercado de vehículos, los avances técnicos son más rápidos en este tipo de vehículos que en el resto, permitiendo una posterior aplicación de los avances logrados en ellos al resto de categorías de vehículos.

3.3 TIPOS DE MOTORES

Además del tipo de vehículos, también es importante determinar cuál es el tipo de unidad motriz empleada por estos vehículos.

Ni los consumos energéticos, ni las emisiones contaminantes son iguales para los diversos tipos de motores. Además, debemos contar con que el actual parque de motores debe ir evolucionando con el tiempo, y los actuales motores de combustión de gasolina o diésel irán siendo sustituidos paulatinamente por motores que utilicen

combustibles alternativos (GLP, GNC, biocombustibles,...), y con el paso del tiempo y avances técnicos, por motores eléctricos (tanto de baterías, como de pila de combustible).

Evidentemente, esta sustitución de motores también afectará a factores como la energía consumida (en función del rendimiento energético de dichos motores) y las emisiones contaminantes (en función de la fuente energética primaria y del tipo de motor).

Las emisiones contaminantes globales generadas por los motores variarán a medida que los motores actuales vayan siendo sustituidos por motores nuevos de mayor rendimiento en cuestiones ambientales, o motores que utilicen biocombustibles y combustibles procedentes de fuentes renovables como el biogás, o por supuesto, por motores eléctricos (que son libres de emisiones en su funcionamiento, aunque habrá que tener en cuenta las emisiones generadas en la producción de la energía eléctrica, caso de no ser de fuente renovable).

Así podemos ver, a modo de ejemplo, que un motor actual de gasolina, como el motor Renault Intens Energy Tce 115, presenta un consumo⁹ de 0,504 kWh/km, y unas emisiones de 119 gr CO₂/km¹⁰.

Si lo comparamos con un motor de gasolina similar, pero más antiguo, por ejemplo el motor Renault K4J C7, que tiene unos 15 años de antigüedad, este presentaba un consumo de 0,627 kWh/km, y unas emisiones de 153 gr CO₂/km. Es decir, el motor de gasolina actual muestra una mejora del 20% en cuanto a consumo con respecto al motor de gasolina antiguo, y una mejora del 22% en cuanto a emisiones de CO₂.

En comparación, un motor actual diésel del mismo fabricante y similares características, el Renault Intens dCi95, presenta un consumo de 0,407 kWh/km, y unas emisiones de 106 gr CO₂/km. Es decir, el motor diésel presenta un consumo un 19% menor que el motor de gasolina, con unas emisiones un 11% inferiores.

Si traemos a la comparativa los motores híbridos, como por ejemplo el motor Hybrid e-CVT de Toyota, vemos que este motor presenta un consumo de 0,361 kWh/km, y unas emisiones de 87 gr CO₂/km, es decir, un consumo 28% menor, y una reducción de las emisiones del orden del 27% con respecto al motor de gasolina actual.

Y finalmente, si vemos los valores de consumo que presenta un motor eléctrico, vemos por ejemplo, que el motor del Nissan Leaf presenta un consumo de 0,173 kWh/km, y las emisiones, por supuesto, son nulas. Esto es, un consumo 65% inferior al que presenta un vehículo de gasolina.

⁹ Valores calculados en base a los datos de consumo en l de combustible/100 km facilitados por los fabricantes.

¹⁰ Directiva CEE/93/116 por la que se adapta al progreso técnico la directiva 80/1268/CEE sobre el consumo de combustible de los vehículos a motor. Los consumos indicados son en ciclo combinado.

Esto nos muestra cómo a medida que los motores actuales vayan siendo sustituidos por nuevos motores, de mayor eficiencia y menores emisiones contaminantes, los grandes valores globales en cuanto a consumos energéticos y emisiones contaminantes se irán reduciendo.

A fecha de hoy, este tipo de vehículos son minoritarios, y realmente poco significativos a la hora de influir en los consumos de energía y emisiones de CO₂. Sin embargo, estos datos nos sirven para comprobar como la evolución técnica de los motores, y la aparición de nuevos tipos de sistemas motrices, van produciendo una reducción clara tanto del consumo como de las emisiones de los vehículos, y mostrarnos la importancia de controlar la eficiencia para asegurar que la evolución de los motores tenga resultados efectivos.

Estos valores son teóricos, y se corresponden con el funcionamiento óptimo de los motores. Un motivo evidente para intentar garantizar la máxima eficiencia de los motores actuales y futuros, y reducir lo máximo posible tanto el consumo de combustible (por motivos económicos y medioambientales) como las emisiones de CO₂.

En el año 2012, según Eurostat, había matriculados en EU28 unos 10 millones de vehículos que utilizaran una unidad motriz con combustible alternativo (es decir, distinto de gasolina y gasoil), frente a los más de 242 millones de vehículos matriculados, es decir, apenas algo más del 4% del total de vehículos.

Dentro de estos vehículos están contabilizados vehículos que utilizan GLP (8,78 millones de vehículos), vehículos que utilizan Gas Natural (0,8 millones de vehículos) y vehículos eléctricos (87000 en 2011, último año con datos completos).

Es decir, en 2011, los vehículos eléctricos suponían el 0,035% del parque de vehículos europeo, por lo que en la actualidad suponen un porcentaje totalmente insignificante en cuanto a su influencia en los consumos y emisiones de contaminantes.

Estos datos nos indican que, ya a fecha de hoy, es fundamental tratar de mejorar el funcionamiento de los vehículos con motores convencionales, dado que son absolutamente mayoritarios, y aunque el futuro lleve a una sustitución de estos vehículos por otros menos contaminantes, el periodo de tiempo necesario para la sustitución total del parque móvil será lo suficientemente largo para compensar los esfuerzos que se realicen en esta labor.

Si al analizar el parque de vehículos pudimos comprobar como más del 70% de los vehículos eran del tipo turismo, y por tanto, resultaba conveniente centrarse en ellos para iniciar el estudio de los sistemas que permitan el control de la eficiencia de los motores, al analizar los tipos de motores vemos como el 95% de los motores (actualmente y durante los próximos años) corresponden a motores de combustión, por lo que es en ellos en los que se debe realizar el análisis de eficiencia, dado que es en su mejora dónde se obtendrán mayores beneficios.

Dentro de este porcentaje mayoritario de los motores de combustión, tenemos dos grandes grupos de motores: los motores de explosión, que utilizan gasolina como combustible, y los motores de compresión, que utilizan gasoil. Los datos de Eurostat nos muestran que los motores de gasolina suponen en torno al 63% del total de vehículos, mientras que los motores Diesel suponen en promedio algo más del 32% del total de vehículos.

En caso de tener que elegir, deberían centrarse los esfuerzos en los motores de gasolina, que suponen el mayor porcentaje, aunque la evolución de la técnica permite que se puedan implementar las medidas propuestas para el control de la eficiencia en ambos tipos de motorizaciones sin grandes dificultades.

4. CONSUMO DE ENERGÍA EN LOS VEHÍCULOS

Uno de los aspectos que se ven afectados por la eficiencia en el funcionamiento de las unidades motrices de los vehículos es el consumo de energía.

Diferentes estudios señalan que el 70-80% del consumo de energía de un vehículo se produce durante la fase de su utilización, siendo el resto de la energía consumida durante la fabricación (incluida la producción de los materiales necesarios), suministro del combustible, y reciclaje final del mismo.

Si analizamos la energía consumida por el sector del transporte (en toneladas equivalentes de petróleo), veremos la importancia que tiene en el total el consumo de energía a nivel español y europeo.

Según los datos de Eurostat, correspondientes a los años 2003-2012, a nivel europeo, el consumo energético del sector transporte es, en promedio, un 17% del consumo energético total del espacio EU28.

A nivel español, el peso del consumo energético del sector transporte es aún mayor, ya que supone, en promedio, un 22% del consumo energético total.

En la figura 6 podemos ver la evolución temporal de la citada relación del consumo energético del transporte con respecto al consumo energético total.

Esto refleja la importancia del consumo energético del sector transporte, y por tanto lo importante que sería conseguir una reducción, por la vía del aseguramiento de la eficiencia de los motores, del consumo energético de los vehículos.

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE TERRESTRE
MEDIANTE EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

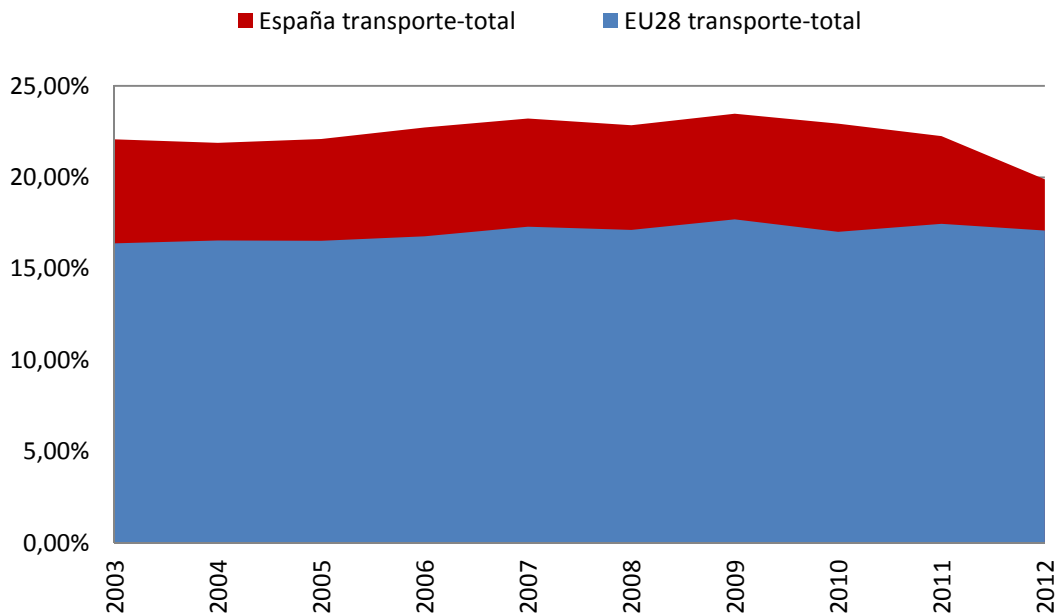


Figura 6. Porcentaje del consumo energético del sector transporte frente al consumo energético total.
Fuente: EUROSTAT, 2012.

En la figura 6 podemos apreciar como a nivel europeo se mantiene constante, con una ligera alza, el porcentaje de consumo energético del sector transporte, con respecto al consumo energético total.

En cambio, a nivel español, podemos apreciar como en los últimos años se ha producido un ligero aumento de dicho porcentaje hasta 2009, y a partir de esa fecha una reducción del porcentaje de consumo energético del sector transporte, con respecto al consumo energético total español.

Analizando los consumos totales energéticos europeos (Figura 7), podemos apreciar cómo, a pesar de existir una reducción del consumo energético total, el consumo energético del sector del transporte se mantiene constante, lo que explica el ligero alza que se veía al estudiar el gráfico anterior.

En cambio, la situación en España (Figura 8 y Figura 9) muestra como hasta 2007 se incrementaban ambos consumos energéticos, produciéndose a partir de esa fecha una importante reducción que explica los porcentajes vistos anteriormente.

Esta disminución en los últimos años del consumo energético del sector transporte en España también se puede apreciar si vemos el porcentaje del consumo energético del sector transporte en España comparado con el consumo energético del sector transporte en EU28, es decir, el peso del consumo energético del transporte español comparado con el total europeo (figura 10).

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE TERRESTRE
 MEDIANTE EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

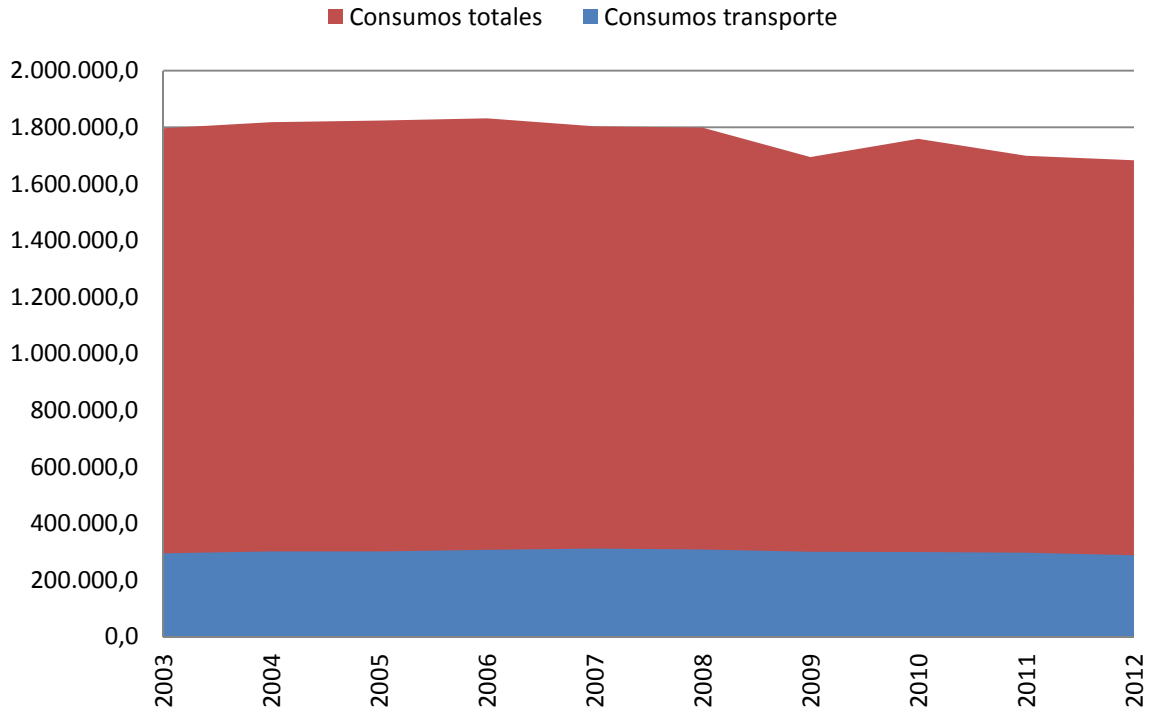


Figura 7. Consumos energéticos en EU28 en miles de Toneladas Equivalentes de Petróleo. Fuente: EUROSTAT, 2012.

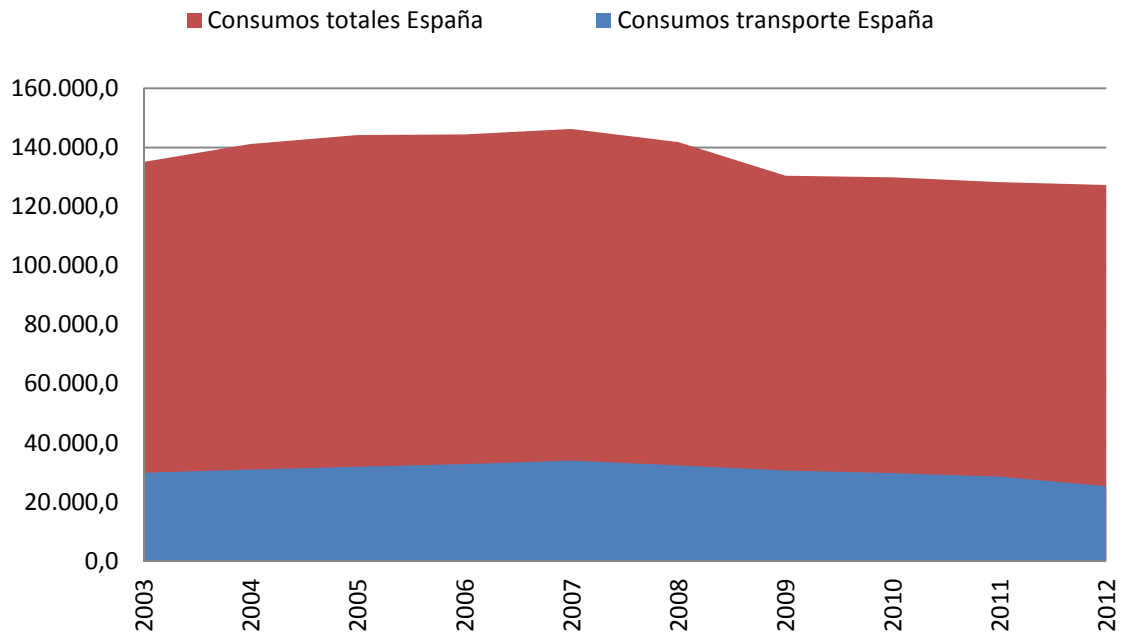


Figura 8. Consumos energéticos en España en miles de Toneladas Equivalentes de Petróleo. Fuente: EUROSTAT, 2012.

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE TERRESTRE
MEDIANTE EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

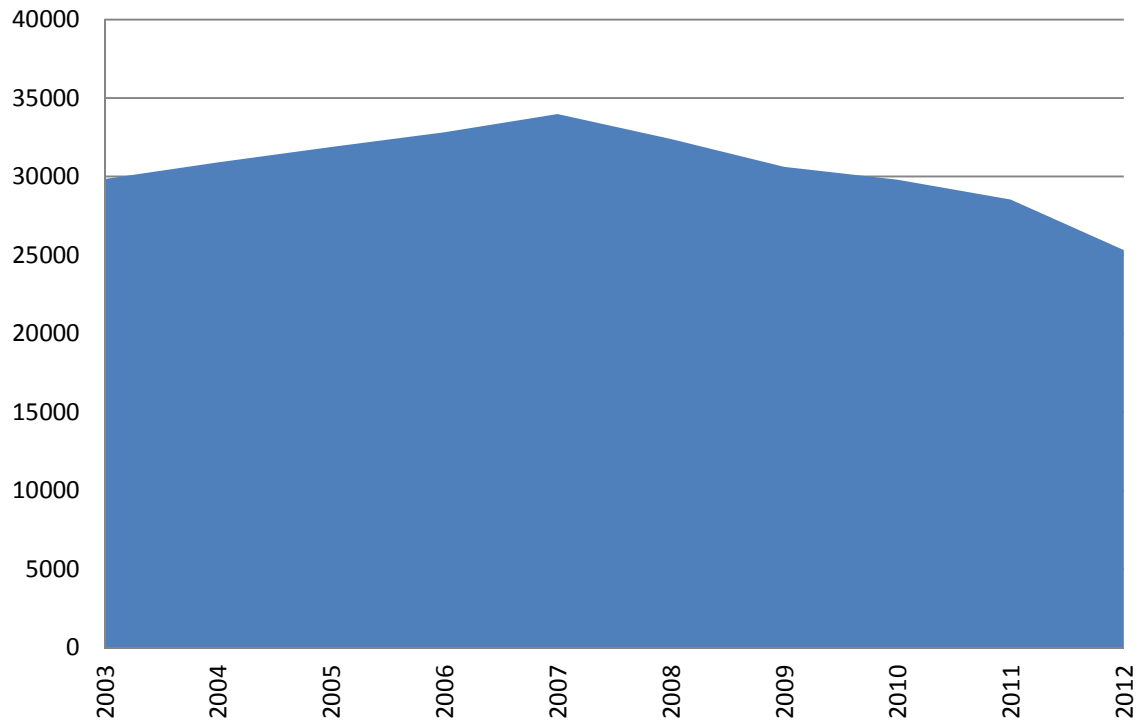


Figura 9. Consumos del sector transporte en España en miles de Toneladas Equivalentes de Petróleo. Fuente: EUROSTAT, 2012.

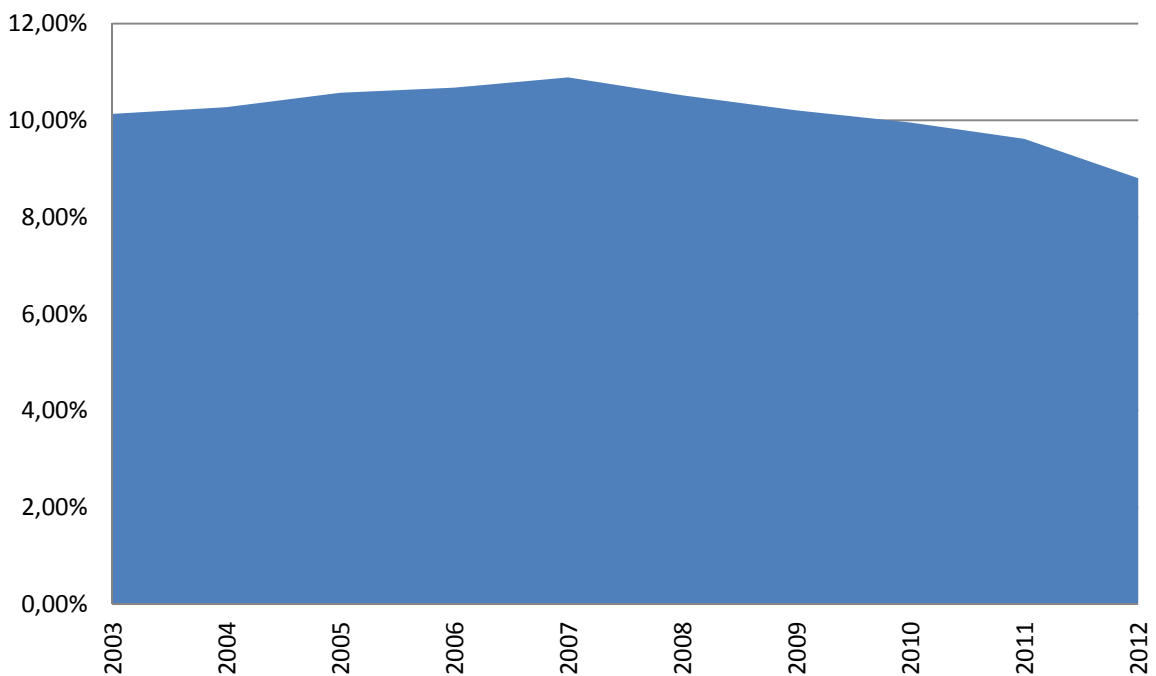


Figura 10. Porcentaje del consumo energético del sector transporte en España frente al consumo energético del sector transporte en EU28. Fuente: EUROSTAT, 2012.

Vemos como subió desde el 10% del total europeo hasta casi representar un 11% en 2007, y a partir de esa fecha, comenzó a disminuir, hasta representar un 8,8% en 2012.

En todo caso, el consumo energético español supone una parte importante del consumo energético total de EU28.

Como visión global, el consumo energético del sector transporte ha venido aumentando, ligeramente, en los últimos años en EU28, pero en comparación, durante el mismo periodo, en España se ha producido una reducción tanto del consumo neto del sector, como de la proporción que representa en el consumo energético del transporte en EU28.

Una mejora de la eficiencia de las unidades motrices de los vehículos, debería verse reflejada en una reducción del consumo energético global, tanto a nivel europeo como español, así como una reducción del porcentaje que supone el consumo energético del sector transporte en el consumo energético global.

Esta reducción del consumo energético producido por el aseguramiento de la eficiencia energética de los vehículos, es el mecanismo que debe financiar los esfuerzos para establecer los métodos que permitan controlar la eficiencia.

A los precios actuales del petróleo (que han ido bajando en los últimos años), y con los consumos energéticos mostrados, una reducción del 1% que se consiga en el consumo energético del sector transporte en España, supondría un ahorro que se puede valorar en 135 millones de euros al año.

Si llevamos este ahorro a nivel europeo, el ahorro estimado por la energía no consumida por el sector transporte, con una reducción del 1%, sería de 1535 millones de euros al año.

Desde luego, estamos hablando de unas cantidades interesantes para promover medidas en este sentido, desde el punto de vista económico.

Otro punto de vista en este aspecto es que la reducción del consumo energético, supone asimismo una mayor independencia energética, en un contexto actual de grandes tensiones debidas a los suministros energéticos, lo que siempre es interesante.

5. EMISIONES CONTAMINANTES DE LOS VEHÍCULOS

Otro aspecto que se vería afectado por una mejora de la eficiencia de funcionamiento de las unidades motrices de los vehículos sería el de las emisiones contaminantes.

Evidentemente, las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por el funcionamiento de los vehículos de transporte por carretera tienen una gran importancia. Representan un porcentaje importante del total de las emisiones generadas en la EU28, ascendiendo desde el 17,8% de 2003 al 19% de 2012.

Las emisiones del sector del transporte se han mantenido constantes o incluso han disminuido ligeramente, pero la fuerte disminución del total de emisiones hace que haya aumentado su peso en el global de las emisiones europeas, como puede verse en la figura 11.

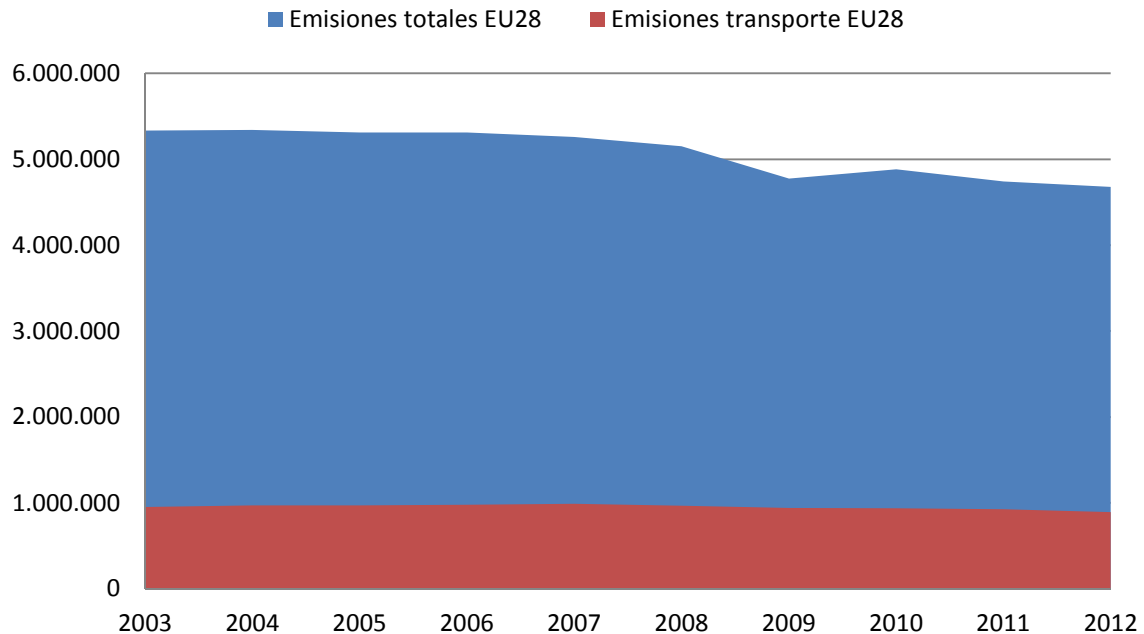


Figura 11. Emisiones en EU28 totales y del sector transporte, en miles de Toneladas Equivalentes de CO₂.
Fuente: EUROSTAT, 2012.

De hecho, es bastante mayor el porcentaje de las emisiones generadas por el sector transporte en EU28 (Figura 11), que el total de emisiones generadas por España (Figura 12), que están en promedio situadas en el 8% del total europeo.

Esto nos da idea de la importancia de las emisiones del sector transporte en el conjunto europeo.

Si analizamos las emisiones españolas (Figura 13), vemos de nuevo la importancia en el total del sector transporte, ya que a nivel español, las emisiones generadas por el transporte por carretera tienen aún más peso que a nivel europeo, habiendo representado en 2010 y 2011 más del 25% de las emisiones globales en España, aunque disminuyendo al 22,76% en 2012.

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE TERRESTRE
 MEDIANTE EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

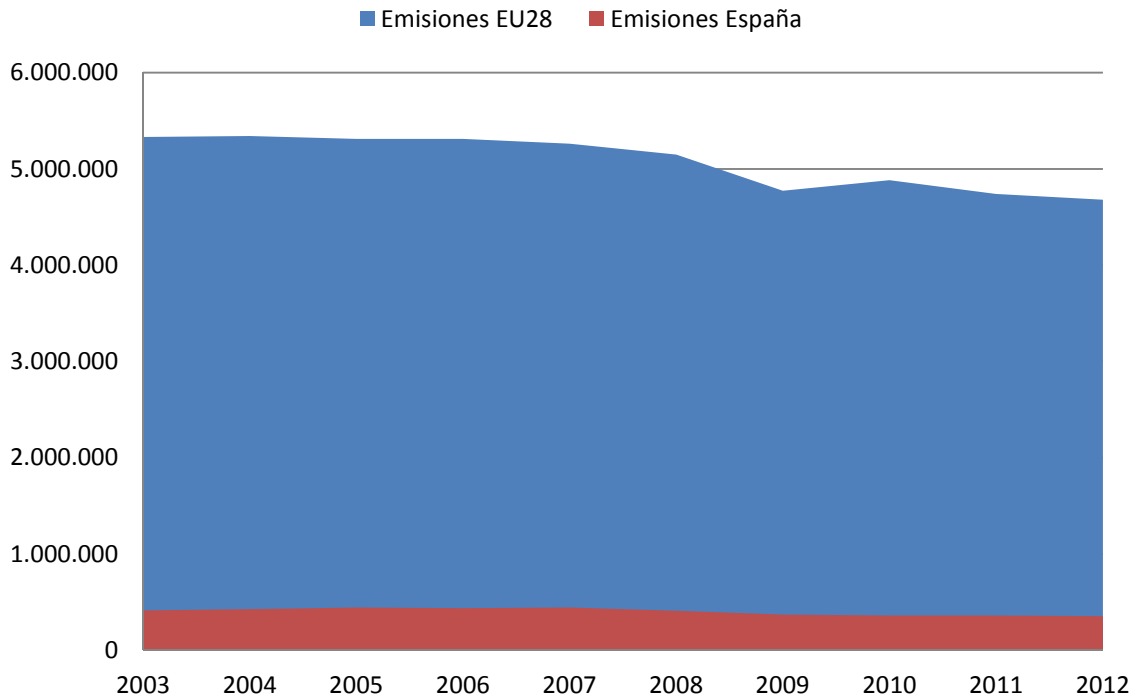


Figura 12. Emisiones totales en EU28 y España, en miles de Toneladas Equivalentes de CO₂. Fuente: EUROSTAT, 2012.

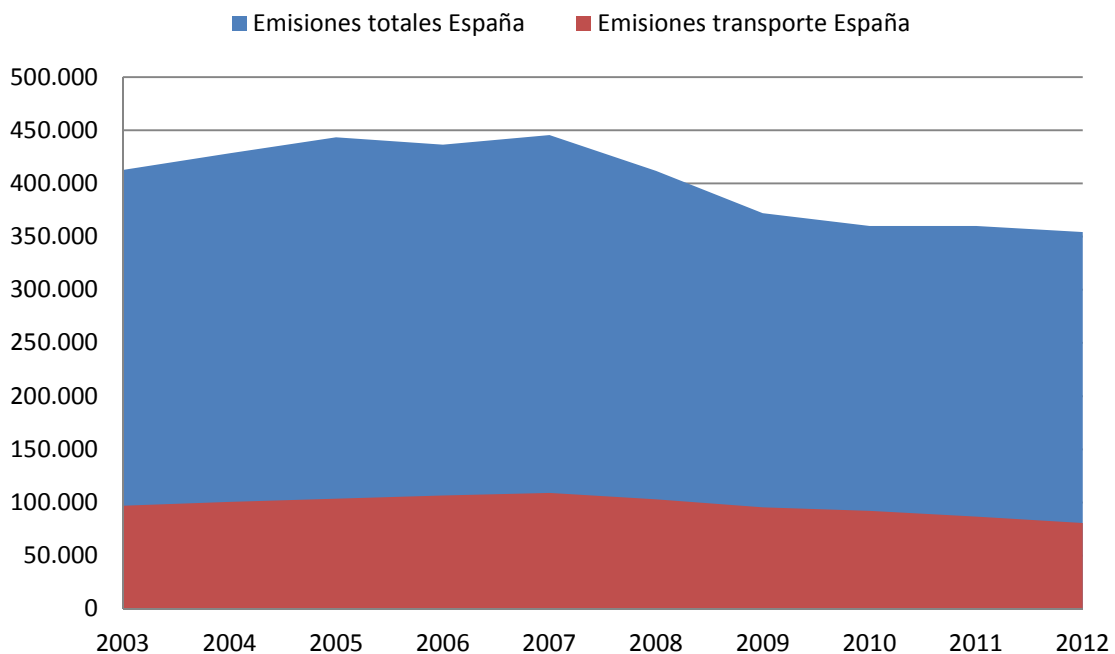


Figura 13. Emisiones totales y del sector transporte en España, en miles de Toneladas Equivalentes de CO₂. Fuente: EUROSTAT, 2012.

Un indicador más de la importancia de las emisiones del sector transporte en España, viene reflejado en la siguiente gráfica (Figura 14). En ella se muestra el peso de las emisiones totales y del sector transporte en España, comparadas con el total europeo.

Vemos como las emisiones totales de gases de efecto invernadero en España suponen de promedio el 8% de las emisiones totales europeas. En cambio, las emisiones generadas por el sector del transporte en España, han supuesto durante varios años más del 10% del total de las emisiones del sector del transporte en Europa, aunque en los últimos años este porcentaje va disminuyendo.

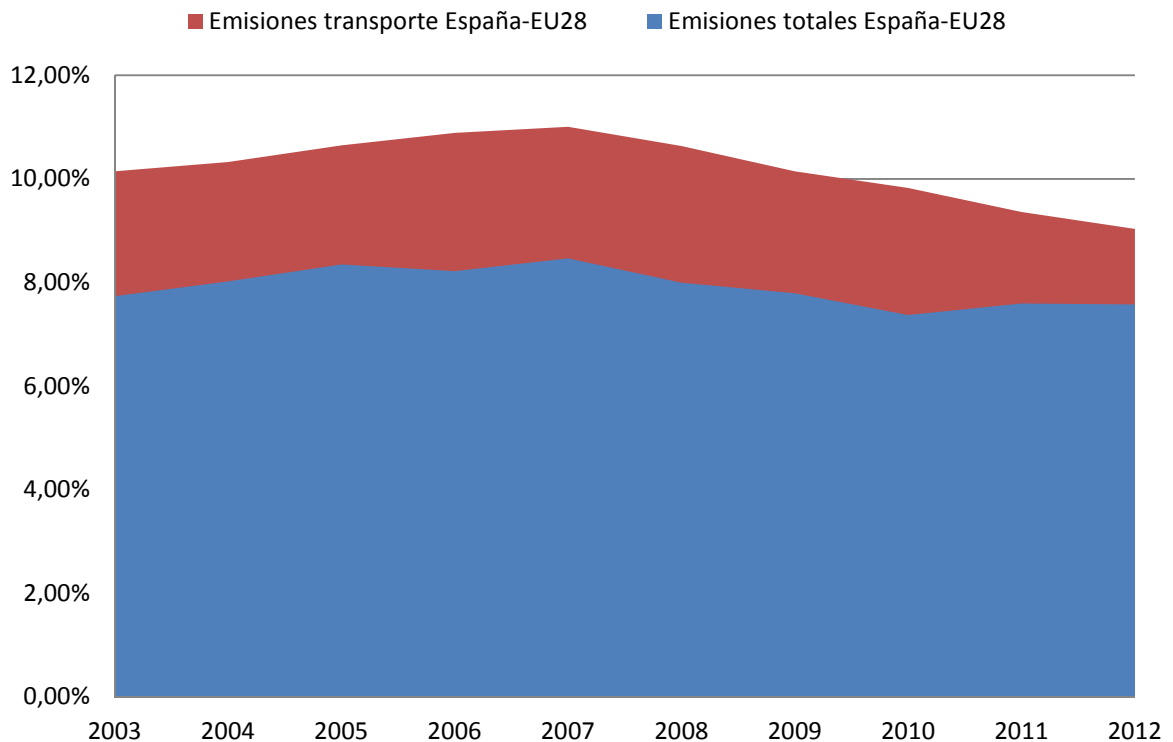


Figura 14. Porcentaje de emisiones totales en España respecto a totales en EU28, porcentaje de emisiones sector transporte en España respecto a sector transporte en EU28. Fuente: EUROSTAT, 2012.

Para resumir, al hablar del sector del transporte en EU28, estamos hablando de unas emisiones anuales (2012) de 900 millones de Tm equivalente de CO₂. Esta cantidad, comparada con los 36000 millones de toneladas de CO₂ que se emitieron en 2013 o los 40000¹¹ millones de toneladas que se estima se emitirán este año 2014 a la atmósfera, en el global del planeta, puede parecer insignificante.

Sin embargo, hay que tener en cuenta algunos factores. Las cifras que estamos manejando son relativas al transporte europeo, que en estos momentos tiene el sector de transporte más “limpio” a nivel mundial, por lo que a nivel de todo el planeta las emisiones generadas por el sector transporte serán significativamente mayores.

Y si a ello se sumamos las emisiones indirectas generadas (como las emisiones producidas en la fabricación de los combustibles), vemos que el sector del transporte por carretera en un capítulo con importantes posibilidades de ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero, ahorros que pueden venir en parte por un aseguramiento de la eficiencia de funcionamiento de los motores, objeto de este estudio.

¹¹ Datos de “Global Carbon Project”.



Figura 15. Mapa de emisiones de CO₂. Fuente: Global Carbon Atlas, www.globalcarbonatlas.org.

En el mapa anterior podemos ver cuáles son las áreas geográficas más importantes en cuanto a emisiones de CO₂, y en el gráfico siguiente, agrupadas por continentes, las emisiones de CO₂ a la atmósfera, con los valores numéricos exactos. Podemos apreciar que Europa en su conjunto (incluidos los países que no forman parte de la UE28, como Rusia) supone el 16% de las emisiones de CO₂ del planeta.

Territorial (MtCO₂)

Rank	Country	MtCO ₂
1	Asia	16797
2	North America	6203
3	Europe	5862
4	Middle East	2242
5	South America	1213
6	Africa	1207
7	Oceania	382
8	Central America	186

Figura 16. Distribución por áreas geográficas de emisiones de CO₂, en miles de Toneladas Equivalentes de CO₂. Fuente: Global Carbon Atlas, www.globalcarbonatlas.org.

Descontando a las emisiones de Europa las correspondientes a la Federación Rusa, vemos que a grandes rasgos, las emisiones de CO₂ de la UE suponen el 10% mundial, por lo que si extrapolamos directamente estas cifras, para hacernos una idea genérica

de qué supone el transporte mundial por carretera en cuanto a emisiones, estaríamos hablando de que las emisiones de CO₂ producidas por este concepto pueden ser de unos 9000 millones de toneladas de CO₂, es decir, casi un 25% del total de las emisiones.

Una cantidad a tener en cuenta, y que merecería la pena intentar reducir.

Si antes comentábamos como la reducción del consumo energético en el sector de transporte que podía producirse por una mejora de la eficiencia energética de los motores podía suponer importantes ahorros, la reducción en las emisiones de CO₂ que se puede generar por el mismo motivo también puede generar importantes ahorros económicos, aparte de las evidentes ventajas medioambientales que supone.

Es perfectamente conocido que las emisiones de CO₂ son la principal causa del conocido como efecto invernadero, el cual a su vez es uno de los factores que tienen como consecuencia el calentamiento global que sufre el planeta, el cual, tal como ha indicado el IPCC en sus últimos informes, tiene su origen en las actividades humanas.

Los costes económicos derivados del calentamiento global que sufre el planeta son difíciles de calcular. Quizás el cálculo más conocido sea el establecido por el Informe Stern, realizado en 2006, que *grosso modo*, calcula que el costo del calentamiento global, en caso de no realizar acciones para reducirlo, podría llegar al 20% del PIB mundial, siendo en cambio necesario únicamente un 1% del PIB global para desarrollar medidas que lo reduzcan.

No es el objetivo de este trabajo calcular los ahorros económicos producidos por la reducción de emisiones que se conseguirían con el control de la eficiencia de los motores de los vehículos, pero es un elemento más a sumar a lo indicado anteriormente en cuanto a los ahorros económicos producidos por la reducción de consumo energético, para justificar desde el punto de vista económico la necesidad de realizar esfuerzos encaminados a controlar y garantizar la eficiencia de los motores de los vehículos.

6. METODOLOGÍA

Se ha contemplado hasta ahora la importancia de controlar la eficiencia de funcionamiento de los motores de los vehículos, definiendo que ventajas puede suponer tanto en ahorro energético como en reducción de emisiones contaminantes.

También se ha analizado el conjunto de vehículos en los que convendría realizar los esfuerzos para integrar métodos y sistemas de control de la eficiencia.

Además, se ha definido el instrumento para realizar el control (ITV), y se ha planteado un posible procedimiento para realizar dicho control.

Ha llegado por tanto el momento de definir la metodología para realizar el procedimiento de control de la eficiencia.

Tal como se ha comentado, la ITV es el mecanismo utilizado para controlar el estado de mantenimiento y funcionamiento de los vehículos en circulación, siendo un sistema articulado por cada país, con sus propias singularidades, pero en general basado en una serie de directivas europeas que regulan la inspección técnica de los vehículos.

Una de las características comentadas que debe tener la inspección es que debe ser realizada en un tiempo corto, de un modo simple, sin realizar desmontajes en el vehículo, de forma barata y con herramientas disponibles en el momento de la definición del método. Además, debe ser efectiva a la hora de alcanzar los objetivos que se marca la propia inspección.

Así mismo, hemos visto como la nueva directiva 2014/45/UE que entrará en vigor en 2018, define una nueva herramienta, que puede (y debe) ser utilizada en el futuro para realizar las inspecciones, y que se puede utilizar para, además de la misión inicialmente encomendada, controlar de un modo sencillo la eficiencia de funcionamiento de los motores de los vehículos.

Dicha herramienta es el DAB, así como la base de datos que le acompaña (proporcionada por los fabricantes de los vehículos), y un sistema de protocolos comunes que permitan la inspección en una estación de ITV de cualquier marca o modelo de vehículo equipado con dicho sistema (la directiva se refiere a vehículos Euro 6 y Euro VI pudiendo extenderlo hasta los Euro 5 y Euro V, y la evolución técnica incluirá los vehículos de los siguientes niveles de emisiones).

Para cada tipo de motor, es necesario definir una serie de parámetros que puedan ser controlados mediante los sistemas DAB, y que permitan, mediante su análisis, determinar el rendimiento de funcionamiento del motor en el momento de la inspección, comparado con el rendimiento óptimo que debería tener el motor según el diseño y especificaciones del fabricante.

Para un motor de gasolina, los parámetros a controlar serán unos (dosado, rpm, temperatura gases escape,...), mientras que en un diésel podrán ser diferentes (presión de inyección, presión en la cámara de combustión, temperatura o presión de los gases de escape,...), así como en híbridos, GLP, GNC, eléctricos, etc, cambiarán en base a su sistema de funcionamiento.

Una vez definidos los parámetros, se deben establecer los límites admisibles para cada tipo o modelo de motor, en base a la tipología de los mismos, y junto a los datos aportados por los fabricantes, establecer para cada motor los valores de los parámetros objeto de estudio, así como los valores de eficiencia admisibles. Esta definición tiene gran importancia, dado que los límites admisibles tendrán una influencia directa en los costes y beneficios económicos asociados a la actuación.

La combinación de estos parámetros permitiría calcular el rendimiento en cada instante a lo largo del tiempo de funcionamiento del motor, de modo que en el momento de la inspección se pueda determinar el rendimiento de la unidad motriz, así como registrar un histórico del rendimiento del motor a lo largo de su utilización, de

modo que en la inspección se analice dicho histórico para determinar el resultado de la misma.

Una vez establecido el método, el siguiente paso es que los propios fabricantes determinen para sus motores los límites admisibles de dichos parámetros, para mantener la eficiencia de los motores en un intervalo que sería definido por la normativa, dado que son quienes conocen en detalle la técnica y el funcionamiento de los mismos, y cómo las variaciones de los parámetros objeto de estudio pueden afectar a la eficiencia de los motores.

Por tanto, se debe realizar una labor conjunta entre legisladores y fabricantes para determinar los valores adecuados para cada tipo de motor, y poder así establecer unos valores correctos y adecuados, tanto al objetivo de reducción de consumos y emisiones, como a la viabilidad económica y técnica de la inspección y uso de los vehículos.

Un paso necesario para controlar la eficiencia de los motores, es disponer de la referencia con la que comparar los valores obtenidos. Los fabricantes deben definir, en base a los criterios y parámetros que se estandaricen, los rendimientos teóricos o de diseño que deben tener los motores, de modo que se pueda comparar con esos rendimientos el que se está obteniendo durante la inspección, para así poder determinar si la unidad motriz objeto de inspección está en unos niveles de eficiencia aceptables.

Es por ello necesario generar una base de datos, accesible y actualizada, en la que los fabricantes vuelquen los valores para cada uno de sus motores, y en base a ella, establecer una herramienta (informática) que permita comparar los valores tomados de los vehículos con los proporcionados por los fabricantes para poder analizar el estado de la eficiencia del motor sujeto a inspección. Esta base de datos tiene tanta importancia como el propio sistema DAB de comunicación con el vehículo.

Cómo se indicó antes, esto ya es una exigencia de la nueva directiva 2014/45/UE, que recoge que para los vehículos que se ajustan a las categorías de emisiones Euro6 y Euro VI y que dispongan de sistemas de diagnóstico a bordo (DAB), se puedan sustituir su utilización a las pruebas de emisiones estándar que se realizan en las inspecciones, y establece que se debe incorporar a la inspección los avances técnicos que se vayan produciendo.

Más concretamente, se especifica lo siguiente en las consideraciones [10], [17] y [22]:

[10] Para los vehículos que se ajusten a las categorías de emisiones Euro 6 y Euro VI, los sistemas de diagnóstico a bordo (DAB) están logrando una mayor eficacia a la hora de evaluar las emisiones, lo cual permite utilizarlos como un equivalente a los controles estándar de las emisiones a efectos de las inspecciones técnicas. A fin de prever el uso de los DAB en los controles técnicos de los vehículos hasta las categorías de emisiones Euro 5 y Euro V, **los Estados miembros deben estar en condiciones de permitir este método de inspección, con arreglo a las recomendaciones del**

fabricante y otros requisitos, para dichos vehículos, siempre que la equivalencia, teniendo en cuenta la legislación pertinente en materia de homologación cuando proceda, haya sido comprobada de forma independiente con arreglo a las recomendaciones del fabricante y otros requisitos.

[17] Para inspeccionar los vehículos, especialmente sus sistemas electrónicos de seguridad, **es fundamental tener acceso a las especificaciones técnicas de cada uno de ellos. Por consiguiente, los fabricantes tienen que proporcionar los datos necesarios para verificar el funcionamiento correcto de los componentes de seguridad y de protección del medio ambiente.** Del mismo modo, las disposiciones aplicables al acceso a información sobre las reparaciones y el mantenimiento de un vehículo **deben permitir a los centros de inspección acceder a esos datos necesarios para las inspecciones técnicas.** Estos datos deben incluir especificaciones que permitan controlar el funcionamiento de los sistemas de seguridad de los vehículos de forma que puedan ser examinados en un contexto de inspecciones técnicas periódicas. **Estas disposiciones son fundamentales, sobre todo en el ámbito de los sistemas con control electrónico, y deben aplicarse a todos los elementos instalados por el fabricante.**

[22] La inspección técnica debe referirse a todos los elementos que guarden relación con el diseño, la construcción y el equipamiento específicos del vehículo inspeccionado. La compatibilidad entre las partes y los componentes, como entre las ruedas y los bujes, debe considerarse un aspecto fundamental de seguridad y, por tanto, comprobarse durante las inspecciones técnicas. **Teniendo en cuenta el estado actual de la tecnología de los vehículos, entre los elementos que deben inspeccionarse figuran los sistemas electrónicos modernos. Para armonizar las inspecciones técnicas de vehículos, deben preverse métodos de ensayo recomendados para cada uno de los elementos inspeccionados. Dichos elementos deben actualizarse de manera que se tenga en cuenta el desarrollo de la investigación y los progresos técnicos en materia de seguridad de los vehículos.**

Esta base de datos actualizada, y la herramienta que permita la comparación de los datos obtenidos del vehículo con los datos proporcionados por los fabricantes, suponen un método de inspección que cumple con los requisitos marcados en la actual normativa, y en la directiva 2014/45/UE, que deben ser cumplidos al realizar la Inspección Técnica de los vehículos, y por tanto puede ser un método válido para realizar el control de la eficiencia de los motores de los vehículos.

La herramienta que permita la comparación de los datos será el conjunto de parámetros a considerar para cada tipo de motores, el cálculo en función de estos de la eficiencia del motor, y las reglas que se establezcan para compararlos con los datos dados por los fabricantes. Podría adoptarse la forma de una Norma Internacional, Reglamento CEPE/ONU, Reglamento Europeo o Directiva Europea, etc.

Esta herramienta se podría articular en diversas aplicaciones informáticas (cada proveedor de servicios podría generar su propia aplicación, cumpliendo las premisas

prescritas por la herramienta establecida), de forma que se facilitara su implantación en los diversos países que se implicaran en la aplicación del control de la eficiencia.

En resumen, el método consiste en la aplicación de los siguientes 3 elementos:

- 1) Conexión estandarizada con el sistema DAB del vehículo, y protocolo de comunicación común, que permita la conexión en cualquier estación de ITV
- 2) Base de datos proporcionada por los fabricantes con los valores de los diversos parámetros a analizar para cada tipo de motor, y las eficiencias resultantes para cada motor
- 3) Herramienta informática que analice los datos procedentes del sistema DAB, calculando la eficiencia del motor, y realiza la comparación con los valores de la base de datos proporcionada por los fabricantes, para ofrecer la desviación de la eficiencia real del motor del vehículo respecto a la teórica definida por el fabricante.

7. MOTORES ALTERNATIVOS DE COMBUSTIÓN INTERNA

En el sector de los vehículos de transporte por carretera, lo más habitual es encontrarnos con motores alternativos de combustión interna (MACI), siendo totalmente minoritario el uso de otros tipos de motores de combustión, como pueden ser los motores rotativos (motor Wankel).

Los motores alternativos de combustión interna que se utilizan en los vehículos pertenecen a dos grupos: los de encendido provocado (MEP) y los de encendido por compresión (MEC).

A pesar de presentar similitudes, existen grandes diferencias en su funcionamiento y construcción, que van desde el uso de distintos combustibles, distintas características constructivas o distinto sistema de ignición de la mezcla (la diferencia fundamental que marca el resto de diferencias).

Así, algunas de las diferencias más significativas de estos motores son:

- En los motores MEP la mezcla se forma durante el ciclo de admisión, mientras que en los motores MEC la mezcla se realiza al final del ciclo de compresión.
- El encendido de la mezcla en los motores MEP es provocado por una chisma eléctrica (definiendo el tipo de motor), mientras en los motores MEC el encendido se realiza por la auto inflamación del combustible (debida a la compresión de la mezcla de aire y combustible).
- Los motores MEP suelen utilizar como combustibles los siguientes compuestos: gasolina, GLP, GN, etanol, biogás, gas pobre. En cambio, los motores MEC suelen utilizar como combustible los siguientes compuestos: Gasoil, biocombustibles.

- En el proceso de admisión, en motores MEP el fluido que se introduce en el cilindro es la mezcla de aire y combustible, mientras que en motores MEC el fluido que se introduce en el cilindro en el proceso de admisión es exclusivamente aire, produciéndose posteriormente la inyección del combustible en el cilindro.
- Los motores MEP trabajan con unas relaciones de compresión que varían generalmente desde 8 hasta 11. En cambio, los motores MEC trabajan con valores de relación de compresión que pueden variar de 12 a 23.
- El dosado de los motores MEP está generalmente en torno a 1, mientras que en motores MEC el dosado se mantiene en valores entre 0,4 y 0,7, es decir, trabajando siempre con mezcla pobre.

Debido a estas diferencias, a pesar de que los parámetros de funcionamiento de los motores MEP y MEC que se utilizan para determinar la eficiencia de funcionamiento son los mismos, los valores de estos parámetros en los que los motores deben funcionar son totalmente diferentes.

Los fabricantes deben relacionar para cada tipo de motor los valores de los parámetros de funcionamiento (los indicados anteriormente y otros, como régimen de giro, mapeados de inyección de combustible, temperatura del combustible, caudales, presión y temperatura de aire, ...) que permitan determinar de la manera más exacta posible el valor de la eficiencia de funcionamiento del motor, parámetros que deben poder ser medidos por los sistemas de gestión electrónica del motor, de modo que puedan extraerse y comprobarse mediante los sistemas DAB de los vehículos.

Vistas las diferencias entre ambos tipos de motores, veremos que para calcular la eficiencia de funcionamiento de un MACI, es necesario tener en cuenta varios puntos de vista. Veamos cómo pueden influir los parámetros indicados en el cálculo de la eficiencia del motor.

A continuación, se muestra un posible método de cálculo de la eficiencia, que podría ser aplicado.

7.1 EFICIENCIA O RENDIMIENTO TOTAL

La eficiencia total del motor se puede calcular en base a los valores de tres medidas distintas de la eficiencia, mediante la siguiente expresión:

$$\eta_{\text{Total}} = \eta_m \cdot \eta_t \cdot \eta_v$$

Siendo valores típicos, a modo orientativo, de la eficiencia total:

$$\text{Motores MEP: } 0,26 < \eta_{\text{Total}} < 0,30$$

$$\text{Motores MEC: } 0,32 < \eta_{\text{Total}} < 0,36$$

Los tres componentes de la expresión que se utilizan para calcular la eficiencia total del motor son:

η_m : Eficiencia Mecánica

η_t : Eficiencia Térmica

η_v : Eficiencia Volumétrica

Cada una de estas eficiencias puede ser calculada por separado, en base a parámetros de funcionamiento del motor, de modo que obtengamos un valor final que nos indique el estado de funcionamiento del motor.

7.1.1 Eficiencia Mecánica η_m

La eficiencia mecánica de un motor es la relación entre la potencia teórica que debería tener el motor, y la potencia efectiva. En realidad, supone la cuantificación de las diversas pérdidas de origen mecánico que tiene un motor, como son las debidas a los rozamientos en los pistones, en los rodamientos, muñequillas, etc. por un lado, y el consumo de energía propio del motor para su funcionamiento, es decir la energía empleada para el accionamiento de válvulas, sistema de lubricación, refrigeración, inyección, etc., por el otro.

La eficiencia mecánica del motor (es decir las pérdidas mecánicas que sufre) varía según diversos parámetros de funcionamiento, disminuyendo generalmente con el incremento de la velocidad de giro del motor.

En motores tipo MEP nos encontramos habitualmente con valores $0,72 < \eta_m < 0,83$

En motores tipo MEC nos encontramos habitualmente con valores $0,76 < \eta_m < 0,80$

Los fabricantes determinarán y dispondrán los medios para registrar los parámetros de funcionamiento de motor necesarios para determinar en cada momento la eficiencia mecánica (o las pérdidas mecánicas, si se prefiere) de funcionamiento del motor, indicando en cada tipo o modelo de motor, cuales son los valores de funcionamiento correctos, de modo que se pueda comparar los valores leídos durante la realización de la inspección con los valores que deberían presentar los motores.

7.1.2 Eficiencia Térmica η_t

Es la relación entre la potencia entregada por el motor como potencia útil y la energía potencial del combustible consumido. Es decir, cuantifica la eficiencia del motor a la hora de utilizar la energía proporcionada mediante el combustible, indica la eficiencia del motor como máquina.

Para realizar el análisis de la eficiencia térmica del motor, se debe analizar el consumo específico del motor a distintos regímenes de funcionamiento y bajo diversos estados de carga. Evidentemente, cuanto menor sea el consumo específico, mayor es la eficiencia del motor.

Como todas las máquinas térmicas, la eficiencia del motor tiene un valor máximo establecido por el ciclo de Carnot, y que en motores tipo MACI varían entre el 73% y el 84%, en función de las temperaturas mínimas y máximas de funcionamiento del motor que se utilicen para su cálculo.

Eficiencia en función de la temperatura:

$$\eta = 1 - \frac{T_A}{T_B}$$

En un ciclo Otto (o en un ciclo Diesel) la eficiencia depende sólo de las temperaturas al principio y al final del proceso de compresión, y no de cuanto calor se produce, que temperatura se alcanza o qué combustible se utiliza.

Sin embargo, los valores reales de eficiencia que se obtienen de estos motores son muy inferiores a esta eficiencia máxima: tanto si analizamos un motor que funcione con un ciclo Otto, o un motor que funcione con un ciclo Diesel, las eficiencias que lograremos serán muy inferiores a la teórica que marcaría un ciclo de Carnot.

De hecho, con un cálculo de las mejores condiciones posibles, se obtienen los siguientes resultados orientativos:

- Un ciclo Otto (motores MEP) podría presentar en el mejor de los casos una eficiencia del 56%, con una relación de compresión de 8:1
- Un ciclo Diesel (motores MEC) podría presentar en el mejor de los casos una eficiencia del 63%, con una relación de compresión de 18:1

De estos resultados podemos obtener varias conclusiones:

- El ciclo diésel presenta una mayor eficiencia térmica que el ciclo Otto
- La relación de compresión es un parámetro de funcionamiento decisivo a la hora de determinar la eficiencia de funcionamiento de los motores
- Los valores presentados son teóricos, sin descontar las pérdidas antes indicadas que son recogidas por la eficiencia mecánica, η_m .

7.1.3 Eficiencia Volumétrica η_v

Antes se ha indicado que el dosado (proporción aire-combustible en la mezcla a quemar en la cámara de combustión) era uno de los parámetros que diferenciaba a los motores MEP y MEC, teniendo cada uno de ellos unos valores de funcionamiento (y cada motor concreto el suyo).

Por tanto, el asegurar que en cada ciclo entra la cantidad exacta de aire y de combustible es fundamental para asegurar un dosado correcto, y por tanto un funcionamiento con la máxima eficiencia posible.

La relación entre el aire que se introduce en la cámara de combustión, y la cantidad teórica que se debería introducir (hablamos de masa, por lo que influyen la presión y la temperatura a que se encuentra el aire) nos define la eficiencia volumétrica del motor, η_v .

Si se introduce menos aire del necesario, no todo el combustible se quemará de modo correcto, y parte será expulsada en la fase de escape (con lo que se reduce la eficiencia del motor).

Si se introduce más aire del necesario, la combustión también será ineficiente, dado que el poder calorífico de la explosión será inferior a la teórica, reduciendo también la eficiencia del motor.

$$\eta_v = \frac{\text{masa o peso real de aire aspirado}}{\text{masa o peso teórico de aires}} \frac{^{\circ}G \text{ kg/h}}{^{\circ}G_t \text{ kg/h}}$$

Los sistemas de medición actuales permiten un control exacto de la cantidad de aire y de combustible introducidos en la cámara de combustión, de modo que posible determinar sin problemas la eficiencia volumétrica del motor en su funcionamiento.

Para ello se deben controlar los parámetros de caudal, temperatura y presión del aire y del combustible, definiéndose en base a estos valores la eficiencia volumétrica.

Otro modo de realizar el control volumétrico es a través del análisis químico de los gases de escape, aunque en el caso de un vehículo supone una opción complicada y no adecuada, dada la facilidad de realizar el control de los caudales de entrada de aire y combustible.

7.1.4 Conclusiones

Mediante el control de una serie de parámetros físicos de funcionamiento del motor, es posible determinar la eficiencia de funcionamiento de un motor alternativo de combustión interna, tanto si es un motor MEP o un motor MEC.

La tecnología actual que incorporan los vehículos, permite controlar de manera muy exacta los parámetros necesarios, de modo que el sistema de gestión electrónica del motor recoja los datos, y mediante su análisis permita que el sistema DAB determine una medida de la eficiencia de funcionamiento del motor, para poder ser utilizado en la Inspección Técnica del Vehículo, tal como se viene determinando.

Estos parámetros a controlar son, entre otros, el régimen de giro del motor, la relación de compresión que presenta el funcionamiento del motor, el dosado, caudal, presión y temperatura de aire y combustible, análisis de los gases de escape, etc.

Además de lo indicado, se debe considerar que el rendimiento de un motor de combustión interna no es lineal, y que además de las condiciones internas de

funcionamiento, su rendimiento también será afectado por una serie de factores externos.

Es importante poder determinar qué factores externos afectarán al motor, para poder introducirlos en el cálculo de la eficiencia, de modo que no se desvirtúe el valor obtenido.

Uno de los primeros factores que influyen en el rendimiento del motor es el combustible. Su calidad y poder calorífico influyen de manera muy importante en la potencia que se obtiene del motor, así como la volatilidad y el calor de vaporización.

En general, en los motores de gasolina o diésel este factor tiene menos importancia, dado que las cualidades de los combustibles utilizados son similares independientemente de marcas o estaciones de servicio donde se reposte. Sin embargo, en el caso de motores que utilizan biocombustibles, o biogás procedente de digestión anaeróbica, por ejemplo, es un factor que puede influir directamente en la eficiencia que se obtiene del motor.

Otros factores que influirán en la eficiencia del motor son la presión atmosférica y la temperatura ambiente, es decir las condiciones ambientales del lugar de utilización del motor. Ambos factores influyen directamente en las propiedades del aire disponible para introducir en el motor, produciendo modificaciones en el valor de eficiencia obtenido.

Para disminuir el efecto de estos factores, los motores disponen de sistemas de turbo alimentación, o de enfriamiento del aire, pero cada motor gestiona de manera diferente estas situaciones, por lo que estos factores deben ser tenidos en cuenta a la hora de determinar la eficiencia de cada motor. Estos sistemas, evidentemente, también pueden y deben ser parametrizados para la gestión y control del funcionamiento del motor.

Resumiendo, vemos que son muchos los parámetros a considerar en el funcionamiento de un motor alternativo de combustión interna para determinar su eficiencia. Sin embargo, todos los parámetros son susceptibles de ser controlados mediante sensores en el vehículo, de modo que es posible, para un motor de este tipo, determinar su eficiencia y controlarla mediante un sistema DAB.

7.2 TIPOS DE MOTORES POR COMBUSTIBLE. AHORROS.

Hasta ahora hemos hablado de los motores alternativos de combustión interna haciendo referencia a su ciclo de funcionamiento. Sin embargo, es más común que cuando estamos en el entorno de los vehículos, la división de motores se realice más por el combustible que utilizan que por el ciclo de funcionamiento por el que están diseñados.

Así, nos encontramos que la mayoría de los motores actuales en el parque de vehículos¹² son motores que utilizan como combustible la gasolina (63% de todos los vehículos) o el gasóleo (32% de todos los vehículos).

El otro 5% del parque de vehículos se reparte entre vehículos que utilizan GLP, GNC, biocombustible, etanol, gas de síntesis, gas de vertedero, etc, y en un porcentaje mínimo, vehículos eléctricos. La variedad de opciones es grande, aunque su volumen sobre el total de los vehículos matriculados no es muy grande, siendo los vehículos que utilizan GLP los más habituales.

Todos ellos son motores tipo MACI, cada uno de los cuales se encuadra en uno de los dos ciclos de funcionamiento indicados.

Si hemos obviado el combustible a la hora de definir los parámetros a tener en cuenta para calcular la eficiencia de funcionamiento del motor, es debido a que la elección de dichos parámetros no depende del combustible utilizado, sino del tipo de motor empleado.

Como hemos indicado anteriormente, el combustible sí que influirá en el valor de los parámetros a controlar (debido a sus características como el octanaje, la volatilidad, etc.), pero no en determinar que parámetros son relevantes para el cálculo de la eficiencia.

Esto es una ventaja, puesto que simplifica el sistema de toma de datos y de parametrización para el control de la eficiencia en la Inspección Técnica del vehículo, independientemente del combustible utilizado, siendo los parámetros comunes al tipo de motor (MEP o MEC).

El fabricante deberá, para cada modelo de motor (aquí sí que entra en juego el combustible con el que funcione), determinar los valores de los parámetros y del rendimiento del motor y volcarlos a la base de datos a utilizar para la inspección, de modo que en la inspección se pueda determinar la eficiencia del motor.

Un caso especial son los vehículos híbridos, que son aquellos en los que existe tanto un motor de combustión interna, como un motor eléctrico. El alto componente tecnológico de estos vehículos, permite que se pueda controlar tanto la eficiencia del motor térmico, mediante los parámetros indicados en este punto, como la eficiencia del motor eléctrico, siguiendo las indicaciones mostradas en el punto correspondiente a los motores eléctricos. Se puede incluso definir la eficiencia de conjunto de ambos motores, para analizar la eficiencia global del vehículo.

En los vehículos híbridos también nos encontramos mayoritariamente con motores de combustión alimentados con gasolina (el Toyota Prius es el vehículo híbrido más vendido en el mundo, en el cual el motor de combustión es de gasolina), aunque recientemente están apareciendo modelos cuyo motor térmico está alimentado con gasóleo.

¹² Ver "Ámbito de aplicación".

La solución del motor de gasolina ha sido la más utilizada hasta ahora, debido a la mayor simplicidad del sistema y suavidad de funcionamiento. Sin embargo, los sistemas con motores diésel tienen unos consumos menores, y cada vez aparecen más modelos basados en esta combinación.

También se pueden encontrar vehículos en los que el motor de combustión está alimentado por otros combustibles, como GLP, GNV, etanol, biocombustibles,..., aunque como en el caso de los vehículos con motor de combustión, estas opciones son minoritarias.

Ejemplo de cuantificación del ahorro económico generado por la mejora de la eficiencia

Para evaluar el coste que supone perder eficiencia en el funcionamiento de un motor, podemos aplicar la siguiente fórmula:

$$A = P_{eje} \times C \times T \times \left(\frac{100}{\eta_b} - \frac{100}{\eta_a} \right)$$

Siendo:

A: Coste de la diferencia de consumo debido a la diferencia de eficiencia

P_{eje} : potencia nominal del motor, kW

C: coste de la energía, €/kWh

T: tiempo de operación del motor, horas

η_b : rendimiento % del motor menos eficiente

η_a : rendimiento % del motor más eficiente

Así por ejemplo, un motor de gasolina de un vehículo con una potencia nominal de 70 kW, un tiempo de operación de 300 horas anuales (caso típico de utilitario, de potencia media, con un uso diario de 50 km de promedio durante los días laborales de la semana más fines de semana y vacaciones), un rendimiento eficiente del 30%, y que presente una pérdida de eficiencia del 1%, con un precio de la energía de 0,136 €/kWh, supone al cabo del año un gasto extra de 328,44€.

El mismo caso para un vehículo diésel, con un precio de la energía de 0,121 €/kWh, y un rendimiento eficiente del 0,36, supone al cabo del año un gasto extra de 203,28€.

El parque automovilístico español en 2012 estaba compuesto por 10,3 millones de vehículos gasolina y 11,93 millones de vehículos diésel. Si suponemos que el 50% de cada tipo de vehículos presentase una desviación del 1% en su eficiencia, el ahorro que se puede lograr al detectar dicha desviación es de algo más de 2950 millones de € anuales.

Evidentemente, esto es una estimación, puesto que no se disponen de datos para conocer las desviaciones de la eficiencia que presentan los vehículos actualmente, ni el método que se propone se podría aplicar a todo el parque de los vehículos actual, pero

sin duda sirve para dar una idea del potencial de ahorro económico que existe en el control de la eficiencia energética de los motores.

8. MOTORES DE HIDRÓGENO

El hidrógeno es un vector energético que está adquiriendo gran importancia debido a sus importantes ventajas.

En la Unión Europea está en vigor el Reglamento (CE) nº 79/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de enero de 2009, relativo a la homologación de los vehículos de motor impulsados por hidrógeno y que modifica la Directiva 2007/46/CE, que define características técnicas de los vehículos y de los componentes de los vehículos que utilicen hidrógeno como combustible.

La principal ventaja del uso del hidrógeno es que constituye una manera sencilla y fiable de realizar el almacenamiento de la energía generada por fuentes renovables, lo que lo convierte en un recurso inagotable de bajo coste económico y medioambiental, permitiendo su uso la reducción de las emisiones contaminantes, tanto en la producción de la energía como en su uso por parte de los motores.

Tal y como se indica en el Reglamento (CE) nº 79/2009, “Dado que el hidrógeno es un vector energético y no una fuente de energía, las ventajas del hidrógeno en relación con el clima dependen de la fuente utilizada para obtenerlo. Por consiguiente, debe prestarse atención a que el hidrógeno como combustible se produzca en la medida de lo posible a partir de recursos energéticos renovables para que su introducción no perjudique el equilibrio medioambiental general”.

Es desde luego, una de las principales ventajas del hidrógeno, poder generarlo a partir de fuentes de energía renovables, pudiendo ser generado y utilizado incluso en zonas donde los sistemas de distribución habituales de energía no llegan.

Existen dos formas de utilizar el hidrógeno como fuente de energía para un vehículo: como combustible a utilizar en una pila de combustible, o como combustible en un motor de combustión interna.

En cualquiera de los dos casos, su aplicación en los vehículos parece que irá en aumento en el futuro, aunque se debe solucionar el principal problema que presenta en este momento, al margen de problemas técnicos específicos de los motores: el suministro de hidrógeno para el repostaje de los vehículos. En la actualidad la red de distribución de hidrógeno es muy limitada.

Para el control de la eficiencia de funcionamiento del motor, el caso de hidrógeno como combustible de una pila de combustible lo consideraríamos en el apartado de vehículos con motor eléctrico. En todo caso, sería cuestión de estudio si en estos casos es aconsejable considerar además de la eficiencia del motor, la eficiencia de la pila de combustible como elemento a incorporar en la inspección técnica del vehículo, y si sería posible implementar dicho control en el sistema DAB del vehículo.

El hidrógeno como combustible en motores alternativos de combustión interna, es una opción que ha sido evolucionada en los últimos años, y que puede llegar a ser una alternativa de cierta importancia en el parque de vehículos europeo.

Su uso como combustible directo en un motor es recomendable debido al alto poder calorífico que posee el hidrógeno (alto número de octanos efectivo).

Las principales ventajas que presenta su uso de este modo es el incremento de prestaciones del vehículo con respecto a otros combustibles, a la vez que su coste (económico y medioambiental) es menor. Aunque también presenta inconvenientes técnicos, que la evolución de la técnica va solucionando.

Las características del hidrógeno como combustible hacen que sea más utilizado en motores de encendido provocado, y por tanto, los parámetros a estudiar para determinar la eficiencia de funcionamiento de estos motores deberán ser los mismos que se controlan en un motor de gasolina (tipo MEP).

En este sentido, para el análisis de la eficiencia de estos motores, se deberán tener en cuenta los mismos factores que se han contemplado para los MACI. Sin embargo, las peculiaridades e importancia del combustible, hacen necesario explicar más en detalle los factores que más influyen en la definición de la eficiencia de este tipo de motores.

En general, es preferible su uso de motores de inyección indirecta en lugar de la inyección directa, ya que son más simples, evitan problemas de retorno de llama, y la durabilidad y eficiencia son mayores, además se reducen las emisiones de NOx.

Parámetros que pueden influir en la eficiencia del motor de hidrógeno, y que son específicos para estos motores son los siguientes:

- **Dosado relativo:** generalmente se utilizan dosados bajos, menores al 0,5, lo que aumenta la eficiencia y reduce las emisiones de NOx. Ello es debido principalmente a la alta velocidad de la llama en flujo laminar que se alcanza en la combustión del hidrógeno (recordar que en MEP lo habitual es 1).
- **Relación de compresión:** suele ser alta, lo que aumenta la eficiencia del motor y la potencia entregada. Ello es debido al alto número de octanos del combustible (habitualmente en MEP es 8:1 o similar).
- **Velocidad de giro del motor:** en general, bajas revoluciones proporcionan mayor eficiencia y reducen las emisiones de NOx, aunque altas revoluciones proporcionan mayor potencia.
- **Reglaje de la chispa:** el punto de ignición de la mezcla influye en la eficiencia del motor. En general, en los motores de hidrógeno este punto se retrasa con respecto a un motor de gasolina. La gestión de ello es electrónica, y controlable mediante el DAB.

Todas estas características permiten que un motor de combustión de hidrógeno alcance eficiencias del orden de hasta un 25% superiores a un motor equivalente de gasolina.

Todos estos parámetros son controlables electrónicamente por el vehículo, por lo que es factible su control y monitorización para determinar la eficiencia de funcionamiento del motor.

Los fabricantes deberán determinar para cada motor cuales son los valores óptimos que mejoran la eficiencia del motor, así como definir qué elementos pueden influir en la variación de estos valores, para poder posteriormente determinar la causa de una pérdida de eficiencia y subsanarla.

En todo caso, las consideraciones indicadas para los motores de combustión interna, son aplicables a los motores de combustión alimentados con hidrógeno.

9. MOTORES ELÉCTRICOS

Comparándolos con otros tipos de motores, los motores eléctricos tienen una alta eficiencia. Por ejemplo, un motor de alta eficiencia de 90 kW convierte un 95% de la energía que utiliza en trabajo útil, mientras que un motor de combustión tendrá unos rendimientos de en torno a un 40 % en el mejor de los casos.

La eficiencia de un motor eléctrico influye directamente en los consumos y costes de operación del motor, y por tanto también en las emisiones de CO₂ (debidas a la generación de la energía eléctrica consumida, caso de no ser de origen renovable).

Aunque pueda parecer que, dado que tienen una alta eficiencia, una mejora de la misma no supone un gran beneficio, el gran número de motores eléctricos instalados actualmente (gran número de electrodomésticos, y de forma masiva en el sector industrial), así como la previsible implantación en el futuro del motor eléctrico en los vehículos de transporte por carretera, implica que unos cambios pequeños en eficiencia, supongan una gran diferencia en consumos, y por tanto, en emisiones contaminantes, teniendo en cuenta que todavía una parte importante de la energía eléctrica se genera en base a tecnologías de combustión..

Para el caso concreto de los motores eléctricos, se dispone de la Norma internacional sobre métodos para medida de eficiencia en motores AC de baja tensión, IEC 60034-2-1: 2007-09, que indica cómo se debe medir la eficiencia de un motor eléctrico.

El objetivo de la norma IEC 60034-2-1: 2007-09 (que es evolución de la norma IEC 60034-2:1996), y su posterior evolución (IEC 60034-30-1) es conseguir mayor consistencia en la forma de medida de la eficiencia de los motores eléctricos en todo el mundo.

Aunque esta norma no está planteada para los motores eléctricos de vehículos, aplicando sus principios, podemos determinar los factores a controlar para monitorizar la eficiencia de los motores eléctricos de un modo que sea adecuado para su posterior revisión en la inspección técnica del vehículo.

Para medir la eficiencia de un motor eléctrico, según indica la citada norma IEC 60034-2-1: 2007-09, se dispone de dos métodos: medida directa o medida indirecta.

La medida directa consiste en comparar la entrada de energía eléctrica con la potencia de salida del motor. Este procedimiento es la de más difícil aplicación al motor de un vehículo, dado que requiere de técnicas de medición muy precisas, lo que económicamente puede resultar complicado de aplicar en un vehículo. Desde luego, la solución ideal es el determinar un método de medida de la potencia de salida en el eje, que con un margen de error asumible, permita la medida continua, pudiendo determinar así la eficiencia del motor durante todo el tiempo de funcionamiento.

La medida indirecta se basa en determinar la potencia de salida mediante la potencia eléctrica suministrada a la entrada, y calculando las pérdidas asociadas al motor. Así, la potencia mecánica de salida será la potencia eléctrica menos las pérdidas producidas en el motor.

En este caso, es posible medir las pérdidas por pruebas a cargas parciales, por estimación entre el 2,5 y 0,5% de la potencia de entrada a carga del motor (según el tamaño del motor), o mediante cálculos matemáticos de las pérdidas adicionales.

Las pérdidas en el motor serán debidas a 5 causas principales, como son las pérdidas en el cobre, las pérdidas en el hierro, las pérdidas en el rotor, las pérdidas mecánicas y pérdidas adicionales.

Estas pérdidas adicionales son el resultado de pérdidas en el flujo magnético, que ocurren durante el funcionamiento del motor, y que son difíciles de calcular. Los otros cuatro tipos de pérdidas pueden ser determinadas en base a la potencia de entrada y la corriente en el motor.

Por tanto, la complicación de la medición indirecta está en determinar de modo lo más exacto posible las pérdidas adicionales.

Un aumento de las pérdidas por cualquiera de las causas anteriores originará una reducción de la eficiencia del motor, por lo que serán parámetros a intentar controlar para asegurar el control de la eficiencia del motor.

Si es posible utilizar un sistema fiable para controlar estas pérdidas, podemos estar ante un método simple y adecuado para controlar la eficiencia de funcionamiento del motor.

Otro aspecto importante para controlar la eficiencia es asegurar que el motor trabaja el mayor tiempo posible en su punto óptimo de operación. Fallos en los sistemas que

controlan este aspecto serían revelados por un control de la eficiencia del motor. Por ello, será recomendable monitorizar los parámetros que regulan el punto de funcionamiento del motor.

Ejemplo de cuantificación del ahorro económico generado por la mejora de la eficiencia

Para evaluar el coste que supone perder eficiencia en el funcionamiento de un motor, podemos aplicar la siguiente fórmula:

$$A = P_{eje} \times C \times T \times \left(\frac{100}{\eta_b} - \frac{100}{\eta_a} \right)$$

Siendo:

A: Coste de la diferencia de consumo debido a la diferencia de eficiencia

P_{eje} : potencia nominal del motor, kW

C: coste de la energía, €/kWh

T: tiempo de operación del motor, horas

η_b : rendimiento % del motor menos eficiente

η_a : rendimiento % del motor más eficiente

Así por ejemplo, un motor de un vehículo con una potencia nominal de 90 kW, un tiempo de operación de 200 horas anuales (caso típico de utilitario eléctrico, de potencia media, con un uso diario de 60 km de promedio durante los días laborales de la semana), un rendimiento eficiente del 95%, y que presente una pérdida de eficiencia del 1%, con un precio de la energía de 0,130022 €/kWh, supone al cabo del año un gasto extra de:

$$A = 90 \times 0,130022 \times 200 \times \left(\frac{100}{94} - \frac{100}{95} \right) = 2340,396 \times (1,0638 - 1,0526) = 26,2124352 \text{ €}$$

Extrapolando, si todo el parque automovilístico español estuviera compuesto de vehículos eléctricos, conseguir mediante los controles una mejora de eficiencia de tan solo el 1%, si todos los vehículos fueran del tipo descrito en el planteamiento, supondría un ahorro anual del orden de 583 millones de euros al año.

Vemos que en este caso supuesto, comparado con el cálculo de los vehículos con motores de explosión, el ahorro económico es muy inferior (y aún así se trata de un gran importe), debido a que la eficiencia de funcionamiento de los motores eléctricos es muy superior a la eficiencia de los motores de combustión interna.

10. INTEGRACIÓN Y USO DEL CONTROL ELECTRÓNICO DAB (DIAGNÓSTICO A BORDO) EN LA INSPECCIÓN DE VEHÍCULOS

En los vehículos cada vez están más integrados los sistemas electrónicos. Tanto como dispositivos para la gestión del vehículo, como parte del equipamiento para la seguridad, comodidad y el ocio en el vehículo, los vehículos incorporan cada vez mayor número de componentes electrónicos. De hecho, se estima que la incorporación de

sistemas informáticos en los vehículos se incrementa en un 20% cada año, suponiendo una parte importante del valor final del vehículo.

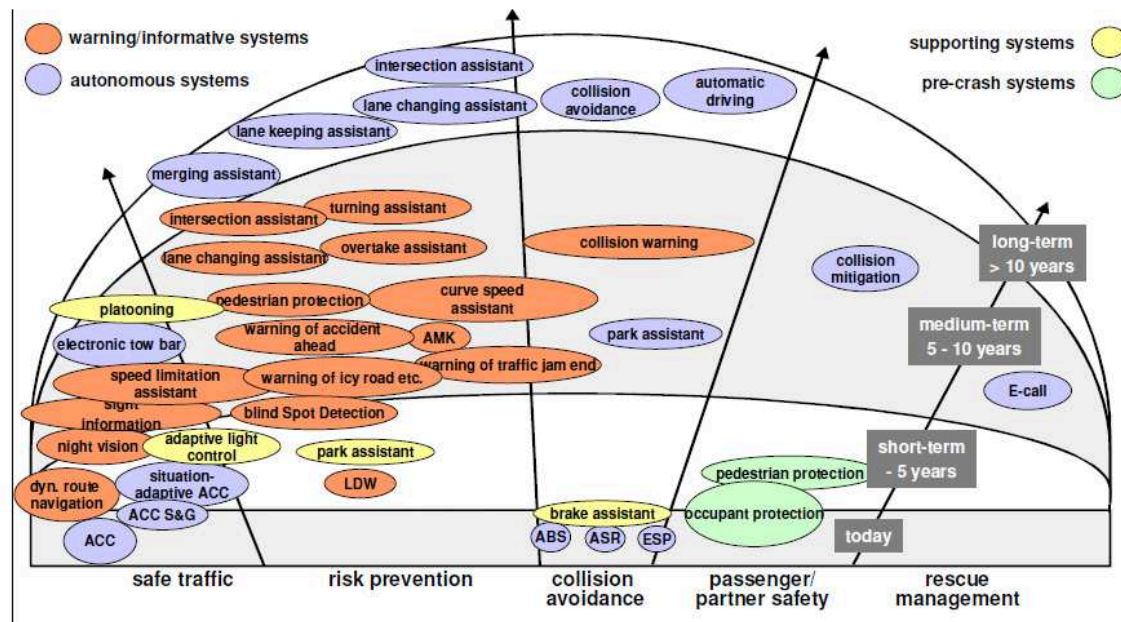


Figura 17. Mapa de la introducción de sistemas de asistencia electrónica a la conducción. Fuente: AUTOFORE Report

Cada vez los vehículos incorporarán mayor número de sensores, que permitirán monitorizar gran cantidad de parámetros de funcionamiento del vehículo, permitiendo influir en el comportamiento del mismo para mejorar su rendimiento.

En los últimos años se han llevado a cabo diversas experiencias de integración de sistemas DAB (Diagnóstico a Bordo) de los vehículos como procedimiento de inspección de vehículos, fundamentalmente centrados en aspectos relacionados con la seguridad del vehículo y las emisiones perjudiciales para el medio ambiente.

Estas experiencias han permitido demostrar que una vez que el procedimiento está correctamente diseñado y establecido, permite la inspección del vehículo en los aspectos controlados por el sistema de un modo rápido y con una intervención pequeña por parte de la persona encargada de realizar la inspección.

En general, los pasos que se siguen en la inspección son:

- 1) Conectar el equipo de diagnosis al vehículo a través del conector (E)DAB
- 2) Seleccionar el tipo de coche y código de motor de una base de datos de vehículos (o hacer que el sistema lo seleccione automáticamente)
- 3) Activar el proceso completo y automático de lectura para el equipo de diagnosis. El proceso de lectura dependerá del software definido por el fabricante, y debería incluir los parámetros definidos para el estudio y control, incluyendo elementos de seguridad, medioambientales, y en el caso que nos ocupa, elementos para determinar la eficiencia de funcionamiento del motor. Las lecturas son automáticamente enviadas a la base de datos de la estación ITV desde donde se puede generar un informe final imprimible con el resultado de la inspección realizada.

Todo el proceso de acceso a los datos dura aproximadamente 2 minutos.

Como se ha comentado, en los últimos años se han realizado experiencias para demostrar la validez de la aplicación de los sistemas DAB para la inspección técnica de vehículos.

Uno de estos estudios se realizó en 2007, realizado por el FSD GmbH, llamado “Inspección de los sistemas controlados electrónicamente en los vehículos en concordancia con la directiva 96/96/CE”. Según el artículo 5 de la directiva 96/96/CE, se podía incluir en las revisiones técnicas periódicas de los vehículos los chequeos de los sistemas avanzados de ayuda al conductor. Estos chequeos permitían asegurar que el nivel de seguridad inicial del vehículo se mantiene a lo largo de todo el periodo de uso.

Este estudio, regulado por el art. 29 y am. VIII of the German Road Traffic Type Approval Law, StVZO, incluyó el control de varias clases de sistemas de seguridad relevantes del vehículo: sistema completo de frenado, sistema completo de dirección, alumbrado y testigos, cinturones de seguridad y elementos de retención, airbags, protección antivuelco, sistemas dinámicos de conducción y limitadores de velocidad. Este experimento llamó la atención sobre diversos aspectos:

- El desarrollo de los procedimientos de inspección no siguen el ritmo de innovación de los sistemas instalados por los fabricantes, por lo que es necesario que sean estos los que aporten el conocimiento experto para señalar los parámetros y procedimientos primarios para realizar la inspección (un punto más que señala la importancia de la creación de la base de datos por parte de los fabricantes con los parámetros a analizar y sus valores correctos por parte de los fabricantes).
- Los ensayos deben tener una fácil integración en los procedimientos de inspección existentes, deben tener un coste económico asumible por las infraestructuras encargadas de las ITV, y deben poder llevarse a cabo en un tiempo corto (no más de 2 minutos)

El proyecto IDESLY 2005 (Initiative for Diagnosis of Motor Vehicles for PTI), señaló la posibilidad de incluir la diagnosis en la inspección de algunos de los sistemas más comunes montados en los vehículos.

Para ello, como primer paso se realiza desde la identificación de los sistemas instalados en el vehículo, hasta llegar a “interrogar” a los sistemas electrónicos del vehículo mediante un equipo de diagnosis, de modo que se conozcan los parámetros de error almacenados en el sistema.

El siguiente paso consiste en que el equipo de diagnosis directamente realice la lectura de los sensores de los sistemas electrónicos del vehículo, y por último, en que realice pruebas de intercambio de información con el sistema de control del vehículo.

Estos sistemas deben estar integrados en el protocolo de inspección de los vehículos, de modo que sean fácilmente aplicables, y a ser posible, con herramientas de diagnóstico existentes.

A su vez, el proyecto anima a definir futuras regulaciones con relación a los componentes electrónicos, tales como puede ser la presente propuesta de utilización de los sistemas DAB para controlar y gestionar la eficiencia del vehículo.

El sistema actual de conexión de los sistemas DAB está basado en el llamado "CARB Interface", instalado en los vehículos actuales y estandarizado.

En cambio, la información que actualmente se comprueba (ABS, ESC, Airbags) no se encuentra estandarizada, lo cual es un paso previo imprescindible para universalizar la utilización de este sistema para la inspección.

Los sistemas DAB se emplean desde hace tiempo. Los estudios iniciales se llevaron a cabo en Los Ángeles (California) antes de 1982, y la primera norma sobre el tema fue emitida en 1988, también en California. Estos sistemas ya monitorizaban la medición de combustible y la recirculación de gases de combustión (EGR). Asimismo, los vehículos debían disponer de una lámpara indicadora de mal funcionamiento (MIL), que se encendería para alertar al conductor de alguna malfunción.

En 1994 evolucionó la norma que regulaba los sistemas DAB, siendo desde 1996 obligatoria en los vehículos vendidos en EEUU. El sistema en vigor es el ODB-II.

En Europa el uso de los sistemas DAB no se implantó de modo obligatorio hasta la entrada en vigor del nivel de emisiones EU3, en que se estandarizó el sistema EODB (European On Board Diagnostic).

En la actualidad, existen hasta 5 protocolos de comunicación que son implementados según el fabricante: : ISO-9141, ISO-14230 (conocido también por keyword protocol 2000), J1850 VPW, J1850 PWM y CAN (ISO-15765 / SAE-J2480). Los más usuales son los basados en la normativa ISO, que es el protocolo implementado por la mayoría de fabricantes, especialmente europeos. Para reconocer el tipo de protocolo que utiliza cada vehículo, es necesario consultar las especificaciones del mismo.

El protocolo actual implementa el conector DLC (Diagnostic Link Connector) definido por la normativa SAE-J1962, que suele encontrarse bajo el salpicadero del conductor o acompañante, o bien detrás del cenicero del coche.

El sistema, además de los códigos de error pre-establecidos, permite la obtención en tiempo real de valores de funcionamiento del vehículo como son las RPM, sonda lambda, temperatura del motor, carga del motor, mapeado de la inyección, velocidad del vehículo, avance al encendido, temperatura del aire, sondas tras el catalizador, ...

Actualmente a través de los puertos DAB es posible leer códigos de error generados por el vehículo, activar o desactivar funciones del vehículo, realizar pruebas en todos

los sistemas del vehículo (cuadro de mandos, inyección, encendido, ABS,...), y el planteamiento de este trabajo sería incorporar la lectura de la eficiencia energética del motor del vehículo.

Resumiendo, la utilización de los componentes del sistema DAB para realizar la comprobación de los diversos sistemas del vehículo durante la inspección técnica, incluida la comprobación de la eficiencia del motor, es viable técnicamente, tal y como lo demuestran los estudios realizados hasta la fecha y la experiencia acumulada desde su implantación en los vehículos nuevos.

En cuanto al acceso al conector, los protocolos de comunicación, y las herramientas de diagnóstico, es necesario que sufran alguna modificación para adecuarse algo más a los requisitos que presenta la inspección técnica de vehículos.

Debería tenderse a utilizar un único protocolo de comunicación, y a ser posible la utilización de un único conector, de modo que se simplifiquen los equipos necesarios para la inspección.

En la actualidad, el acceso a los conectores de los vehículos requiere en un 67% de los vehículos inspeccionados el retirar algún elemento para realizar la conexión, y en el 9% de los casos incluso es necesario utilizar algún tipo de herramienta simple para acceder al conector, lo cual no es procedente para la realización de una Inspección Técnica.

Todo ello con un tiempo medio de los ensayos de 5 minutos, por lo que habría que modificar el diseño de estos conectores o su ubicación, de modo que el tiempo de esa parte de la inspección se reduzca, hasta llegar el tiempo estimado de unos 2 minutos para esta parte de la inspección.

11. CONCLUSIONES

Existen varias definiciones para la eficiencia. Una de ellas describe la eficiencia como la capacidad para lograr un fin determinado con los mejores medios posibles (WordReference).

En física, la eficiencia o rendimiento de un proceso o de un dispositivo es la relación entre la energía útil y la energía invertida (Wikipedia).

Y en el caso concreto de una máquina diseñada para ejecutar un trabajo, la eficiencia es la relación entre el trabajo obtenido, y la energía invertida en obtenerlo.

En el funcionamiento de toda máquina, y los motores de los vehículos no son una excepción, se busca optimizar la eficiencia.

En el caso concreto de los motores empleados por los vehículos de transporte por carretera, los fabricantes realizan grandes inversiones económicas y de horas de trabajo para lograr optimizar la eficiencia de los motores que equipan sus vehículos.

Sin embargo, una vez que dichos vehículos están en uso por sus propietarios, no se realiza ningún tipo de control que garantice la eficiencia de funcionamiento de los mismos.

Durante el funcionamiento de un vehículo, existen muchos factores que pueden producir una disminución de la eficiencia de funcionamiento del motor. Si no se realiza un control de la eficiencia, esta situación permanece inadvertida.

Esto produce unos consumos energéticos innecesarios, con el consiguiente coste económico asociado a los mismos, y genera unas emisiones contaminantes que podrían evitarse, si a lo largo del funcionamiento de los motores, estos trabajaran con una eficiencia lo más cerca posible de la eficiencia teórica.

Para evitar esta situación, que además de los consumos innecesarios y las emisiones contaminantes evitables, supone un desperdicio durante el funcionamiento de los vehículos de los esfuerzos realizados por los fabricantes para obtener la mayor eficiencia posible de los motores, es necesario establecer algún control que mida la eficiencia de los motores a lo largo de su vida útil.

Este control puede ser realizado mediante el proceso de la Inspección Técnica de Vehículos (ITV), en el cual se realiza el control de la eficacia de diversos parámetros del vehículo relacionados con su uso y mantenimiento.

El añadir el concepto del control de la eficiencia a la ITV permite solucionar el problema planteado, siendo además factible técnicamente, mediante la aplicación de un procedimiento ya estudiado, disponible, y contemplado en la legislación de aplicación a la ITV: el DAB (Diagnóstico a Bordo).

El DAB es un sistema rápido y sencillo de inspección, con poca intervención del inspector en el vehículo, que puede proporcionar información detallada acerca de la eficiencia del motor, y de los parámetros que influyen en esta, permitiendo determinar el valor de la misma.

El determinar la eficiencia de un vehículo durante la inspección técnica del vehículo, para comprobar cuanto se aleja de la eficiencia que debería tener el vehículo, debe servir para devolver al vehículo al estado óptimo.

Es decir, si en la inspección técnica se detecta una desviación de la eficiencia real del motor con respecto a la eficiencia teórica, el objetivo final debe ser devolver el vehículo a una situación lo más próxima posible a esa situación ideal.

Para ello, es necesario detectar qué factor o factores son los que están provocando la pérdida de eficiencia del motor. La detección del factor que provoca la pérdida de eficiencia, es fundamental para poder proceder a su corrección.

La utilización del sistema DAB para la medición de la eficiencia tiene como añadido que nos permite detectar cuál es el factor que provoca la pérdida de eficiencia. Dado que

en cada tipo de motor la eficiencia va a ser calculada en base a la medición de una serie de parámetros, es posible determinar cuál de dichos parámetros es el que se aleja de su valor teórico, puesto que se conocerá el valor correcto de dichos parámetros (serán establecidos por el fabricante).

Esta información debe ser trasladada al titular del vehículo, de modo que pueda proceder a la subsanación de los defectos que estén perjudicando la eficiencia del motor.

Los parámetros con valores fuera de los intervalos indicados por los fabricantes, indicarán qué elementos mecánicos, electrónicos o eléctricos pueden tener un funcionamiento defectuoso o encontrarse en mal estado, lo que permitirá una reparación y mejora de la eficiencia del motor.

Por ejemplo, unos caudales de aire por debajo de lo establecido, pueden denotar un problema de colmatación en el filtro de aire, valores inusuales en los caudales de combustible podrían indicar problemas en el sistema de inyección (como suciedad en los inyectores, fallos de la bomba,...), y variaciones en la temperatura o composición de los gases de escape denotar problemas con el sistema de encendido del motor, como bujías en mal estado.

Será importante determinar de manera óptima el intervalo adecuado de valores de eficiencia (tanto global como de los parámetros parciales) para dictaminar que la inspección es desfavorable. El ahorro producido por devolver el motor a un nivel de eficiencia correcto debe ser superior al coste de la reparación (fundamentalmente a nivel económico, pero también energético y de emisiones), para que dicha actuación sea asumible por parte del propietario del vehículo. Hemos visto anteriormente los ahorros anuales estimados por variaciones de la eficiencia

El ahorro energético es fácilmente transformable en valores económicos, siendo este medio el más sencillo para justificar ante el titular del vehículo la necesidad de una corrección en el vehículo.

Hemos visto anteriormente los ahorros anuales estimados para variaciones de la eficiencia del 1% en distintos tipos de motor. Ello puede servir de guía para determinar la viabilidad de una reparación que producirá importantes ahorros en costes de funcionamiento al vehículo.

La reducción de emisiones contaminantes es un aspecto que cada vez está calando más profundamente en la conciencia de la sociedad, pero aun así, la experiencia nos indica que a nivel particular, cuando el lograr dicha reducción supone un coste económico, esta actuación genera rechazo en la mayoría de los titulares de vehículos, no siendo por sí misma una justificación aceptable por la mayoría de los usuarios.

Por ello, debe ir asociada al ahorro energético (económico por tanto), o bien de algún sistema que penalice económicamente el no mantener en situación óptima la eficiencia del motor.

Resumiendo, la realización del control de la eficiencia de los motores mediante los sistemas DAB incorporados a los vehículos, permitiría prolongar en el tiempo el funcionamiento óptimo de los mismos, tal y como fueron diseñados por los fabricantes, produciendo importantes ahorros de consumos energéticos y de emisiones contaminantes, por lo que podría ser una medida sencilla de ejecución y factible técnicamente para incorporar en el futuro a la Inspección Técnica de Vehículos.

Dado que actualmente existe un gran parque de vehículos que no disponen de sistemas DAB con las características requeridas para realizar la diagnosis descrita en este escrito, y no existe la base de datos proporcionada por los fabricantes con las características de los motores necesaria para la realización de la prueba, el primer paso debería ser la incorporación en los vehículos de los requisitos descritos, mediante su inclusión en la siguientes directivas europeas que regulen tanto la homologación de los vehículos (para incorporar a los mismos los requisitos necesarios para la realización de la inspección), como las que regulen las inspecciones técnicas periódicas de los vehículos a motor (para incorporar los procedimientos descritos, así como fomentar la creación de la base de datos de fabricante descrita).

Asimismo, se debería estudiar si se puede aplicar el procedimiento descrito a los vehículos que ya disponen en la actualidad de sistemas DAB capaces de proporcionar los datos requeridos para realizar la inspección técnica de la eficiencia del motor, y estudiar los plazos de aplicación, de modo que el procedimiento pudiera ser de aplicación en el menor tiempo posible (cuanto antes se aplique, mayores ahorros se producirán).

Por último, debería analizarse si existe la posibilidad de aplicar el mismo sistema a vehículos ya matriculados, que en la actualidad no dispongan de los sistemas DAB, mediante la incorporación de estos sistemas. Esto podría lograrse si se desarrollara un sistema DAB de fácil instalación en todo tipo de vehículos (con motores funcionando a partir de una directiva de emisiones concreta, por ejemplo Euro5 y Euro V), y cuyo coste económico pudiera justificar su incorporación a los vehículos (bien por el ahorro que pudiera generar en los titulares, bien por ayudas económicas a su incorporación en vehículos ya matriculados).

12. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] AECA-ITV, Asociación Española de Entidades Colaboradoras de la Administración en la Inspección Técnica de Vehículos. <http://www.aeca-itv.com/>
- [2] Directiva 2014/45/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 3 de abril de 2014 relativa a las inspecciones técnicas periódicas de los vehículos de motor y de sus remolques, y por la que se deroga la Directiva 2009/40/CE.
- [3] Directiva 2014/46/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 3 de abril de 2014 por la que se modifica la Directiva 1999/37/CE del Consejo, relativa a los documentos de matriculación de los vehículos.
- [4] Directiva 2014/47/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 3 de abril de 2014 relativa a las inspecciones técnicas en carretera de vehículos comerciales que circulan en la Unión y por la que se deroga la Directiva 2000/30/CE.
- [5] RD 2042/1994 de 14 de octubre, por el que se regula la inspección técnica de vehículos.
- [6] Revisión 7ª del "Manual de procedimiento de inspección de las estaciones ITV".
- [7] Reglamento (CE) n° 79/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de enero de 2009, relativo a la homologación de los vehículos de motor impulsados por hidrógeno.
- [8] How energy efficient is your car? Roura, P., Oliu, D., Department of Physics, University of Girona, (American Journal of Physics, 18 June 2012, 80(7):588-593).
- [9] Estudio para la incorporación del diagnóstico electrónico en las ITV de vehículos turismos. Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil (FITSA).
- [10] Stern, N. 2006. Stern Review on the Economics of Climate Change. Disponible en www.sternreview.org.uk. El Informe Stern se publicó en Internet el 30 de Octubre de 2006 y se puede solicitar en papel a Cambridge University Press desde enero de 2007.
- [11] Anexo 2 del RD 2028/1986 , de 6 de junio, por el que se dictan normas para la aplicación de determinadas Directivas de la CEE, relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos.
- [12] DIRECTIVA 2007/46/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 5 de septiembre de 2007 por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos.
- [13] Search Database Eurostat (European Commission)
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database
- [14] RD 3272/1981 de 30 de Octubre, por el que se declara de interés preferente la actividad de inspección técnica de vehículos.
- [15] RD 2344/1985 de 20 de Noviembre, por el que se regula la inspección técnica de vehículos.
- [16] Eurostat Pocketbooks. Energy, transport and environment indicators. 2013 edition. ISBN 978-92-79-33105-3.
- [17] Estadísticas Parque de Vehículos DGT. <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/prov-y-tipos-vehiculos/>
- [18] Instituto Nacional de Estadística, INE. <http://www.ine.es>
- [19] Autofore Report. Study on the Future Options for Roadworthiness Enforcement in the European Union.

[20] Initiative for Diagnosis of Electronic Systems in Motor Vehicles for PTI. Final Report, 2005.

[21] Road Transportation Vehicles. Joseph A. Carpenter Jr. (Dept. of Energy, USA), Jerry Gibbs (Dept. of Energy, USA), Ahmad A. Pesaran (National Renewable Energy Laboratory, USA), Laura D. Marlino (Oak Ridge National Laboratory, USA), Kenneth Kelly (National Renewable Energy Laboratory, USA). (Harnessing Materials of Energy, MRS Bulletin, Volume 33, April 2008).

[22] Normas IEC 60034-2:1996, IEC 60034-2-1: 2007-09 y IEC 60034-30-1:2014.