

Hoja de ruta ERTRAC sobre tecnologías de propulsión – motores de combustión interna



Future Light and Heavy Duty ICE Powertrain Technologies

Status: final for endorsement

Version: 1.0

Date: 09.06.2016

ERTRAC Working Group: Energy and Environment



Octubre de 2016



Índice

1. Introducción	2
2. La perspectiva del mercado e industria europea	3
3. Retos y fortalezas tecnológicas de sistemas de propulsión basados en MCI	4
4. El MCI en vehículos ligeros	5
5. Retos en las emisiones de CO ₂ de vehículos pesados basados en MCI	6
6. Fuente	7

1. Introducción

Los sistemas de transporte deben evolucionar con mejoras y cambios en su sistema de propulsión, en combinación con la mejora del combustible y de las fuentes de energía.

A largo plazo, las tendencias marcadas por las necesidades de la movilidad personal y del transporte de mercancías contribuirán a la reestructuración del mercado, siendo de esperar que los habitantes de las grandes urbes demanden continuamente soluciones para mejorar la eficiencia y reducir la contaminación.

En Europa, la flota actual de vehículos basados en combustibles alternativos supone únicamente un 5% del total. La mejora en los sistemas de propulsión forma parte de la Agenda Estratégica de Investigación de ERTRAC, cuyo fin es contribuir a la descarbonización y a la creación de modelos económicos de bajos niveles de contaminación. De acuerdo a esta Agenda, el porcentaje en Europa de nuevos vehículos para pasajeros impulsados por motores de combustión interna (MCI) supondrá al menos el 60 % del total hasta 2040, siendo los combustibles derivados del petróleo, el gas natural, los combustibles líquidos y la electricidad las principales fuentes de energía para el transporte. A pesar de que la electrificación irá ganando peso gradualmente, para 2040 los combustibles convencionales y sintéticos continuarán predominando en el mercado.

Bajo este escenario, el MCI deben evolucionar siguiendo un enfoque sostenible. Los Programas Marco Europeos de I+D+i representan para el MCI la única oportunidad para llevar a cabo investigación colaborativa en proyectos integrados, siendo necesaria la creación de nuevas políticas comunes de apoyo a la I+D+i, la seguridad, la creación de nueva infraestructura, la renovación de la flota y la concienciación del usuario final.

Puede describirse la evolución del MCI mediante la consecución de los siguientes pasos:

- Desarrollo de nuevas tecnologías de combustión (gasolina, diésel, sintéticos, biocombustibles avanzados y MCI basado en combustibles gaseosos fósiles y renovables)
- Nuevos conceptos de MCI para complementar la electrificación del vehículo

Aunque en los entornos urbanos predominarán los vehículos eléctricos e híbridos, se espera que la conducción extraurbana sea superior a la urbana, por lo que la descarbonización debe ser apoyada también por el desarrollo de combustibles de bajo contenido en carbono, como los biocombustibles avanzados y sintéticos. Respecto a la pila de combustible de hidrógeno, a pesar de constituir una buena medida para contribuir a la descarbonización, su tecnología seguirá estando rodeada de incertidumbres debido a su elevado coste, falta de infraestructura y de métodos sostenibles de producción.

Por tanto, los vehículos dotados de motores de combustión interna ultraeficientes, particularmente desarrollados para utilizar combustibles de bajo contenido en carbono, desempeñarán un papel dominante en movilidad hasta 2030, siendo aún importantes después de 2040.

2. La perspectiva del mercado e industria europea

Los fabricantes de vehículos (OEMs) europeos son líderes internacionales en tecnologías del MCI. Mantener este liderazgo es prioritario para apoyar las exportaciones en un mercado automovilístico que tiende a globalizarse. Por consiguiente, existe la necesidad de continuar con el desarrollo de baterías para la movilidad urbana, teniendo en cuenta que el MCI y la propulsión eléctrica coexistirán para vehículos ligeros y medios. Indudablemente, los vehículos destinados a realizar trayectos largos continuarán basándose en tecnologías de MCI, tanto para vehículos de pasajeros como para vehículos pesados.

El rediseño de la arquitectura de los sistemas de propulsión constituye una forma específica para conseguir un incremento significativo en la eficiencia, lo cual puede realizarse teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes específicos que posee cada uno de los distintos tipos de motor. El aporte del par máximo en los vehículos dotados de MCI depende del régimen de revoluciones, mientras que los vehículos eléctricos lo aportan casi instantáneamente para bajas revoluciones. En cambio, el mantenimiento de un par óptimo para elevadas revoluciones constituye un reto para el motor eléctrico mientras que en el MCI es una de sus características principales (si se diseñan para que aporten el par máximo en regímenes elevados). El rediseño requiere nuevas transmisiones, debiendo contemplarse que las destinadas a vehículos híbridos sean producidas exclusivamente para tal fin, para evitar el uso en sistemas híbridos de transmisiones concebidas para sistemas tradicionales. Mejorando la funcionalidad se consigue favorecer la introducción en el mercado de esta tecnología, así como aumentar su aceptación por parte del usuario final. Estos escenarios implicarán una mayor diversificación en las tecnologías de los sistemas de propulsión, las cuales estarán compuestas por la combinación de los siguientes elementos:

- MCI ultraeficientes con sistemas de ignición de chispa y de compresión (sistemas *SI* y *CI*, por sus siglas en inglés *spark ignition* y *compression ignition*, respectivamente) concebidos para tales finalidades exclusivamente y teniendo en cuenta el tipo de combustible
- Sistemas de propulsión eléctricos
- Distintos niveles de hibridación (parcial o total, focalizando especialmente la de tipo *PHEV* – *plugin hybrid electric vehicle*)
- Combustibles líquidos para MCI *SI* y *CI* (gasolina, diésel, mezclas y biocombustibles avanzados)
- Combustibles gaseosos (gas natural comprimido - *CNG*; gas natural licuado – *LNG*; hidrógeno) para MCI y pilas de combustible, incluyendo opciones de biometano y combustibles sintéticos gaseosos
- Electricidad suministrada por baterías, y a largo plazo, por pilas de combustible

Respecto el incremento de la eficiencia térmica del MCI, la reducción de las pérdidas por calor y fricción todavía representa un reto importante. Debe tenerse en consideración la funcionalidad de los materiales avanzados. El cambio a sistemas de propulsión eléctricos dará lugar a nuevas

funcionalidades y oportunidades para la optimización del balance energético. Debido a las limitaciones del biocombustible, el desarrollo de tecnologías para combustibles sintéticos es imprescindible. El uso de combustibles sintéticos líquidos en vehículos de carretera trae consigo la reducción de las emisiones de CO₂ (incluso para la flota actual de vehículos) y de los costes.

Se necesita considerar toda la huella de las soluciones relativas a la energía y al carbono, para que su posible impacto guarde equilibrio con el actual, incluyendo el de la generación y distribución de combustible.

3. Retos y fortalezas tecnológicas de sistemas de propulsión basados en MCI

Las tecnologías del MCI ejercerán un papel importante durante las próximas décadas debido a la elevada capacidad de producción energética que tienen los combustibles líquidos y gaseosos en proporción al volumen que ocupan y debido a la existencia de infraestructura consolidada: la producción de energía basada en el almacenamiento químico de los hidrocarburos de los combustibles siempre será mayor que el almacenamiento electroquímico de las baterías, siendo la diferencia actual de dos órdenes de magnitud.

Analizando el estado del arte actual de las tecnologías del MCI y teniendo en cuenta las limitaciones y posibilidades ofrecidas por la electrificación, en la figura 1 se muestra los beneficios de aplicar mejoras concretas al MCI.

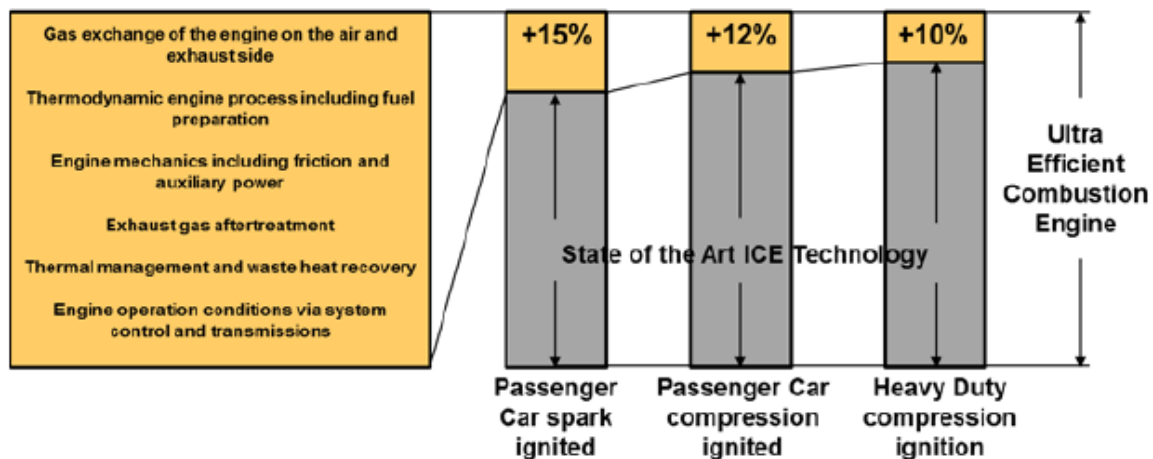


Figura 1. Beneficios potenciales de las mejoras para la eficiencia del MCI.

Las necesidades que deben abordarse para alcanzar estos beneficios pueden clasificarse en cuatro áreas:

- Desarrollo de componentes y sistemas, basado en las tecnologías actuales del motor y en el uso de materiales avanzados
- Nuevos procesos de combustión y nuevos conceptos de motor, nueva metodología para la monitorización y control de la combustión

- Desarrollo de motores de combustión específicos para el uso de combustibles alternativos, de bajo contenido en carbono y de elevado octanaje
- Desarrollo de MCI específicos para sistemas de propulsión eléctricos

4. El MCI en vehículos ligeros

La figura 2 muestra las contribuciones principales para aumentar la eficiencia energética del MCI de acuerdo a los diferentes regímenes de operación.

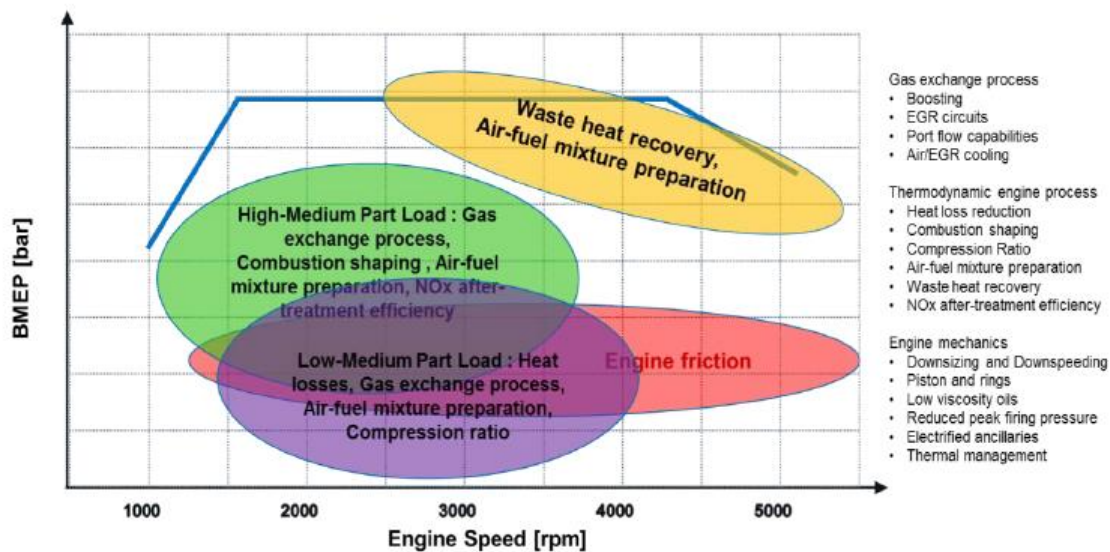


Figura 2. Áreas de mejora para aumentar la eficiencia de energética del MCI.

La optimización del MCI para vehículos ligeros puede contemplarse desde tres perspectivas:

1-. Mejora de la eficiencia del MCI. Las pérdidas por fricción y por estrangulamiento a carga parcial afectan a los motores de ignición por chispa, pudiendo minorarse o evitarse mediante la combinación de sistemas avanzados de control para el accionamiento de las válvulas (contemplando la desactivación de cilindros), el desarrollo de tratamientos superficiales y el uso de lubricantes con baja viscosidad. El incremento de la eficiencia para cargas moderadas del motor requieren el uso de ciclos termodinámicos no convencionales (Atkinson /Miller) combinados con la relación de compresión variable (VCR), sistemas avanzados de accionamientos de válvulas y dilución de la carga para reducir también las consecuencias del picado de bielas para altos regímenes de funcionamiento, evitando así la necesidad de sobrealimentar la mezcla aire-combustible. En relación a los vehículos para pasajeros, la eficiencia térmica al freno en los motores de gasolina es aproximadamente del 38 % (226 g/kWh) y en los motores diésel del 42 % (205 g/kWh). Los objetivos de los desarrollos de los motores de gasolina a corto y medio plazo apuntan a la mejora de su eficiencia, mientras que a largo plazo se pretende alcanzar una eficiencia térmica al freno del 50% (172 g/kWh), lo cual sólo puede conseguirse con cambios drásticos en el MCI. Para alcanzar mayores niveles de rendimiento es necesario implementar

tecnologías de electrificación como la hibridación, lo cual también puede contribuir a la reducción de las emisiones de CO₂ en combinación con la optimización energética del MCI y con la introducción de nuevas tecnologías y conceptos de combustión.

2-. Utilización de combustibles con bajo contenido en carbono. El siguiente paso para reducir las emisiones de CO₂ en los sistemas de propulsión reside en el uso de combustibles con bajo contenido en carbono. Un ejemplo interesante lo constituye la utilización de motores específicos para trabajar con gas natural. Pasos posteriores contemplarían la sustitución parcial o completa de los combustibles fósiles por metano sintético.

3-. Electrificación e hibridación del MCI. La electrificación de los sistemas de propulsión tendrá lugar a largo plazo en línea con la mejora de la eficiencia, aunque el motor de combustión seguirá siendo el más habitual. El sistema eléctrico será capaz de recuperar energía cinética del vehículo para transferirla directa o indirectamente mediante el motor al sistema motriz, permitiendo ahorros energéticos de hasta el 20 %. Debe considerarse que en pocos casos las tecnologías que mejoran la eficiencia térmica contribuyen también a reducir las emisiones contaminantes. Ejemplos de estos casos son la combustión controlada mediante dilución de la mezcla y aerodinámica interna y la ignición por microondas. Por esta razón, la correcta combinación del motor con los sistemas de post-tratamiento constituye un reto pendiente que requiere más investigación. Además, la introducción de los combustibles sostenibles trae consigo nuevos retos que requieren investigar detalladamente su comportamiento químico.

5. Retos en las emisiones de CO₂ de vehículos pesados basados en MCI

Actualmente se está produciendo un incremento no sostenible en la emisión de CO₂ y demás gases de efecto invernadero por parte de los vehículos pesados destinados al transporte de mercancías, de forma que para cumplir con los objetivos marcados para 2050 en el libro blanco de la UE, el reemplazo de la flota actual de estos vehículos debe realizarse de forma que se consiga una reducción de al menos el 3% anual de emisiones de CO₂. Para ello, deben desarrollarse cabinas tractoras con baja huella carbónica y mejorarse el rendimiento del motor, el sistema propulsor, y otras características del transporte, para alcanzar globalmente los niveles de sostenibilidad requeridos.

Debe aumentarse el rendimiento de los motores convencionales y los de bajas emisiones de CO₂, estén o no provistos de sistemas de electrificación.

La introducción a gran escala de combustibles alternativos es necesaria para reducir las emisiones de gases con efecto invernadero, dado que la mejora de la eficiencia energética por sí sola no es suficiente. Por otro lado, deben analizarse las contribuciones de los otros elementos y características del vehículo, como la aerodinámica, la resistencia a la rodadura, el factor de carga vehicular y el tipo de uso.

La implantación e introducción en el mercado de las tecnologías que propicien la disminución de las emisiones de CO₂ necesitarán un tiempo considerable para los vehículos pesados.

Para que la eficiencia del motor diésel alcance un valor competitivo, debe hacerse hincapié en sus áreas que ya son bien conocidas. La demanda del incremento de su vida útil en los vehículos pesados requiere más investigación, comenzando por la aplicación de materiales avanzados como punto de partida.

La electrificación en los vehículos pesados no traerá tantos beneficios como en los vehículos ligeros, debido a la ausencia de infraestructura y a que la elevada demanda de potencia hace que sea ineficiente.

En resumen, para satisfacer las demandas relativas al MCI de los vehículos pesados, se necesita profundizar en las siguientes áreas:

- Modificaciones o desarrollo de nuevas arquitecturas del motor para mejorar el rendimiento
- Electrificación (*PHEV*)
- Mejora de la termodinámica
- Reducción del tamaño y / o régimen de funcionamiento del motor (si es posible)
- Mejoras en la combustión (presión en los cilindros, cámara de combustión, disipación de calor e inyección de combustible)
- Para motores convencionales de combustibles con bajo contenido en carbono, nuevos conceptos de combustión y post-tratamiento para funcionar con gas natural
- Mejora de la turboalimentación y del aprovechamiento de los gases de escape (energía térmica y cinética)
- Mejora en la recuperación de calor en sistemas híbridos
- Disminución de las pérdidas por fricción en el motor y mejora en los sistemas de bombeo
- Controles de emisiones
- Control y adaptación del motor para vehículos autónomos y electrificación en entornos urbanos

6. Fuente

Puede encontrarse tanto la Hoja de ruta completa como el Resumen Ejecutivo en la página web de ERTRAC.

- [Enlace a Hoja de ruta completa](#)
- [Enlace a Resumen Ejecutivo](#)