

Computational Assessment of Combustion Noise of Automotive Compression-Ignited Engines

Josep Gómez Soriano

Resumen

Las crecientes exigencias de la industria están cambiando la forma en que entendemos la sociedad y el entorno en el que vivimos. Frente a la necesidad de un comercio rápido y globalizado, están emergiendo varios problemas de sostenibilidad. Por una parte, ciertos sectores resultan favorecidos, como es el caso del transporte y su radical incremento de actividades. Por otra parte, esto causa un impacto negativo considerable en los ecosistemas terrestres. En este marco, los efectos negativos de la contaminación ambiental y sonora están llegando a límites realmente preocupantes, siendo estos especialmente visibles en los principales núcleos urbanos, donde las autoridades están incluso restringiendo la circulación de los vehículos térmicos.

Particularmente, el ruido producido por la quema del combustible en vehículos propulsados por motores de combustión interna alternativos, siendo una de las principales fuente acústicas por delante de otras como la aviación o el ferrocarril, está siendo objeto de recientes estudios para reducir sus efectos perjudiciales en la población.

El objetivo principal de esta tesis se centra en el estudio y caracterización de la combustión como fuente de emisiones acústicas. Concretamente, esta investigación tiene como propósito dar respuesta a cuáles son los fenómenos físicos asociados a la generación del ruido en motores de encendido por compresión, así como proponer algunas directrices que ayuden a entender y mejorar –desde el punto de vista de emisiones acústicas y consumo– el diseño de los motores actuales.

En una primera aproximación, se recurre a técnicas experimentales de medida para, con el registro de la presión instantánea dentro de la cámara de combustión, caracterizar el origen de las perturbaciones acústicas. A pesar de que la información aportada por estos métodos es relevante, existen limitaciones para recrear la espacialidad del campo acústico y, por tanto, dificultan la comprensión de los fenómenos no estacionarios asociados a este.

Por esta razón, en posteriores estudios se recurre al uso de la dinámica de fluidos computacional o CFD, superando así las limitaciones de las técnicas experimentales y permitiendo una visualización completa del problema. Como paso previo e indispensable, se procede a implementar y validar del modelo CFD para asegurar una buena precisión en los resultados y un tiempo de cálculo razonable.

La aplicación de métodos de análisis en frecuencia y descomposición modal han permitido estudiar el campo de presiones en el interior de la cámara y así entender mejor su comportamiento. De este modo, ha sido posible encontrar relaciones entre la combustión y la respuesta espectral del campo acústico interno. Los patrones de oscilación de la presión muestran que las estructuras más energéticas, y que por tanto contribuyen a la emisión acústica en mayor medida, están centradas en estructuras macroscópicas de tamaño similar a la geometría de la cámara. Además, se ha demostrado que la posición de la ignición del combustible tiene un efecto directo sobre la amplitud de los modos resonantes y su distribución espacial.

Por último, en cuanto a la evaluación de estrategias para mitigar el ruido, se proponen distintos estudios en los que se analizan las tendencias en la emisión acústica al modificar la fuente sonora, mediante la configuración de la inyección y la geometría del sistema de combustión.