

## Resumen

La clave para reducir la formación de contaminantes, emisiones y aumentar eficiencia en motores de inyección directa diesel está en entender y tener la capacidad de predecir los procesos de inyección, mezcla, evaporación y combustión. Con este objetivo, los distintos grupos de investigación y desarrollo de motores han intentado, por décadas, comprender y describir mejor los fundamentos de estos procesos, incluyendo combustibles alternativos y estrategias de combustión novedosas. Los chorros de inyección, caracterizados principalmente por fenómenos físicos complejos e intrínsecamente estocásticos, presentan un reto significativo para los investigadores de motores y combustión. De igual manera, el alcance completo del efecto de la geometría de la tobera sobre un espectro grande de condiciones de inyección (incluyendo distintos combustibles) y variables de respuesta, no está completamente definido, aún habiendo sido estudiado anteriormente.

Esta tesis estudia la influencia del flujo interno sobre un espectro grande de condiciones y diagnósticos experimentales. Se realizaron experimentos para dos geometrías de tobera—toberas cilíndrica y cónica de un único orificio—y tres combustibles. Dos de los combustibles son puros—n-heptano y n-dodecano—mientras el tercer combustible consiste en una mezcla de tres componentes que forman un combustible sustituto que busca representar mejor las propiedades físicas y químicas del diesel. Las medidas incluyen una caracterización hidráulica completa, compuesta por tasa de inyección y cantidad de movimiento instantáneos; visualización de alta velocidad del chorro líquido isoterma; visualización de alta velocidad del chorro inerte evaporativo, capturando simultáneamente las fases líquido y vapor y, finalmente, una visualización del chorro reactivo en alta temperatura, capturando la fase vapor y la quimioluminiscencia del radical  $\text{OH}^*$  para cada evento de inyección. Todos los diagnósticos en condiciones de alta temperatura fueron realizados en una maqueta de alta presión y temperatura de flujo constante que permite controlar con precisión un rango amplio de condiciones termodinámicas (hasta 1000 K y 15MPa). La tobera cilíndrica, con un diámetro de salida 8.6% más grande que la cónica, presenta una penetración de chorro más lenta, a pesar de tener una tasa de inyección y flujo de cantidad de movimiento mayores en la parte estabilizada de la inyección. El ángulo del chorro mostró ser inversamente proporcional a la penetración. Este ángulo es principalmente determinado por la geometría de la tobera y la densidad ambiente. Por otro lado, tanto para el chorro isoterma como para el evaporativo inerte, los chorros producidos por la tobera cilíndrica presentan mayores fluctuaciones en el contorno detectado, el caso evaporativo incluyendo fases líquida y vapor.

En el caso del chorro isoterma, la presión en el raíl mostró tener una pequeña influencia en el ángulo de chorro cercano e influencia despreciable en las fluctuaciones de dicho ángulo. El n-heptano mostró las penetraciones más lentas mientras que el n-dodecano y el combustible sustituto mostraron comportamientos similares para variaciones de presión de inyección y ambiente. Para el chorro inerte evaporativo, la fase líquida fue detectada a través de una configuración óptica de iluminación trasera difusa pulsada, mientras que la fase vapor fue detectada con un arreglo óptico de Schlieren con diafragma. Para una densidad ambiente particular, la penetración de la fase líquida está controlada principalmente por la temperatura ambiente y las propiedades del combustible, mientras que la penetración de la fase vapor está controlada por la presión de inyección. La tobera cilíndrica consistentemente produjo longitudes líquidas más cortas. El n-heptano mostró las longitudes líquidas más cortas, seguido del n-dodecano y finalmente, el combustible sustituto. No se encontraron diferencias significativas de la penetración de vapor entre combustibles. Esto no fue lo encontrado para el chorro líquido isoterma. Las longitudes líquidas presentan las respuestas esperadas frente a cambios paramétricos de la temperatura y densidad ambiente. Se presentaron dos modelos predictivos empíricos, que a su vez se utilizaron para analizar la influencia de las propiedades del combustible en la longitud líquida. La volatilidad del combustible mostró ser el factor primario que controla la longitud líquida entre los combustibles estudiados. Los chorros reactivos mostraron penetraciones más rápidas que los chorros inertes,

debido a la aceleración inducida por la combustión después de la ignición. Aumentar la concentración de oxígeno y la temperatura ambiente aumentan la reactividad y por lo tanto aceleran la penetración del chorro. La presión de inyección no afecta la reactividad significativamente y por lo tanto afecta a la penetración solamente a través de la cantidad de movimiento—similar al caso inerte. Tanto retardo al auto-encendido como la longitud de levantamiento de llama son más cortas para el n-dodecano y más largas para el n-heptano, respectivamente, quedando el combustible sustituto en el medio. Aumentar la concentración de oxígeno, temperatura o densidad ambiente, reducen tanto el retardo al auto-encendido como la longitud de levantamiento de llama. La tobera cilíndrica mostró aumentar el retardo al auto-encendido, a pesar de producir longitudes de levantamiento de llama más cortas. Esto podría deberse a su mejor atomización y mayor ángulo de chorro. El mayor retardo al auto-encendido también indica posibles tasas de mezcla más pobres al momento de la ignición.

Los resultados experimentales y la gran base de datos obtenida en este trabajo (disponible en la web en: <http://www.cmt.upv.es/DD01.aspx>), podrían ser utilizados para validar modelos CFD detallados que podrían ayudar a la comunidad científica a entender mejor los mecanismos fundamentales que producen estas observaciones.