

**Estudiante:** Santiago Cardona V.

**Título de la tesis:** “Development of a test rig for the study of the atomization and combustion of a spray flame in an atmospheric annular spray burner at lean conditions”

## **Resumen**

El proceso de combustión en llamas de difusión de combustible atomizado es un fenómeno multifásico altamente complejo que a día de hoy no se comprende en su totalidad, ya que involucra varios eventos simultáneos, como atomización, vaporización y cinética química. A lo largo de los años, los investigadores han estudiado a fondo la combustión en llamas de combustibles líquidos, con el fin de comprender los procesos fundamentales como clave para reducir las emisiones contaminantes y mejorar la eficiencia de la propulsión de las aeronaves. En los últimos años, la evolución tanto en la tecnología de inyección como en la de combustión ha permitido mejorar el proceso de mezcla por aspersión y la eficiencia del motor y, por tanto, reducir las emisiones contaminantes. Por lo que, diferentes configuraciones de tipo de inyector y distribución de aire dentro de la cámara de combustión, han demostrado ser capaces de reducir el consumo de combustible, así como las emisiones de óxidos de nitrógeno y hollín sin afectar el rendimiento del motor.

Esta tesis proporciona una metodología experimental para estudiar los efectos de las condiciones de co-flujo, el caudal másico de combustible, el tipo de combustible y el diámetro de salida de aire a la salida del quemador sobre el comportamiento de la atomización y la combustión de la llama producida en un quemador de combustible líquido atomizado en una configuración anular bajo condiciones de operación pobres.

La caracterización del chorro sin combustión se realizó mediante dos técnicas ópticas diferentes. Por un lado, se utilizó velocimetría de imagen de partículas (PIV) para caracterizar los campos de velocidad global del espray, evaluando los efectos de variar las condiciones de co-flujo de aire, caudal másico de combustible, tipo de combustible y diámetro de salida de aire. Por otro lado, retroiluminación microscópica difusa (MDBI) para medir el tamaño y la velocidad de las gotas en un campo de visión cercano a la punta del inyector y evaluando nuevamente el efecto de variar los parámetros mencionados previamente sobre las características de la gota. Los resultados mostraron que ambos, el tamaño de las gotas y la velocidad de las gotas están controladas principalmente por el tipo de combustible y el caudal másico de combustible (presión de inyección). Sin embargo, la variación de la velocidad de co-flujo no mostró un efecto significativo en las características de las gotas (tamaño y velocidad), lo que probablemente se deba a que el campo de visión de la técnica de retroiluminación difusa microscópica se ubicó muy cerca de la punta del inyector. Adicionalmente, al incrementar la temperatura de co-flujo se observó que el diámetro promedio de gota disminuía, lo cual es causado por el proceso de evaporación del combustible. Finalmente, las variaciones en los perfiles de tamaño y velocidad de las gotas al variar el diámetro de salida de aire se relacionaron con la variación de la velocidad al modificar el área transversal a la salida del quemador, lo que afectaba la evaporación y el arrastre de las gotas.

Sobre el desarrollo de la llama en condiciones reactivas, se investigó en las condiciones de operación que permitían conseguir una llama estabilizada, utilizando tres técnicas ópticas diferentes, las cuales se activaron simultáneamente. La extinción de luz difusa se utilizó para determinar el espesor óptico de la nube de hollín. Además, se emplearon las técnicas de quimioluminiscencia  $\text{OH}^*$  y de retroiluminación difusa microscópica para medir la altura de despegue de la llama y las características de las gotas, respectivamente. Los resultados

mostraron que la velocidad del co-flujo, temperatura del co-flujo y el tipo de combustible influyen fuertemente en la altura de despegue de la llama. Mientras que en la formación de hollín de los parámetros más influyentes fueron la velocidad del co-flujo y el tipo de combustible. Adicionalmente, gracias a la gran cantidad de condiciones de operación probadas, se calcularon correlaciones experimentales, considerando los parámetros evaluados a lo largo de los experimentos. Estas correlaciones permiten pronosticar la tendencia de la longitud de despegue de la llama. Con respecto a los resultados de la evaporación de las gotas, se observó que el tamaño de las gotas iniciales y las propiedades del combustible controlan el proceso de evaporación de las gotas. El combustible n-dodecano es el menos volátil y también exhibió un tamaño de gota inicial más grande y, por lo tanto, las gotas tardaron más en evaporarse que los otros dos combustibles, lo que resultó en una mayor longitud de despegue de la llama y también una mayor formación de hollín debido a su mayor tendencia a formar hollín. Por el contrario, las gotas de n-heptano se evaporaron más rápido, lo que resultó en una altura de despegue de la llama más corta y también en una menor formación de hollín. Finalmente, el combustible n-decano mostró resultados intermedios para la evaporación de gotas, la altura de despegue de la llama y la formación de hollín.