

Resumen

La comprensión de los fenómenos físicos que acontecen en la región densa (también conocida como campo cercano) durante la atomización de los sprays ha sido una de las mayores incógnitas a la hora de estudiar sus aplicaciones. En el sector industrial, el rango de interés abarca desde toberas en aplicaciones propulsivas a sprays en aplicaciones médicas, agrícolas o culinarias. Esta evidente falta de conocimiento obliga a realizar simplificaciones en la modelización, provocando resultados poco precisos y la necesidad de grandes caracterizaciones experimentales en la fase de diseño. De esta manera, los procesos de rotura del spray y atomización primaria se consideran problemas físicos fundamentales, cuya complejidad viene dada como resultado de un flujo multifásico en un régimen altamente turbulento, originando escenarios caóticos.

El análisis de este problema es extremadamente complejo debido a la ausencia sustancial de teorías validadas referentes a los fenómenos físicos involucrados como son la turbulencia y la atomización. Además, la combinación de la naturaleza multifásica del flujo y su comportamiento turbulento resultan en una gran dificultad para afrontar el problema. Durante los últimos 10 años, las técnicas experimentales han sido finalmente capaces de visualizar la región densa, pero la confianza, análisis y efectividad de dichos experimentos en esta región del spray todavía requiere de mejoras sustanciales.

En este contexto, esta tesis trata de contribuir al entendimiento de estos procesos físicos y de proporcionar herramientas de análisis para estos flujos tan complejos. Para ello, mediante Direct Numerical Simulations se ha afrontado el problema resolviendo las escalas de movimiento más pequeñas, y capturando todas las escalas de turbulencia y eventos de rotura.

Uno de los objetivos de la tesis ha sido evaluar la influencia de las condiciones de contorno del flujo entrante en la atomización primaria y en el comportamiento turbulento del spray. Para ello, se han empleado dos condiciones de contorno diferentes. En primer lugar se ha empleado una condición de contorno sintética para producir turbulencia homogénea a la entrada, simulando el comportamiento de la tobera. Una de las características más interesantes de este método es la posibilidad de retocar los parámetros dentro del algoritmo. En particular, la escala de longitud integral se ha variado para evaluar la influencia de las estructuras más grandes de la tobera en la atomización primaria.

El análisis de la condición de contorno sintética también ha permitido el diseño óptimo de simulaciones de las cuales se han derivado estadísticas turbulentas significativas. En este escenario, se han llevado a cabo estudios

más profundos sobre la influencia de propiedades de las estructuras turbulentas como la homogeneidad y la anisotropía tanto en el espectro de los flujos como en las estadísticas de las gotas. Para tal fin, se han desarrollado metodologías novedosas para computar el análisis espectral y la estadística de las gotas

Entre los resultados de este análisis destaca la independencia de la condición de contorno de entrada en las estadísticas de las gotas, mientras que por otra parte, recalca que las características turbulentas desarrolladas en el interior de la tobera afectan a la cantidad total de masa atomizada. Estas consideraciones se encuentran respaldadas por el análisis espectral realizado, mediante el cuál se concluye que la turbulencia multifásica comparte el comportamiento universal descrito por las teorías de Kolmogorov.