

TÉCNICAS DE VELOCIMETRÍA QUE SE ESTAN DESARROLLANDO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ÓPTICA

J. Ascensión Guerrero, David Moreno y Bernardino Barrientos

Centro de Investigaciones en Optica A.C, Loma del Bosque 115, Lomas del Campestre, León Guanajuato, México, 37150. chon@cio.mx, dmh@cio.mx, bb@cio.mx.

RESUMEN

Dentro del laboratorio de Velocimetría del Centro de Investigaciones en Optica A.C, se están desarrollando varias actividades. Se está calibrando un túnel de viento usando tubos Pitot, se esta implementando la técnica de Velocimetría por Imágenes de Partículas, PIV, y se está caracterizando una técnica que permite hacer mediciones de velocidad en tres dimensiones usando un solo acceso óptico y una sola cámara CCD. Se expone brevemente una descripción de cada actividad y los alcances de este laboratorio.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del análisis de dinámica de fluidos es importante contar con técnicas que permitan la caracterización de los flujos ya que en la industria eléctrica, aerodinámica, mecánica y química se requiere de hacer un análisis de las interacciones de los flujos en los sistemas bajo prueba. Con la idea en mente de proponer soluciones a esta industria es necesario contar con la infraestructura adecuada y las técnicas que permitan ofrecer las mejores soluciones a este tipo de problemas. De ahí surge la necesidad de equipar un laboratorio especializado en la medición de velocidad de flujos en fluidos.

2. TÉCNICAS

Calibración de un túnel de viento.

Actualmente se cuenta con un túnel de viento, en el cual se está caracterizando la zona de pruebas o zona de interés usando tubos Pitot (ver figura 1). Dicha caracterización es con la idea de determinar la cantidad de turbulencia del fluido de trabajo en la sección de prueba así como el perfil del flujo presente en dicha zona de interés para diferentes velocidades. Para esto se están haciendo mediciones en diferentes secciones transversales de la región de trabajo del túnel. Si bien es cierto que los tubos Pitot permiten tener buenas mediciones de flujo, estos solo miden la velocidad en un punto a la vez, haciéndolos inadecuados para flujos inestables o que varían en el tiempo.



Figura 1. Medición del perfil del flujo en la sección de trabajo de un túnel de viento usando un tubo Pitot.

Técnica de Velocimetría por Imágenes de Partículas, PIV.

Esta técnica [1] consiste principalmente en inyectar partículas al fluido que se quiere analizar, usando una hoja de luz de un haz intenso (ver figura 2), generalmente un láser, se ilumina la región de interés y con una cámara digital en posición ortogonal a la hoja de luz se adquieren las imágenes, se pulsa la fuente de luz dos veces para obtener dos imágenes de cada partícula y así poder reconstruir el campo de velocidad. Para cada partícula se calcula su posición durante el primer pulso y su desplazamiento al segundo pulso y como se sabe el tiempo entre el primer y segundo pulso se puede calcular el campo de velocidad en toda la imagen. Sin embargo este es un estimado en el plano de la hoja de luz y no en tres dimensiones como realmente es. Para poder calcular el movimiento fuera de plano se requiere de una configuración en estereo, la cual usa dos cámaras, en este caso el arreglo y el proceso de alineación es más complejo pues involucra más componentes y más accesos ópticos.

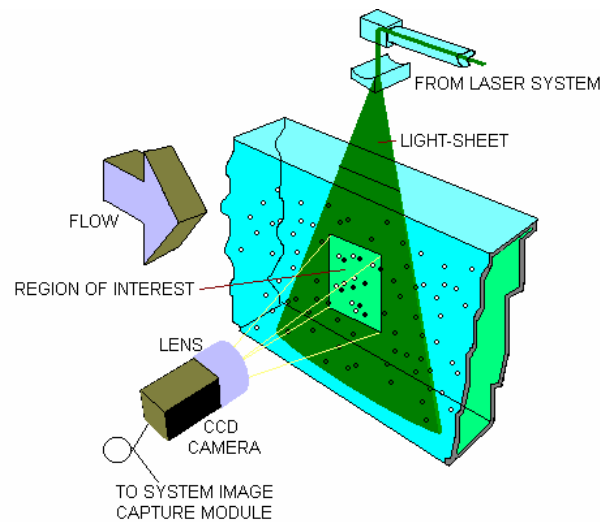


Figura 2. Diagrama del arreglo básico de Velocimetría por Imágenes de Partículas.

Velocimetría Volumétrica.

Para poder describir el comportamiento de fluidos inestables, se requiere hacer mediciones instantáneas, no-intrusivas y simultáneas de las cuatro variables que caracterizan un fluido: temperatura, densidad, presión y velocidad, en general junto con la presión/temperatura de las superficies de cuerpos con los que interactúa.

Se está en proceso de caracterizar una nueva técnica, la cual integra parte del conocimiento recientemente adquirido en los campos de películas delgadas, difracción, barometría luminiscente y análisis de datos. Para esto se ha desarrollado una técnica basada en un solo instrumento [2], capaz de hacer mediciones en tiempo real del campo de velocidad en tres dimensiones, así como de la temperatura/presión de la superficie con la que el fluido interactúa, en forma instantánea y simultánea usando un solo punto o acceso óptico.

Un diagrama esquemático del instrumento se muestra en la figura 3. Un flujo concentrado y puntual incide sobre una placa creando un campo de velocidad tridimensional. Al fluido se le han agregado una serie de pequeñas partículas tales como esferas de poliestireno. Un haz de luz láser verticalmente polarizado, se colima e introduce al eje óptico del sistema usando un arreglo de división de haz polarizado, este haz colimado y polarizado iluminará las partículas que se localicen en la zona de interés. Una placa retardadora de un cuarto de onda se coloca entre el divisor de haz y la zona de interés para cambiar la polarización del frente de onda a circular. Este cambio de polarización permitirá que la luz reflejada proveniente de las partículas iluminadas cambie su polarización a horizontal al cruzar nuevamente esta placa retardadora, dirigiéndose al detector de video. Si se pulsa el láser, entonces es posible grabar múltiples imágenes de las

esferas contenidas en la región de interés. Las imágenes adquiridas del campo esparcido por las partículas se analizan usando teoría generalizada de Lorenz-Mie, obteniéndose el campo de velocidad en tres dimensiones.

Además, gran parte de la energía del haz de luz no cae sobre alguna partícula sino que sigue a través de la zona de interés y cae sobre la superficie de la placa. Si esta placa se pinta previamente con una pintura sensible a presión y/o temperatura, la cual fluoresce en proporción inversa a la temperatura/presión de la placa y si esta fluorescencia es capturada por un segundo detector de vídeo, a través de un divisor dicróico, entonces es posible determinar la temperatura/presión de la placa al final de la región de interés. A la fecha ya se tienen algunos avances en la caracterización de esta técnica de Velocimetría Volumétrica [3-4].

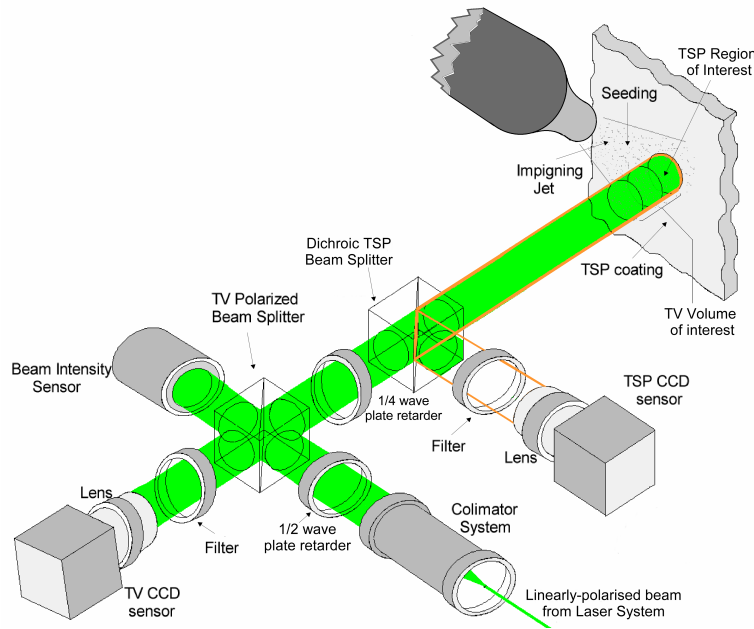


Figura 3 - Sistema de Velocimetría Volumétrica

3. CONCLUSIONES

Una vez concluida la calibración y equipado el laboratorio con las técnicas descritas se estará en posibilidades de ofrecer aplicaciones a la industria relacionada, creación de prototipos, instrumentación, además del desarrollo de ciencia básica en mecánica de fluidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Raffel, M., Willert, C., Kompenhans, J., "Particle Image Velocimetry", Springer Verlag, 1998.
2. Funes-Gallanzi, M., "Tunnelling Velocimetry: consilience comes to the study of fluid dynamics", Tenth International Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics, Instituto Superior Tecnico, LADOAN, Lisbon, July 10-13, 2000, & P.C.T. patents pending.
3. Moreno D., Mendoza Santoyo F., Guerrero J.A., Funes-Gallanzi M., " Particle positioning from a single CCD image: theory and comparison to experiment ", Applied Optics 39(28), 5117-5124, (2000).
4. Guerrero, J.A., Mendoza Santoyo F., Moreno D., Funes-Gallanzi M. Particle positioning from a single CCD: experiments and comparison to Generalized Lorenz-Mie Theory, Measurement Science and Technology., vol. 11, No. 5, 568-575, 2000.