

LABORATORIO DE PRUEBAS

NO DESTRUCTIVAS, CAVITACIÓN APLICADA

MARGARITA NAVARRETE MONTESINOS

Presentamos los avances del proyecto Cavitación aplicada desarrollado en el Laboratorio de Pruebas no Destructivas.

Cuando la presión de un flujo confinado decrece hasta llegar a un valor inferior a la presión de su vapor, la cavitación aparece. Estas discontinuidades llenas de vapor y gas se presentan como burbujas, y luego como conglomerados formando superficies, nubes, vórtices, etc. Su apariencia y estructura dependen de las características hidrodinámicas de dicho flujo y de la geometría que lo conduce. En la mayoría de los casos, la cavitación tiene un efecto negativo, el fenómeno es responsable de problemas como la erosión, ruido

y vibraciones, los cuales conllevan a un mal funcionamiento de las turbomáquinas y dispositivos hidráulicos. Por otra parte, en algunos casos particulares tiene un efecto positivo, por ejemplo, se logra reducir el arrastre, como en el caso de los vehículos submarinos, aumentando la eficiencia de las reacciones químicas para procesos de limpieza o preparación de nanopartículas, entre otras cosas. Para aplicaciones industriales, la cavitación ofrece un inmenso potencial para la intensificación de procesos físico-químicos de manera eficiente utilizando reactores. Cuando la cavitación se produce en un reactor, genera condiciones de temperaturas y presiones altas a nivel local (~ 100 atmósferas y 5000 K), genera turbulencia local y micro-circulación, aumenta los procesos de transporte, además, elimina resistencia en la transferencia de masa en sistemas heterogéneos pero manteniendo las condiciones macroscópicas generales del fluido casi sin cambios. Basados en el grado de intensidad (número de cavitación) se clasifica en transitoria o estable. Según la forma como se genere la cavitación se clasifica como: acústica, hidrodinámica, óptica, y de partículas. A la fecha, solamente se ha probado que la cavitación

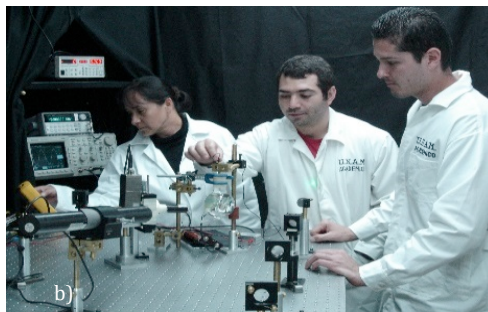
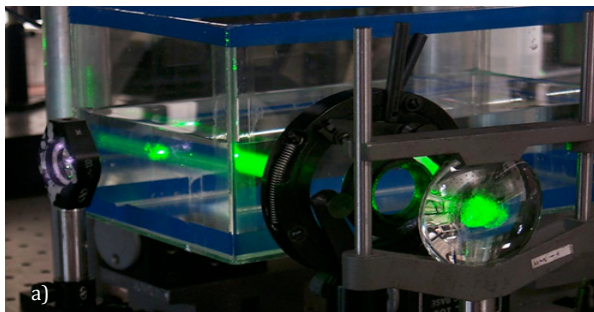


Figura 1. a) Cavitación por pulso láser; b) Sonoluminiscencia de una sola burbuja

acústica e hidrodinámica presentan alta eficiencia para producir cambios químico-físicos en los procesos industriales. Sus áreas de aplicación abarcan: disrupción celular microbiana; desinfección de microorganismos; intensificación del tratamiento biológico de aguas residuales (mejoramiento de la biodegradabilidad, digestión anaeróbica, lodos activados, deshidratación de biosólidos, etc.); cristalización; síntesis de biodiesel; emulsificación, extracción, etc.

En el Laboratorio de Pruebas no Destructivas empezamos a estudiar el fenómeno de la cavitación desde 2006 con apoyo de proyectos PAPIIT-UNAM, II-Internos e II-FI. El primero denominado “1. Estudios experimentales de la sonoluminiscencia y su análisis teórico por cuantización dinámica” (2006-2008); bajo este proyecto se estudió tanto teórica como experimentalmente la dinámica de una sola burbuja luminiscente usando campos ultrasónicos; luego en el proyecto “2. Aplicaciones de la luminiscencia acuosa por cavitación hidrodinámica en la

fotocatálisis: limpieza y desinfección de agua” (2009-2011), se diseñó, construyó, instrumentó y se probó un circuito hidráulico donde se emula la cavitación hidrodinámica usando un tubo Venturi. En el proyecto “3. Rompimiento de hidrocarburos de alta viscosidad inducidos por cavitación hidrodinámica rotatoria” (2012-2014), se rediseñó y adecuó al circuito hidráulico y al impulsor de la bomba para intensificar el proceso cavitante, para así alcanzar el rompimiento de enlaces secundarios y primarios de moléculas de bajo peso molecular. Con el proyecto “4. Dinámica de cápsulas esféricas de material hiperelástico inmersas en un líquido viscoelástico, sometidas a un campo de presiones ultrasónico: estudios experimentales y desarrollo del modelo teórico” (2014-2015), por primera vez estudiamos las burbujas con “cáscara” polimérica bajo campo ultrasónico. Entre 2014 y 2015 empezamos a estudiar la cavitación usando pulsos láser bajo el proyecto “5. Estudio de las ondas acústicas generadas por un pulso láser en bancos

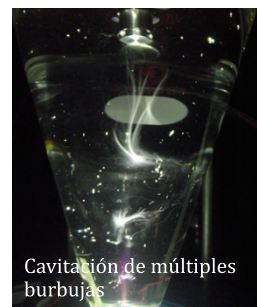
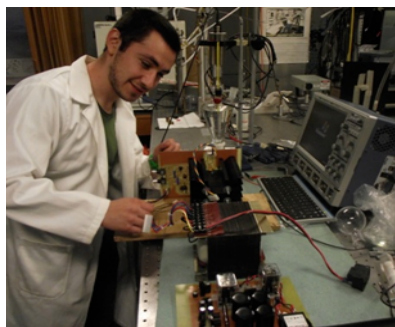
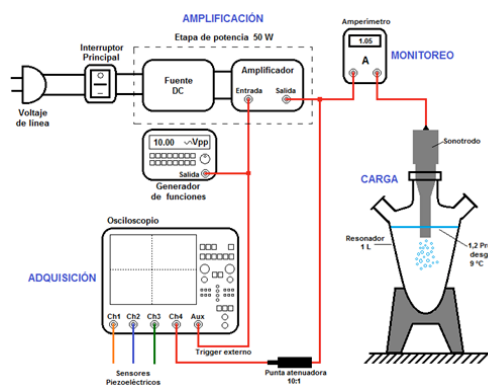


Figura 2. Aparato para el estudio de muchas burbujas usando campos acústicos en reactor cónico

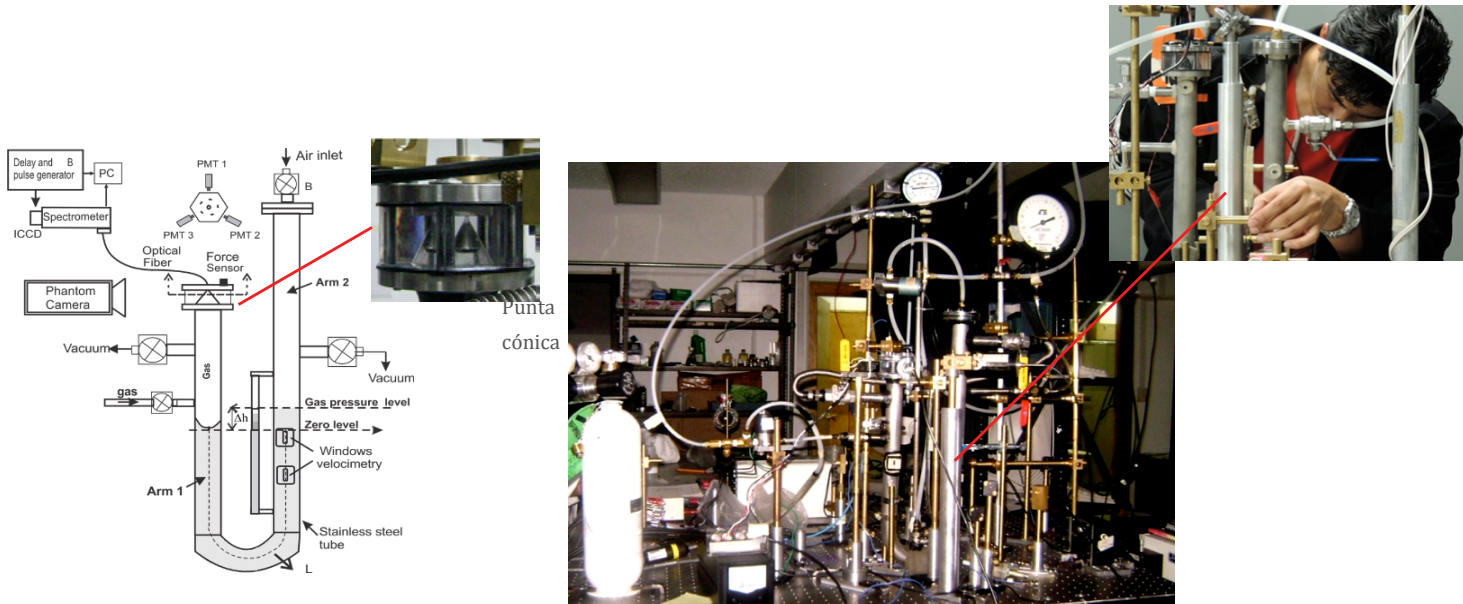
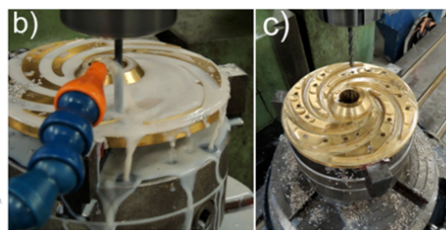
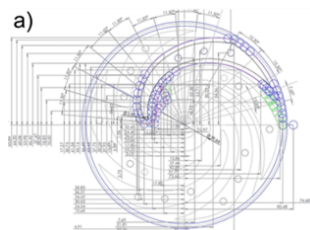
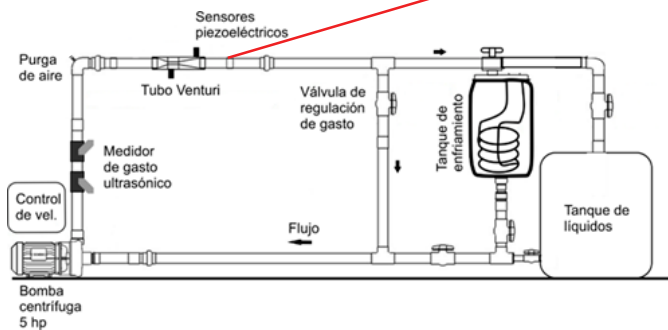


Figura 3. Aparato para el estudio del colapso de una burbuja cónica



Diseño y manufactura del impulsor cavitante

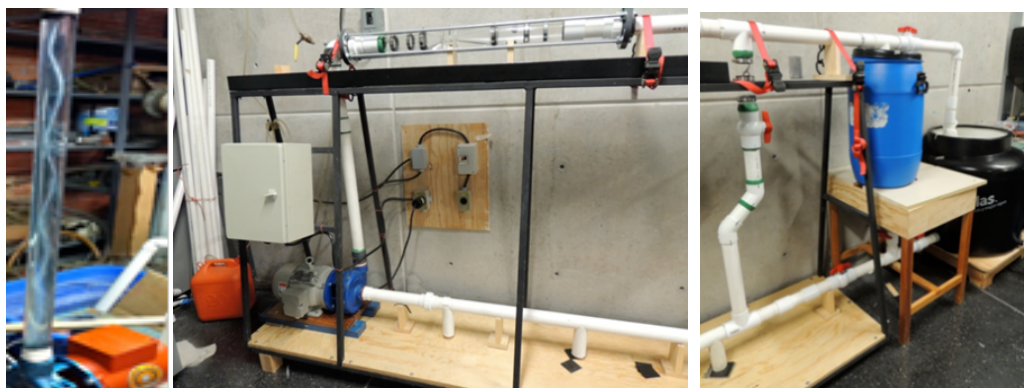


Figura 4. Circuito hidráulico para el estudio de la cavitación hidrodinámica

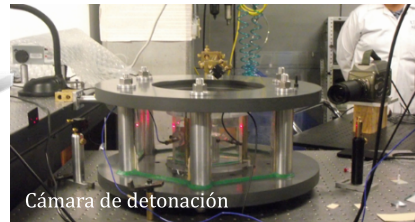
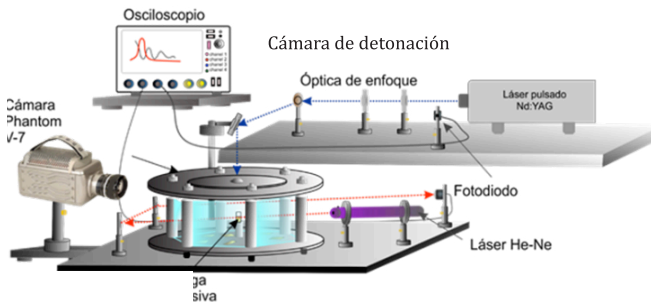


Figura 5. Cámara de detonación para el estudio de microcargas explosivas detonadas por pulso láser

de burbujas, refracción y reflexión en la acumulación de energía”. Aquí nos dimos cuenta que el proceso cavitante mediante pulsos láser es realmente deficiente debido a que la onda de choque no rebasa números de Mach cercanos a 1. Lo anterior, nos envió en la ruta para considerar que, para generar ondas de choque con números de Mach superiores a 1 tendríamos que utilizar explosivos. Así se abrió el proyecto “6. Estudios de los fenómenos físicos y químicos involucrados en la emisión de frentes de choque” (2015-2016); y para darle otra oportunidad a la cavitación óptica aplicada abrimos el proyecto “7. Cavitación óptica utilizando vórtices de luz” (2017). Terminamos nuestro recorrido en el estudio de la cavitación con el proyecto “8. Erosión por cavitación óptica, ultrasónica e hidrodinámica” (2017-2018) que actualmente desarrollamos para determinar ventajas y desventajas que cada una nos da y determinar en su justa perspectiva sus aplicaciones potenciales y daños.

No alcanzaríamos a describir los logros tanto experimentales como teóricos en el estudio de la cavitación, pero sí podemos decirles que nuestra producción abarca: ocho artículos en revista indizada; doce artículos en *proceedings*, tres artículos en congreso; veinte presentaciones en congresos y, una patente en trámite.

Artículos más importantes: Revista Mexicana de Física S 55(1) (2009) 85-89, Journal of Physics: Conference series, 274 (2011) 012095, 18 pp., Physical Review E 84, 016312(10) (2011) Ultrasonics Sonochemistry, 19 (2012), 668-681, Journal of Applied Mathematics 2012 (2012)591058 20 pp., Revista Mexicana de Física S, 59(1) (2013)77-83, Research Communications, 60 (2014) 15-20, International Journal of Multiphase Flow 76 (2015) 86-100.

Tesis de licenciatura desarrolladas: 7 (11 estudiantes titulados a nivel licenciatura), cuatro tesis de maestría y una en desarrollo (cuatro estudiantes titulados en maestría), dos de doctorado en desarrollo. |