

EXPERIMENTACIÓN Y DESARROLLO DE DISPOSITIVOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DEL OCÉANO

JOSÉ LÓPEZ GONZÁLEZ, MIGUEL F. DOMÍNGUEZ SANDOVAL, ANDRÉS O. CUEN ULLOA, BERNARDO FIGUEROA ESPINOZA, DAVID F. BALAM TAMAYO

Como consecuencia del crecimiento poblacional y económico, la demanda de energía eléctrica para satisfacer las necesidades de la población ha incrementado en los últimos años. Históricamente se ha recurrido a la quema de combustibles fósiles para la producción de energía y esto ha generado diversos problemas al medio ambiente, como el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero que contribuye al cambio climático (IPCC, 2014). Por tal razón, las fuentes de energía renovable surgen como alternativa para satisfacer la demanda de energía. Entre las fuentes de energía renovable se pueden mencionar aquellas denominadas fuentes de energía renovable convencional, entre las cuales se encuentran la energía eólica, solar y biomasa, entre otras, las cuales han probado su eficiencia y viabilidad. Estos dispositivos o sistemas

son capaces de aprovechar de manera rentable la energía que produce la naturaleza. Por otro lado, existen fuentes de energía renovable no convencional, que se encuentran en etapa de desarrollo como las fuentes de energía del océano, que a pesar del alto potencial de energía que posee, todavía no se establecen para producción a gran escala debido a múltiples razones, como son aquellas asociadas a condiciones marinas (alta corrosión, altos costos de operación y mantenimiento). En el Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros (LIPC) se llevan a cabo estudios encaminados al desarrollo de dispositivos de conversión de la energía del oleaje, las corrientes marinas y energía eólica, así como a la caracterización y cuantificación de los recursos utilizando para esto el modelado físico, numérico y mediciones *in situ*.

Actualmente en el LIPC se investigan varios tipos de dispositivos: uno de estos es el denominado OWC-MDS (por sus siglas en inglés Oscillating Water Column) basado en la teoría elaborada por Seung Kwan Song y Jin Bae Park (Song y Park 2015). El método de extracción por oscilación de columna de agua consiste principalmente de dos cámaras de aire invertidas y conectadas en la parte superior por medio de un conducto (figura 1). Las cámaras de aire poseen diferente sección transversal, hecho fundamental para el funcionamiento del sistema, ya que al paso del oleaje sobre ellas se produce una diferencia de fuerzas en el interior de las cámaras, la cual es compensada con una diferencia en los niveles de agua dentro de las mismas. Esta diferencia de presión (fuerza por unidad de área) genera un flujo de aire en el conducto (que conecta

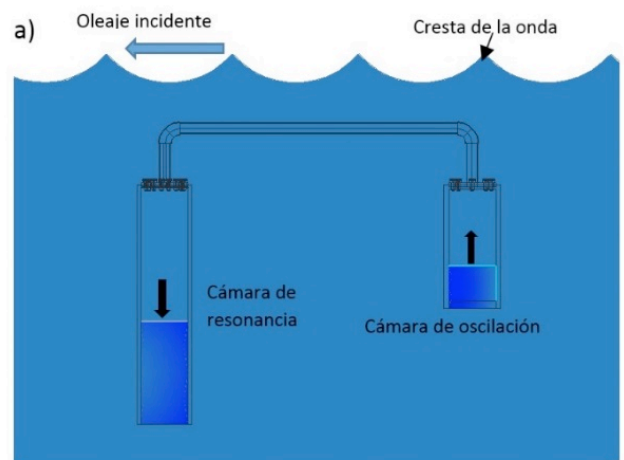
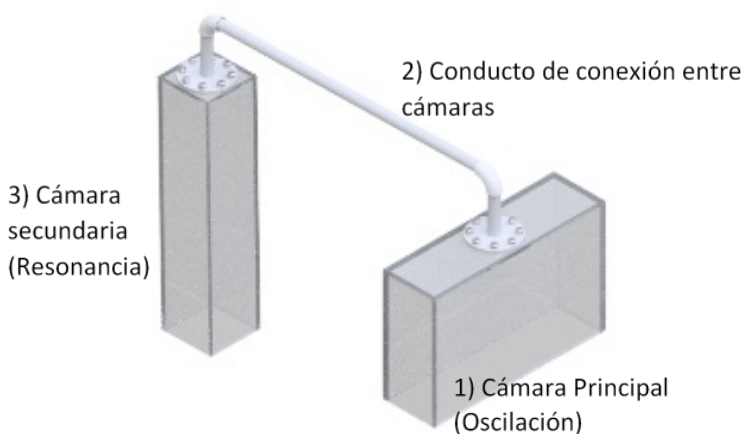


Figura 1. Dispositivo OWC-MDS

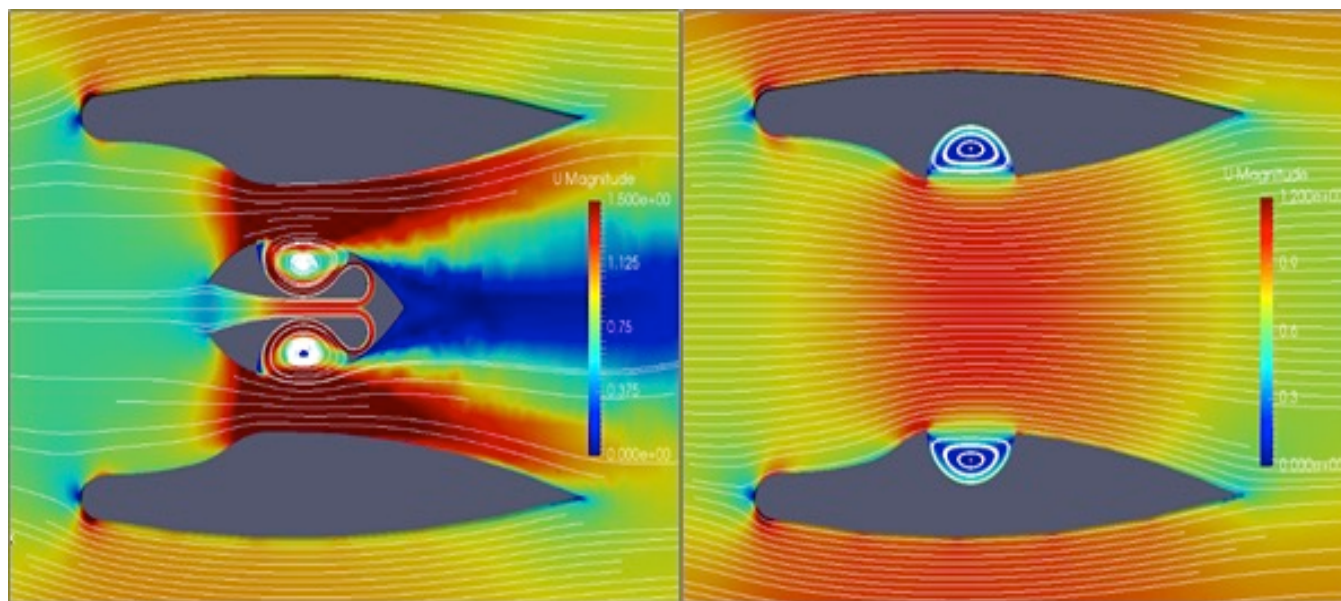


Figura 2. Campo de velocidades de hidrogenerador HyPa e hidrogenerador IMPULSA en 2D y líneas de corriente asociadas (Geometría del hidrogenerador IMPULSA obtenida de López et al., 2011)

las cámaras), que se puede aprovechar por medio de turbinas bidireccionales conectadas a un generador eléctrico. Con base en este principio, se planteó realizar un modelo físico de un dispositivo completamente sumergido el cual no tiene partes móviles, lo que lo hace económicamente interesante por los bajos costos de mantenimiento y se puede colocar prácticamente en cualquier sitio.

Otro de los proyectos que se desarrollan en el LIPC es el Hidrogenerador denominado HyPa (dentro del proyecto CEMIE Océano, ver también Gaceta II, No. 128) que aprovecha la energía de las corrientes marinas. El objetivo en esta etapa del proyecto es aumentar la eficiencia del dispositivo utilizando modelación numérica y pruebas experimentales. La idea original surgió en el Instituto de Ingeniería en el marco del proyecto IMPULSA (López-González *et al*, 2011). El dispositivo consistía en un pequeño catamarán de doble casco anclado en la corriente. Un par de concentradores colocados entre los cascos direccionan y focalizan la energía del fluido sobre dos rotores de eje vertical conectados a un generador (ver figura 2). Desafortunadamente al colocar una carcasa entre los dos cascos (estando el fluido en un medio abierto), la mayor parte de fluido se desviaba hacia los costados, por lo cual se eliminó la carcasa central

y se le adicionaron dos rotores de eje horizontal de tipo paletas. La incorporación de los rotores laterales surge de observar el comportamiento del fluido tanto en experimentos físicos como en modelación numérica. La figura 2 muestra la comparación de una simulación numérica con el esquema original (generador IMPULSA, López-González *et al*, 2012), así como el caso sin carcasa, donde se aprecia una mayor cantidad de líneas de corriente pasando entre los cascos del dispositivo (en el segundo caso).

De esta manera se incorporaron rotores de paleta de 4 álabes y se simuló el funcionamiento con modelo numérico DualSPHysics (figura 3), con el cual se obtuvieron distintas variables como velocidad y presión del fluido, dentro y fuera del hidrogenerador, con las cuales se podrá calcular la fuerza que ejerce el fluido sobre los rotores y con ello estimar la energía y eficiencia del dispositivo.

Por último, se presenta otro dispositivo de energía de corrientes que se investiga en el LIPC: es un dispositivo de álabes o perfil hidrodinámico oscilante (similar al ala de un avión) que se mueve en sentido vertical, del mismo modo que una aleta de ballena o delfín, impulsado por una corriente marina (o fluvial). La idea es aprovechar este movimiento oscilatorio para generar energía eléctrica renovable.

El álabe será impulsado por la fuerza de sustentación debida al movimiento del fluido, que depende del ángulo de ataque (con el que enfrenta la corriente). Este ángulo se puede modificar por medio de un actuador aplicando un torque que haga rotar el álabe hacia un ángulo óptimo, que permita la máxima extracción de energía (ver figura 4). Para estudiar este sistema, se implementó una simulación de la interacción entre el fluido y el álabe usando un código numérico abierto (openFOAM®), usando un mallado deformable. Se incorporó un bloque controlador que calcula la diferencia entre el ángulo de ataque instantáneo y el óptimo, y un actuador que aplica el torque necesario para llevar al sistema al ángulo deseado para maximizar la energía extraída del sistema (lazo cerrado de control). Actualmente, se trabaja en un modelo físico a escala para validar las simulaciones numéricas y entender mejor este tipo de sistemas complejos. |

Referencias

- Gaceta del Instituto de Ingeniería de la UNAM, No 128, Noviembre-Diciembre 2017. ISSN 1870-347X.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.)). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- López-Gonzalez J.; Silva-Casarín R.; Mendoza-Baldwin E. 2011. Aprovechamiento de de energía con las corrientes con el hidrogenerador Impulsa. Universidad Nacional Autónoma de México. Tecnología y Ciencias del Agua, vol. II, núm. 4, octubre-diciembre de 2011, pp. 97-110.
- Song, S. K. y Park, J. B., 2015. Apparatus and Theory of a Submerged Point Absorber using Oscillating Water Column. Proceedings of the Oceans 2013, pp.1-5.

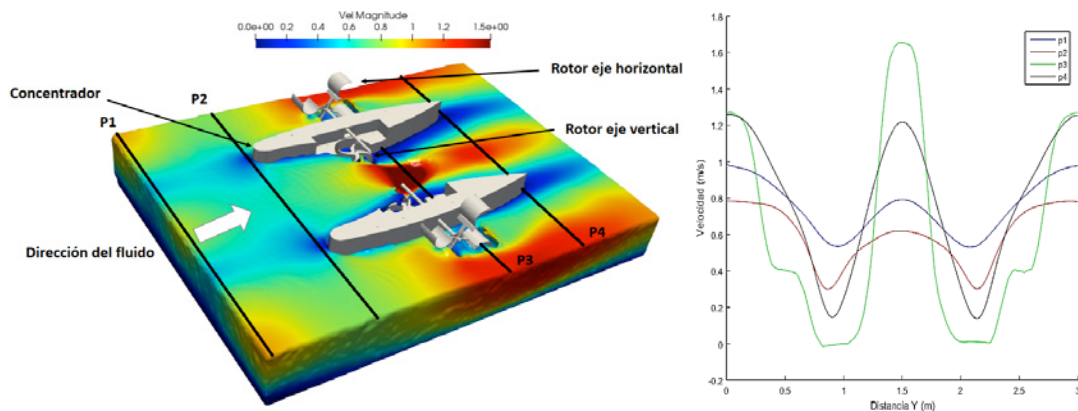


Figura 3. Simulación numérica con Dualsphys hidrogenerador HyPa en 3D y perfiles de velocidad en diferentes secciones del dominio

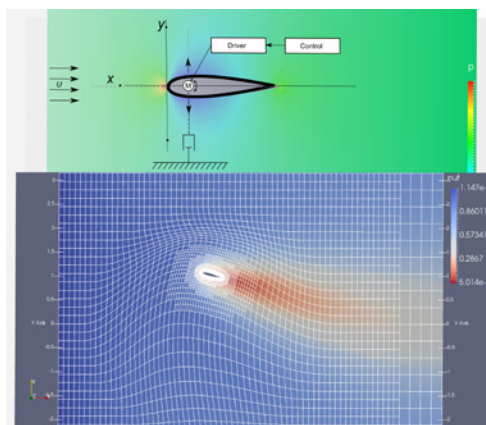


Figura 4. Parte superior: esquema de control del sistema fluido-álabe-controlador. Abajo: simulación numérica con OpenFOAM®. Se aprecia el mallado deformable que permite el acoplamiento fluido-estructura