



Por: Doctor José López González, Maestro Miguel Fernando Domínguez Sandoval, Maestro Andrés Orlando Cuen Ulloa, Doctor Bernardo Figueroa Espinoza y Maestro David Francisco Balam Tamayo; del Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros (LIPC) Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Unidad Académica Sisal, Yucatán.

Experimentación y Desarrollo de Dispositivos para el Aprovechamiento de la Energía del Océano*

En el Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros se llevan a cabo estudios encaminados al desarrollo de dispositivos de conversión de la energía del oleaje, eólica y de las corrientes marinas

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 como fuentes de energía renovable convencional, entre las que se encuentran la energía eólica, solar, biomasa y otras que ya 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 en etapa de desarrollo como las fuentes de energía del océano que, a pesar del alto potencial de energía que poseen, 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*.

Dispositivo OWC

Actualmente en el LIPC se investigan varios tipos de dispositivos: uno de estos es el denominado OWC-MDS (por sus siglas en

El álabo será impulsado por la fuerza de sustentación debida al movimiento del fluido, que depende del ángulo de ataque (con el que enfrenta la corriente)

2° CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL LEÓN 2018

La ingeniería ambiental, compromiso con el planeta.

ORGANIZADO POR:



CINAM

Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C.

Temas:

- Agua
- Suelo
- Residuos Sólidos Urbanos
- Residuos de Manejo Especial
- Aire
- Evaluación de Impacto Ambiental
- Evaluación de Riesgo Ambiental
- Energía y Cambio Climático
- Marco Jurídico Ambiental



www.ciinam.mx
Del 15 al 17 de Agosto
 Poliforum León, Guanajuato

[f /CongresoINAM](https://www.facebook.com/CongresoINAM) [@congresocinam](https://twitter.com/congresocinam)

PATROCINADO POR



GENERMASA
 Escuelas de Ingeniería Ambiental

SEMARNAT
 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ECOSISTEMAS



ASEA
 AGENCIA DE SEGURIDAD ENERGÍA Y AMBIENTE

CONAGUA
 COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

INECC
 INSTITUTO NACIONAL DE ECUELOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

CONUEE
 Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

PROFEPA
 PROTECCIÓN FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE

CRE
 COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

SENER
 SECRETARÍA DE ENERGÍA



fide
 FONDO FEDERAL DE INICIATIVA PRIVADA

CFE

GUANAJUATO
 Secretaría de Turismo

gto
 GOBIERNO DEL ESTADO DE GUANAJUATO

GUANAJUATO
 Gobierno del Estado

POLIFORUM LEÓN

Información y Ventas

ConsiiSA
 Congreso y Soluciones Integrales para la Industria S.A. de C.V.

Oficina: (01 55) 2159 1245
 Celular: (044 55) 2690 9005



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 en dos cámaras de aire invertidas y conectadas en la parte superior por medio de un conducto (figura 1).

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 experimen-

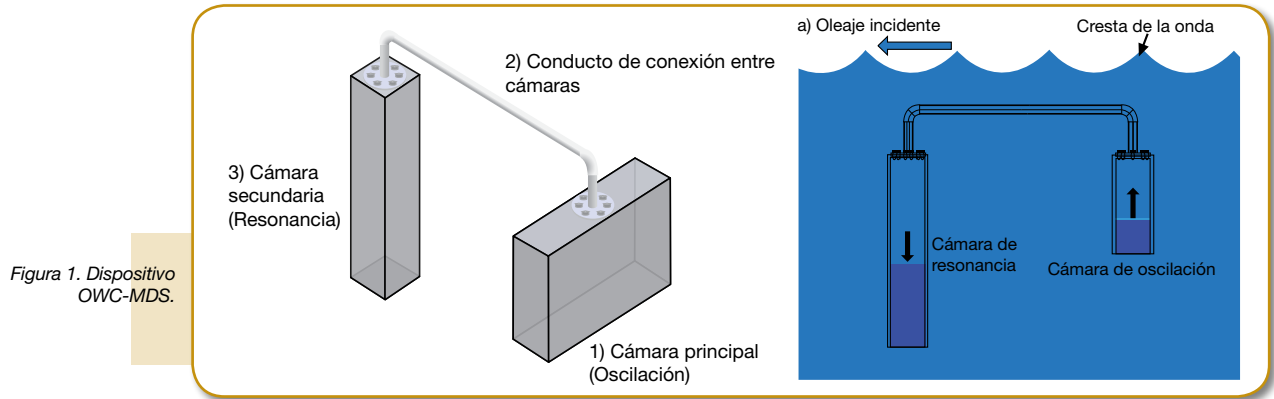


Figura 1. Dispositivo OWC-MDS.

Las cámaras de aire poseen diferente sección transversal, hecho fundamental para el funcionamiento del sistema porque el paso del oleaje sobre ellas produce una diferencia de fuerzas en el interior de las cámaras, la cual se compensa 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 a las cámaras) que se puede aprovechar por medio de turbinas bidireccionales conectadas a un generador eléctrico.

tales. La idea original surgió en el Instituto de Ingeniería en el marco del proyecto IMPULSA (López-González et al, 2011).

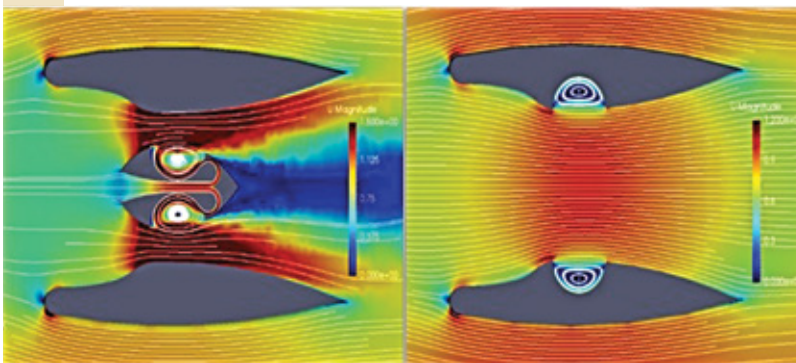
El dispositivo consistía en un pequeño catamarán de doble casco anclado en la corriente. Un par de concentradores colocados entre los cascos direccionan y focalizan la energía del fluido sobre dos rotores de eje vertical conectados a un generador (ver figura 2). Desafortunadamente al colocar una carcasa 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.

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.

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 cuatro álabes y se simuló el funcionamiento con modelo numérico DualSPHysics (figura 3), con el cual se obtuvieron distintas variables como velocidad y presión del flui-

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).



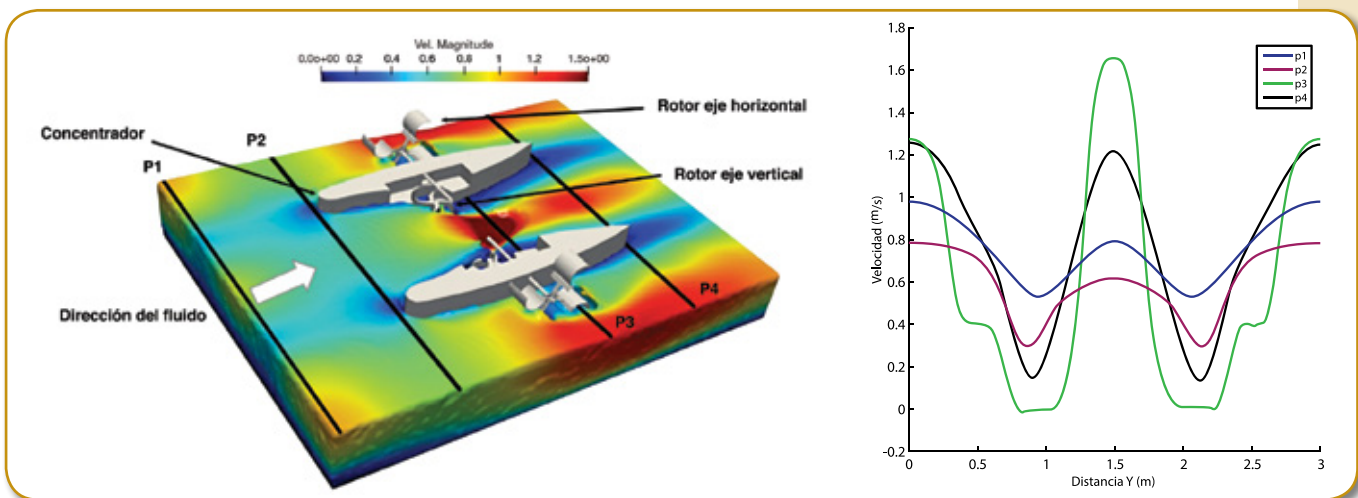
do, dentro y fuera del hidrogenerador, con las cuales se podrá calcular la fuerza que ejerce el fluido sobre los rotores y con ello estimar la energía y eficiencia del dispositivo.

Por último, se presenta otro dispositivo de energía de corrientes que se investiga en el LIPC. Se trata de un dispositivo de ábabe 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.

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 ábabe 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 ábabe 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, más un actuador que

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



El ábabe será impulsado por la fuerza de sustentación debida al movimiento del fluido, que

aplica el torque necesario para llevar al sistema al ángulo deseado a fin de 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 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.

*Este texto se publicó en la Gaceta del Instituto de Ingeniería (ingen) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), No. 131, mayo-junio 2018, pp. 10-12.

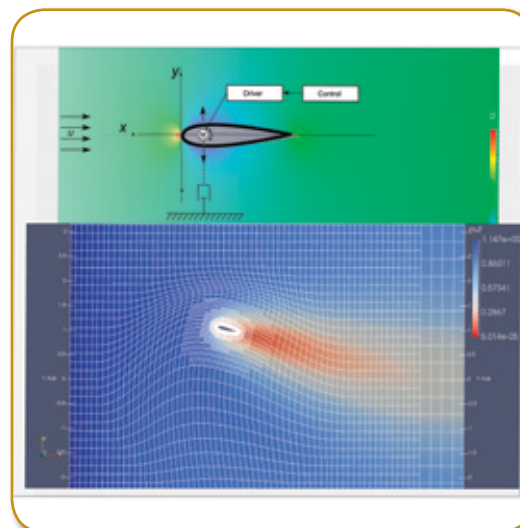


Figura 4. Parte superior: esquema de control del sistema de fluidos-ábabe-controlador. Abajo: simulación numérica con OpenFOAM®. Se aprecia el mallado deformable que permite el acoplamiento fluido-estructura.