

## Characterization of aerodynamic profiles to obtain energy using fluid flows

### PROBLEMA

Alineados con el MEPC 81 para la descarbonización de la industria marítima, y considerando que el mundo está buscando alternativas a los combustibles fósiles a través de las energías renovables, el extractor de energía del flujo de fluidos, el cual es basado en la biomimética del nado de los peces, tiene parámetros que necesitan ser investigados para obtener su máxima potencia y eficiencia.

### OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el comportamiento de perfiles hidrodinámicos simétricos (NACA 0020) y asimétricos (NACA 1412), sometidos a parámetros acoplados de desplazamiento vertical y rotación, con el propósito de identificar la configuración óptima para la extracción eficiente de energía de fluidos.

### PROPUESTA

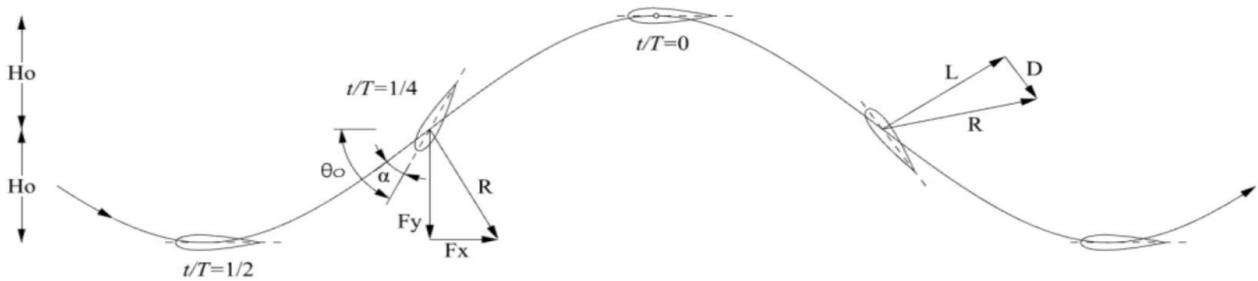


Figura 2: Movimientos acoplados del foil, desplazamiento vertical y rotación

La caracterización energética de perfiles hidrodinámicos es clave para optimizar los parámetros en los que deben operar. Este proyecto modelado bidimensionalmente fue simulado con dinámica de fluido computacional, CFD, y con mallas dinámicas para analizar sus movimientos acoplados de oscilación vertical (heaving) y rotacional (pitching). Este estudio permite continuar con futuras simulaciones tridimensionales, en régimen turbulento, y contrastar los parámetros operativos con pruebas experimentales de un prototipo, ver Figura 1.

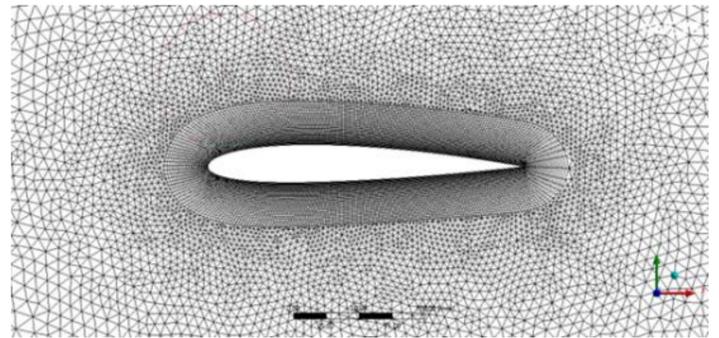


Figura 4: Malla del modelo numérico.

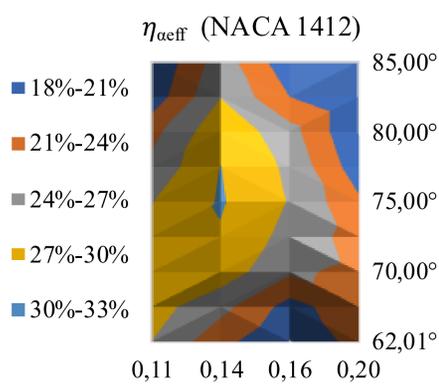


Figura 3: Superficies de combinación de los parámetros de operación  $f^*$ ,  $\theta_0$ ,  $\eta_{eff}$

Los parámetros estudiados fueron la amplitud del desplazamiento vertical, así como el ángulo de pitching ( $60^\circ$ - $85^\circ$ ), la frecuencia de oscilación adimensional,  $f^*=[0,11-0,20]$ , con dos velocidades del fluido que entran en el régimen laminar. Adicionalmente, se generaron mapas de eficiencia que revelan las combinaciones paramétricas en los que se obtuvo una máxima potencia, ver Figura 3. Actualmente, se están desarrollando nuevos estudios para extender esta metodología a regímenes turbulentos y geometrías biomiméticas, con la finalidad de diseñar y optimizar tecnologías energéticas escalables.

### RESULTADOS

Las simulaciones permitieron identificar eficiencias energéticas de mayores al 30% en el perfil NACA 1412 bajo condiciones óptimas ( $f^* = 0.11$ ,  $\theta_0 = 72^\circ$ ). El aumento del número de Reynolds de 735 a 1100 incrementó la potencia extraída 6 veces para perfiles asimétricos, evidenciando la importancia de la energía cinética del flujo. La inclusión del ángulo de ataque ( $\alpha$ ) definió regímenes de extracción energética ( $\chi > 1$ ) y maximizó la eficiencia. Estos resultados, validados con estudios teóricos, guían el diseño de un prototipo físico actualmente en fase experimental, con participación de estudiantes en simulaciones y análisis.

### CONCLUSIONES

- El análisis del ángulo de ataque efectivo reveló que este parámetro define regímenes de extracción energética ( $\chi > 1$ ), maximizando eficiencias mayores al 30% en perfiles asimétricos (NACA 1412) bajo movimientos acoplados.
- La inclusión de  $\alpha$  permitió identificar combinaciones óptimas ( $f^*=0.11$ ,  $\theta_0=72^\circ$ ) que superan estudios anteriores, validando interacciones no lineales entre parámetros para el diseño de tecnologías energéticas eficientes.

### RECONOCIMIENTOS

- Agradecemos al Decanato de Investigación por su colaboración con los ayudantes académicos, y a la FIMCP por facilitar el uso de licencias de ANSYS, permitiendo la realización de los estudios de simulación presentados en este proyecto.
- Adicionalmente, agradecemos a la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, FIMCM, por colaborar con el equipo de arrastre para nuestras pruebas experimentales.