

AVANCES EN LAS CAPACIDADES LOCALES DE MODELACIÓN FÍSICA EN TURBOMÁQUINAS

Juan Villemur, Rodolfo Pienika

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental, FIng, UdelaR, Uruguay

jvillemur@fing.edu.uy

INTRODUCCIÓN

El aumento de la demanda energética a nivel global implica la necesidad de mejorar la eficiencia de los sistemas que generan y consumen energía, así como también evaluar fuentes alternativas de generación. Bajo esta consigna, la realización de ensayos experimentales resulta fundamental para validar modelos y optimizar desarrollos. En este sentido, desde el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) se ha trabajado hace varios años en la mejora de capacidades de ensayo de turbomáquinas asociadas a la generación de energía hidroeléctrica y sistemas de bombeo. En este trabajo se presentan los últimos avances logrados en este campo, centrándose en particular en los bancos de ensayo de bombas como turbinas y de turbinas axiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El banco de ensayos de turbinas axiales del IMFIA fue construido en el marco de un proyecto para realizar el diseño, fabricación e instalación de una microturbina hidráulica en un embalse de riego (Pienika, et. al. 2020), y documentado en una tesis de maestría (Rovira 2023). En la figura 1 se presenta un esquema del banco de ensayos, el mismo cuenta con un sensor de presión diferencial para medir el salto en la turbina, un torquímetro dinámico para medir velocidad de giro de la turbina y par en el eje de la misma, y un caudalímetro ultrasónico para determinar el caudal que circula por la instalación.

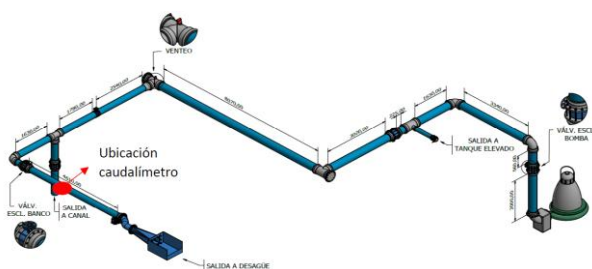


Figura 1.- Banco de ensayos de turbinas axiales. Fuente: (Rovira, 2023)

Previo a la realización de este estudio, el banco de ensayos no contaba con un variador de frecuencia (VFD) para controlar la velocidad del motor eléctrico, por lo que los ensayos realizados en los modelos solo podrían realizarse a la velocidad nominal del motor.

Uno de los objetivos de este trabajo ha sido la instalación de un VFD y la evaluación de las capacidades de ensayo de esta instalación con esta modificación. Como modelo a ensayar se utilizó la turbina de tipo hélice diseñada en el marco de la tesis doctoral de Pienika, 2022.

Se realizaron ensayos relevando salto (H), caudal (Q), velocidad de giro (N) y potencia generada (P), para realizar a posteriori un diagrama de colina adimensionado, calculando los parámetros adimensionados como se indican en las ecuaciones 1, 2 y 3.

$$Q_{11} = \frac{Q}{\sqrt{gHD^2}} \quad (1) \quad N_{11} = \frac{N.D}{\sqrt{gH}} \quad (2) \quad \eta = \frac{P}{\gamma QH} \quad (3)$$

Por otro lado, se analizaron las capacidades de ensayo del banco de bombas, diseñado también en el marco de una tesis de maestría (Crisóstomo, 2024). Este banco de ensayos, presentado en la figura 2, fue concebido para el ensayo de bombas como turbinas y cuenta con la instrumentación necesaria para relevar las características de funcionamiento de la bomba a ensayar (Caudal, Carga, Velocidad de giro y Potencia Consumida/Generada).



Figura 2.- Banco de ensayos de bombas. Fuente: (Crisóstomo, 2024)

El objetivo principal con este banco de ensayos fue evaluar y extender las capacidades de la instalación para la determinación del diagrama completo de funcionamiento de una bomba de velocidad específica $\Omega=1$.

El diagrama de funcionamiento completo se determinó a partir de las variables adimensionadas introducidas por (Knapp, 1938), presentadas en las ecuaciones 4 y 5.

$$f_{\zeta} = \frac{\zeta}{\alpha^2 + v^2} \quad (4) \quad f_{\beta} = \frac{\beta}{\alpha^2 + v^2} \quad (5)$$

Con $\zeta = H/H_R$, $\beta = M/M_R$, $\alpha = N/N_R$ y $v = Q/Q_R$, donde el subíndice R indica el valor para el punto de máximo rendimiento.

RESULTADOS

En la figura 3 se presenta el diagrama de colina obtenido para el modelo ensayado de turbina hélice. La forma del diagrama obtenido se aproxima a lo esperado según bibliografía consultada, además los resultados obtenidos para este modelo son coherentes con los obtenidos en ensayos previos.

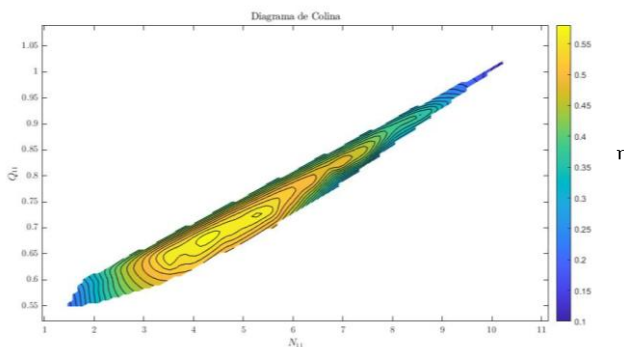


Figura 3.- Diagrama de colina obtenido.

En cuanto a los resultados obtenidos en el diagrama completo de funcionamiento de la bomba ensayada, se obtuvo el diagrama presentado en la figura 4.

En este diagrama se presentan las curvas iso- ζ e iso- β , en los cuatro cuadrantes de funcionamiento de una bomba, determinados por el caudal adimensionado y la velocidad de giro adimensionada. El resultado obtenido en términos cualitativos es acorde con las referencias consultadas para bombas de velocidad específica similar.

Estos resultados podrían resultar de utilidad para el cálculo de transitorios hidráulicos en sistemas de bombeo. Si bien la bomba analizada es de pequeño porte (1 HP), los resultados son utilizables para bombas de mayor potencia pero con igual velocidad específica.

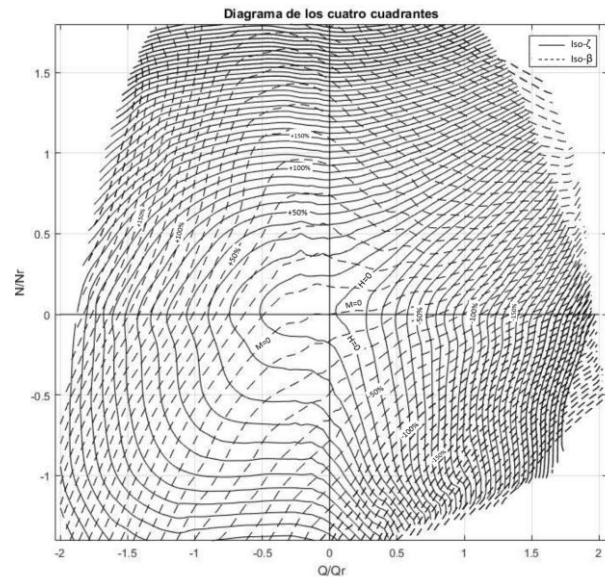


Figura 2.- Diagrama de los cuatro cuadrantes relevado.

CONCLUSIONES

Se relevaron satisfactoriamente las capacidades de las instalaciones experimentales, evaluando limitaciones y proponiendo mejoras en las mismas. Se logró poner a prueba las instalaciones, los sistemas de medición y técnicas de procesamiento de datos mediante el ensayo de dos modelos, obteniendo resultados satisfactorios.

REFERENCIAS

- Knapp, R. T. (1937).** Complete Characteristics of Centrifugal Pumps and Their Use in the Prediction of Transient Behaviour. Trans. ASME, 59,683-689.
- Pienika R., Rodriguez N., Rovira I. (2020).** Diseño, fabricación e instalación de una microturbina hidráulica en un embalse de riego – Informe Final. Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental – Facultad de Ingeniería – UdelaR.
- Crisóstomo, J. (2024).** Uso de bomba como turbina para micro-generación distribuida en líneas de agua potable [Tesis de maestría, Universidad de la República].
- Pienika, R. (2022).** Desarrollo de tecnologías para micro-aprovechamientos hidroeléctricos de bajo salto [Tesis doctoral, Universidad de la República].
- Rovira, I. (2023).** Construcción de banco de ensayos de turbinas hidráulicas y ensayo de modelo a escala de turbina axial. [Tesis de maestría, Universidad de la República].