

EVOLUCIÓN DEL DIMENSIONADO PRELIMINAR DE TURBINAS FRANCIS Y KAPLAN

Carvalho Rodrigues, Germán Elías; Lucino, Cecilia; Angulo, Mauricio

Universidad Nacional de La Plata,
Argentina – g.elias.carvalho98@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Durante la etapa de prefactibilidad de un proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico, resulta de interés contar con recomendaciones de dimensionado preliminar del equipamiento hidromecánico que se instalará para aprovechar la energía hidráulica.

En este trabajo se tomará como referencia el aporte de De Siervo y De Leva (1976, 1977) -en adelante DS y DL- para el dimensionado general de turbinas Francis y Kaplan, respectivamente, realizado a partir de una base de datos de turbinas de potencia mayor a 10 MW.

Estos autores, aplicando las leyes de la similitud y análisis estadístico encontraron ecuaciones que relacionan el número específico según potencia n_s con el salto útil H_u y, a partir de n_s , proponen ecuaciones para determinar la velocidad de giro, las dimensiones generales y el Sigma de instalación recomendado (parámetro de cavitación).

Siguiendo la misma metodología, en este trabajo se procesa una base de datos de diseños más recientes, con el fin de evaluar si se manifiestan cambios en el dimensionado general, después de casi 50 años, en los cuales ha habido importantes avances en el campo del diseño, especialmente a partir de la posibilidad de modelar el escurrimiento con técnicas avanzadas, a través de la dinámica de fluidos computacional (CFD).

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de la teoría de la similitud se puede demostrar que el salto útil y la potencia de una turbina pueden relacionarse con la velocidad de giro n de modo tal que el resultado de esa combinación resulta en un valor que se mantiene constante, independientemente del tamaño, para un diseño específico de turbina. Este parámetro es conocido como número específico según potencia n_s , y se calcula según la expresión:

$$n_s = \frac{n \sqrt{P}}{H_u^{5/4}} \quad [1]$$

A su vez, el coeficiente de velocidad tangencial k_u , que resulta de la similitud cinemática, se mantiene constante en turbinas

geométricamente semejantes. Expresando la velocidad tangencial en función del diámetro del rodete D queda:

$$k_u = \frac{D n \pi}{60 \sqrt{2 g H_u}} \quad [2]$$

La sumergencia recomendada H_s para prevenir el desarrollo de la cavitación, se obtiene a partir del Sigma de Thoma (σ), parámetro adimensional que viene dado por (H_{atm} : altura de presión atmosférica, H_v : altura de presión de vapor):

$$\sigma = \frac{H_{atm} - H_v - H_s}{H_u} \quad [3]$$

A partir de las leyes de similitud, DS y DL obtuvieron las ecuaciones $H_u - n_s$, $k_u - n_s$ y $\sigma - n_s$ aplicando la técnica de regresión lineal simple.

Para este trabajo, se realizó una extensa tarea de relevamiento de datos de turbinas puestas en funcionamiento a partir de la década del '90, que fueron procesados siguiendo el mismo procesamiento, a fin de poder comparar los resultados. Se procesó la información de 85 turbinas Francis y 26 turbinas Kaplan. Los datos relevados fueron el salto H_u , la potencia P , la velocidad de giro n , el diámetro del rotor D y, en algunos casos, la sumergencia mínima H_s .

RESULTADOS

En las figuras 1 y 2 se observa la relación entre H_u y n_s para turbinas Francis y Kaplan, respectivamente. Se presenta en línea llena la ecuación propuesta por DS y DL en 1976 y en línea de trazos, las tendencias correspondientes a los datos relevados en dos rangos de potencia diferenciados: de 10 MW a 40 MW y mayores a 40 MW, ya que se encontró una diferencia significativa entre ellos. Con el mismo criterio, en las figuras 3 y 4 se presentan las tendencias del coeficiente de velocidad k_u .

Comparando con las relaciones halladas por DS y DL, para potencias mayores a 40 MW, el número específico n_s correspondiente a un salto dado, resulta similar a algo mayor en las turbinas más modernas, lo cual indica, según la ecuación 1, que la velocidad de giro seleccionada es del orden o algo mayor en estas últimas. Sin embargo, cuando se analizan las turbinas con potencias comprendidas entre 10 y 40 MW se aprecia una tendencia contraria a la mencionada. En cuanto al coeficiente k_u , para las turbinas Francis se observa una tendencia de valores

algo mayores para ambos rangos de potencia, más acentuada para n_s más bajos. Para las turbinas Kaplan se aprecia un ligero aumento del valor de k_u para turbinas de más de 40 MW, mientras que para potencias menores es coincidente con la de DS y DL.

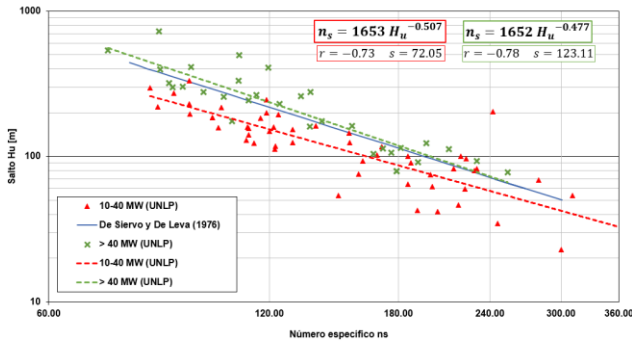


Figura 1.- Relación salto-número específico para turbinas Francis.

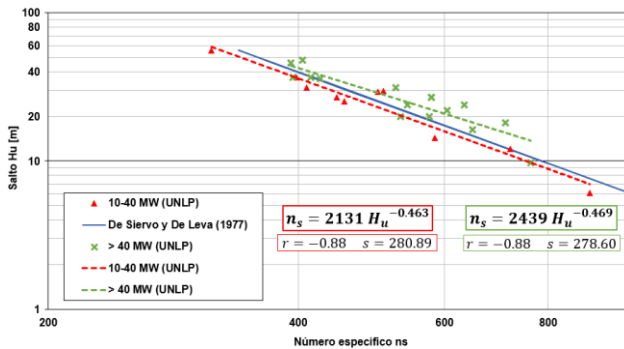


Figura 2.- Relación salto-número específico para turbinas Kaplan.

Finalmente, se obtuvieron datos de sumergencia de 6 centrales Francis, para los cuales la relación σ - n_s arrojó una tendencia a valores mayores que los recomendados por DS y DL.

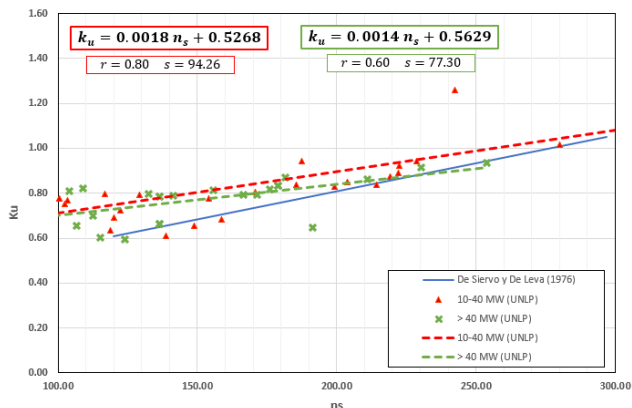


Figura 3.- Relación número específico coef. de vel. tangencial para turbinas Francis.

CONCLUSIONES

Se concluye que, tanto para turbinas tipo Francis como Kaplan, es recomendable utilizar ecuaciones de pre dimensionado diferenciadas por rangos de potencia: 10MW a 40MW y > 40MW, para encontrar el número específico recomendado para el salto del aprovechamiento.

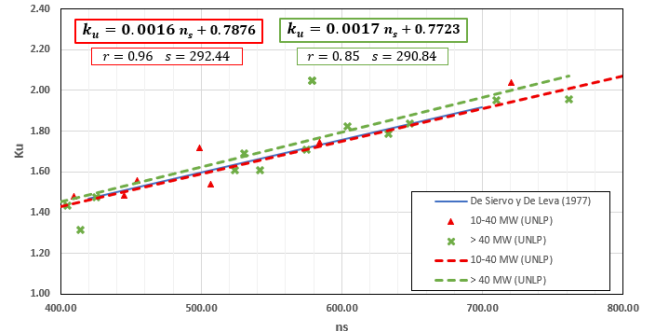


Figura 4.- Relación número específico coef. de vel. tangencial para turbinas Kaplan.

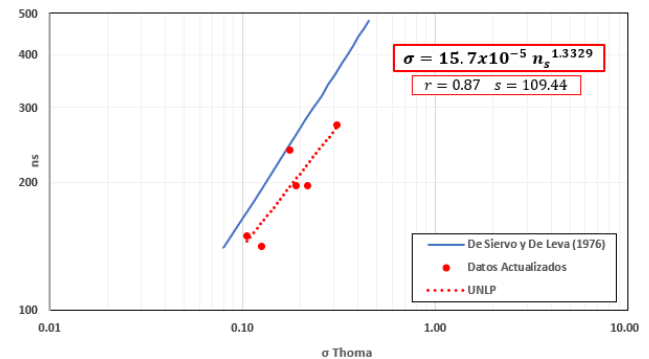


Figura 5.- Relación Sigma de Thoma-número específico para turbinas Francis.

Para centrales Francis de mediana y gran potencia, se aprecia la tendencia a seleccionar una velocidad de giro del orden o algo mayor a la propuesta por DS y DL, sin embargo, el coeficiente de velocidad específica tiende a ser mayor en las turbinas más modernas, especialmente para números específicos bajos. Del análisis de datos particulares, se puede determinar que efectivamente la velocidad de giro seleccionada es algo mayor, pero sin un equivalente en reducción de diámetro, lo cual significa una tendencia a diseños con velocidades tangenciales mayores (k_u mayores).

En cuanto al Sigma de instalación, para un número específico dado, para los datos procesados resulta mayor al recomendado por DS y DL, lo cual indicaría que en los diseños más modernos se requiere más sumergencia en turbinas de potencias medias y altas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

De Siervo, F. and De Leva, F. (1976). "Modern trends in selecting and designing Francis turbines". Water Power and Dam Construction, August 1976, pp. 28-35.

De Siervo F. and De Leva, F. (1977). "Modern trends in selecting and designing Kaplan turbines". Water Power and Dam Construction, December 1977, pp. 51-56.