

MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN WITNESS TESTS PARA LA DETECCIÓN DE CAVITACIÓN EN TURBINAS KAPLAN

Angulo M, Lucino C, Carvalho E, Rivetti A, Liscia S.

Laboratorio de Hidromecánica – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del La Plata, Argentina

mauricio.angulo@ing.unlp.edu.ar

INTRODUCCIÓN

Los ensayos de turbinas hidráulicas en modelo a escala reducida realizados para certificar el cumplimiento de los estándares de calidad del funcionamiento, normalmente se realizan siguiendo las pautas de la norma del IEC (1999) denominados Witness test, o ensayos presenciados. Estos son ensayos clave en el proyecto de una turbomáquina porque su aprobación implica la aceptación del diseño hidráulico y da comienzo a la fabricación del prototipo.

El laboratorio de Hidromecánica de la UNLP, como ente certificante, realiza “Ensayos especiales” (Angulo, 2019), complementarios a los indicados en la norma. Estos se basan en la medición de la vibración a través de acelerómetros ubicados en componentes estacionarios, cuya señal, adecuadamente procesada, resulta un indicador muy sensible de la presencia y desarrollo de la cavitación. Por otra parte, el adecuado procesamiento de la señal permite anticipar la ocurrencia de fenómenos particulares, como es la interacción rotor-estator. Esta metodología fue contrastada y validada con mediciones en condiciones homólogas realizadas en modelo y prototipo (escala real). En este trabajo se presentan dos casos de turbinas Kaplan de gran potencia y diámetro (mayor a 90 MW y 7 m) que muestran la utilidad de estos ensayos especiales durante las pruebas presenciadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se implementan en forma paralela a la ejecución de los ensayos de cavitación. Previo al ensayo es necesario montar tres acelerómetros en las posiciones indicadas en la Fig. 1. Los acelerómetros tienen una curva de respuesta plana de 1 a 30 kHz, frecuencia de resonancia 90 kHz y rango +/- 50 g (ENDEVCO-Isotron 7259B-50). La sujeción recomendada es mediante el pegado con cianocrilato. Los sensores se conectan a una placa de adquisición para poder realizar

mediciones de 40 s en cada punto con una frecuencia de muestreo no menor a 35 kHz. Durante este tiempo se deberá mantener en condiciones estables el valor de sigma de Thoma. En la Fig. 2 puede observarse la curva de sigma break y su correspondencia respecto al incremento del nivel de vibraciones medido como el desvío standard de dicha señal. Este parámetro es sumamente sensible al inicio de la cavitación y se observa un fuerte crecimiento en aquellos niveles de sigma donde comienza la caída de rendimiento asociada al desarrollo de algún tipo de cavitación (extremos de álabe, borde de ataque del lado de alta o baja presión o cubo)

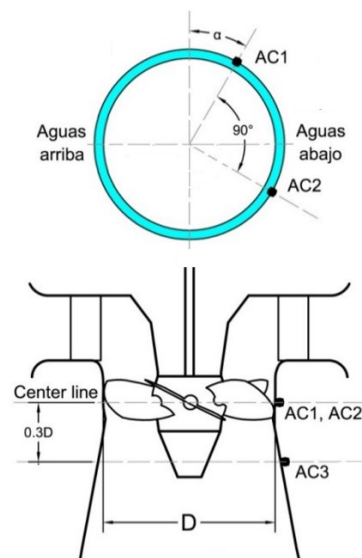


Figura 1.- Posición de los acelerómetros sobre el plexiglás que conforma el anillo de descarga y cono del tubo de aspiración.

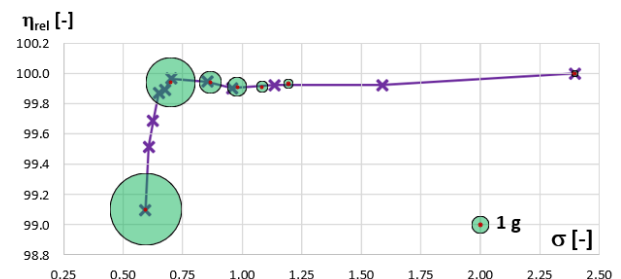


Figura 2.- Evolución del nivel de vibración (D_{st} AC2) conforme disminuye el valor de sigma y el rendimiento.

RESULTADOS

La implementación de las mediciones de vibraciones se resume en las figuras 3 y 4 en donde se muestra el nivel de vibraciones (Desvío standard) para la condición de sigma planta medida durante los ensayos de cavitación. En ambos casos se indican los límites de explotación de ambas turbinas (trazo naranja) en donde tanto los ejes X e Y como el rendimiento están referenciados respecto al punto de máxima eficiencia (BEP), H_{BEP} y P_{mecBEP} .

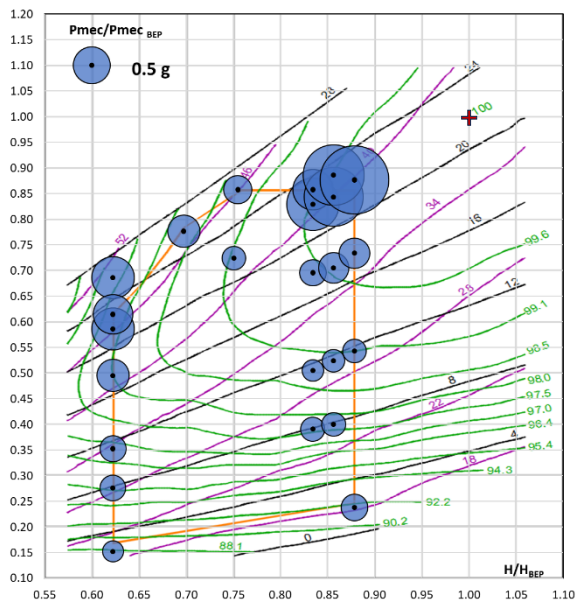


Figura 3.- Diagrama de explotación para la turbina A donde se indica el nivel de vibraciones promedio.

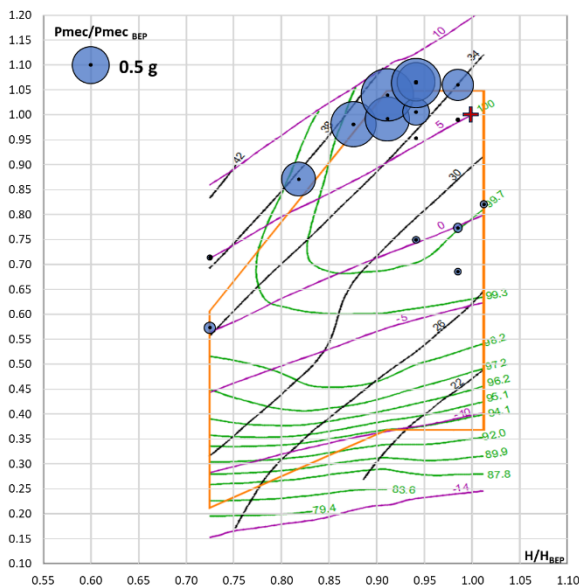


Figura 4.- Diagrama de explotación para la turbina B donde se indica el nivel de vibraciones promedio.

Para la turbina A, se verifica que $\sigma_{pl} \geq 1.35 \sigma_{1\%}$ mientras que para la B se verifica que $\sigma_{pl} \geq 1.25 \sigma_{1\%}$ con el requerimiento de que $\sigma_{pl} \geq \sigma_{inicio}$.

De esta forma los gráficos de vibraciones para sigma planta indican que aún cuando los niveles de desarrollo de cavitación son bajos, se observa un incremento apreciable de las vibraciones hacia los límites superiores de potencia del área de explotación.

CONCLUSIONES

Se implementó en ensayos “Witness tests” oficiales la medición de vibraciones en el cono del tubo de aspiración para la aprobación del diseño hidráulico de turbinas tipo Kaplan de gran potencia, lo cual es una novedad, dado que no existe aún en la norma IEC procedimiento o recomendaciones sobre dicha técnica. Estos ensayos especiales permitieron complementar la observación visual de cavitación que actualmente realiza personal especializado para identificar el inicio de la cavitación y su posterior desarrollo. Esta técnica permite objetivar este procedimiento e incluso permite alertar sobre el inicio o formación de cavitación que podría resultar de difícil observación o que ocurre de forma intermitente en una determinada condición de sigma.

Esta técnica ha sido validada con mediciones en prototipos de turbinas Kaplan de grandes dimensiones y en posiciones equivalentes a las sugeridas en esta publicación, confirmandose su validez como herramienta para realizar una evaluación más exhaustiva del inicio y desarrollo de la cavitación, por lo cual se recomienda su uso en los ensayos. Cabe destacar que el objetivo no es la traspolación de las magnitudes de las vibraciones del modelo al prototipo sino evaluar su aumento a medida que se desarrolla la cavitación.

REFERENCIAS

Angulo M., Lucino C., Rivetti A., Liscia S. (2019). Witness test y ensayos especiales en turbinas hidráulicas para evaluar la calidad del diseño. V Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería, UNLP, Argentina. ISBN: 978-950-34-1749-2. p 470-475.

IEC 60193 (1999). Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines - Model acceptance tests. International Electrotechnical Committee, Ed 2º 1999-11.