

RESUMEN Las turbinas Kaplan pueden desarrollar cavitación de extremo de álabe en ciertas zonas de operación. Esto acarrea la erosión del anillo de descarga de los álabes, junto con vibraciones asociadas a su pasaje. Con el fin de determinar si la inyección de aire forzada a través del anillo de descarga tenía efectos positivos en la reducción de las vibraciones, se realizaron una serie de ensayos sobre el modelo físico de la turbina. Probada la efectividad de la aireación, se llevaron a cabo ensayos en dos prototipos Kaplan de 155 MW, con diferente número de orificios y caudales de inyección. Se verificó que la solución con mayor cantidad de orificios logra reducir un 47 % las vibraciones para el mínimo caudal inyectado 0.06 ‰ a potencia máxima y con una afectación del rendimiento de la turbina por debajo del 1.3 %

Palabras clave: Kaplan, cavitación, vibraciones, inyección de aire, prototipo

MATERIALES Y MÉTODOS

ESTUDIOS EN MODELO FÍSICO

Se realizaron ensayos en escala 1:27.94 con un rodete de $D_M = 340$ mm. Sobre el anillo de descarga de acrílico se perforaron 20 orificios de 3 mm en un plano ubicado a $0.07 D_M$ aguas arriba del plano medio del rodete. Estos orificios se conectaron a un toroide al cual se inyectó aire a presión y se midió el caudal de aire inyectado. El anillo de descarga se instrumentó con acelerómetros en diferentes posiciones para evaluar el nivel de vibraciones en forma relativa. Se cubrió un amplio rango de potencias y caudales de aire.

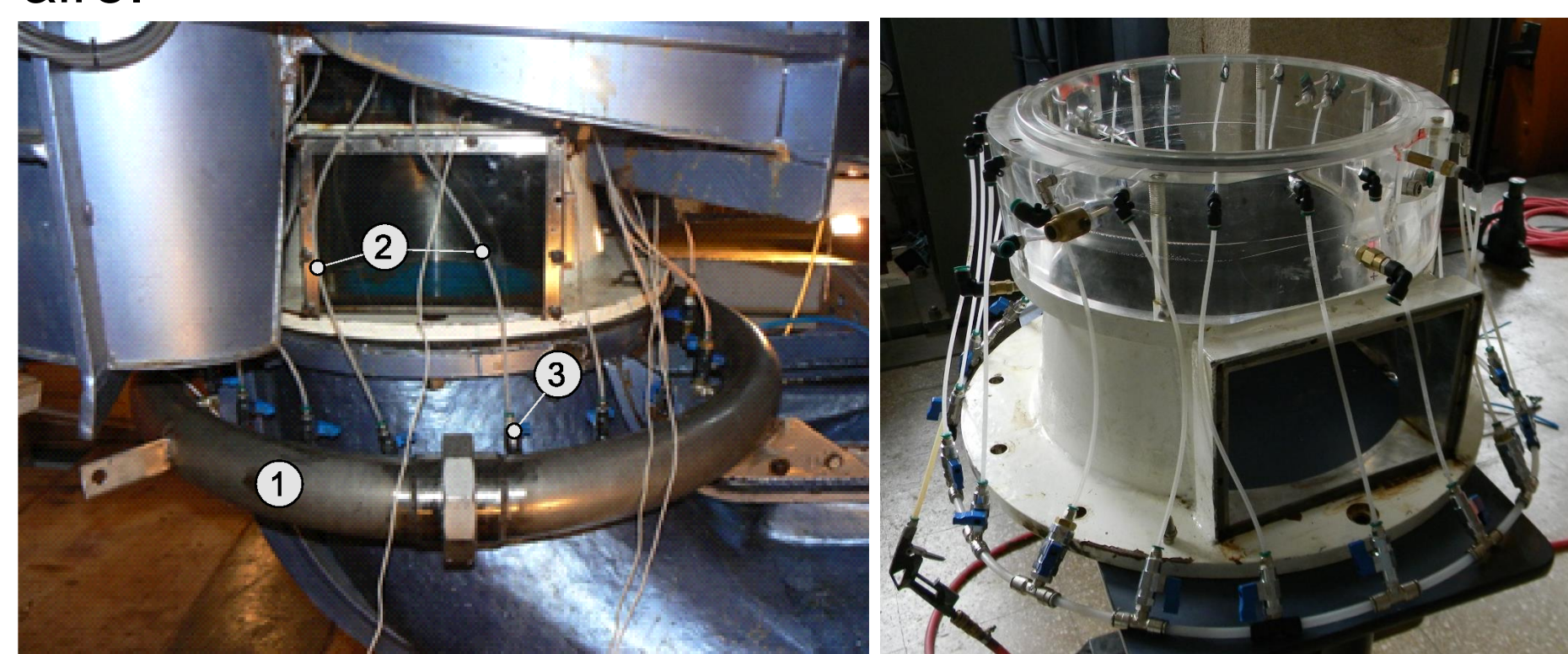


Fig.1-Anillo de descarga en acrílico con 20 orificios conectado al toroide (1)

ENSAYOS EN PROTOTIPO

Sobre dos turbinas de $D_p = 9.5$ m y $P_{m\acute{a}x} = 155$ MW, se diseñó e implementó un sistema de inyección de aire. Una unidad se perforó con 60 orificios y en otra 88. Se ensayó un rango de potencias que van de 0.64 a 1.0 de $P_{m\acute{a}x}$ y caudales de inyección de aire 0.06 a 0.8 ‰. Se instrumentó con un acelerómetro en igual posición que modelo y se registraron presiones fluctuantes en tubo de aspiración.

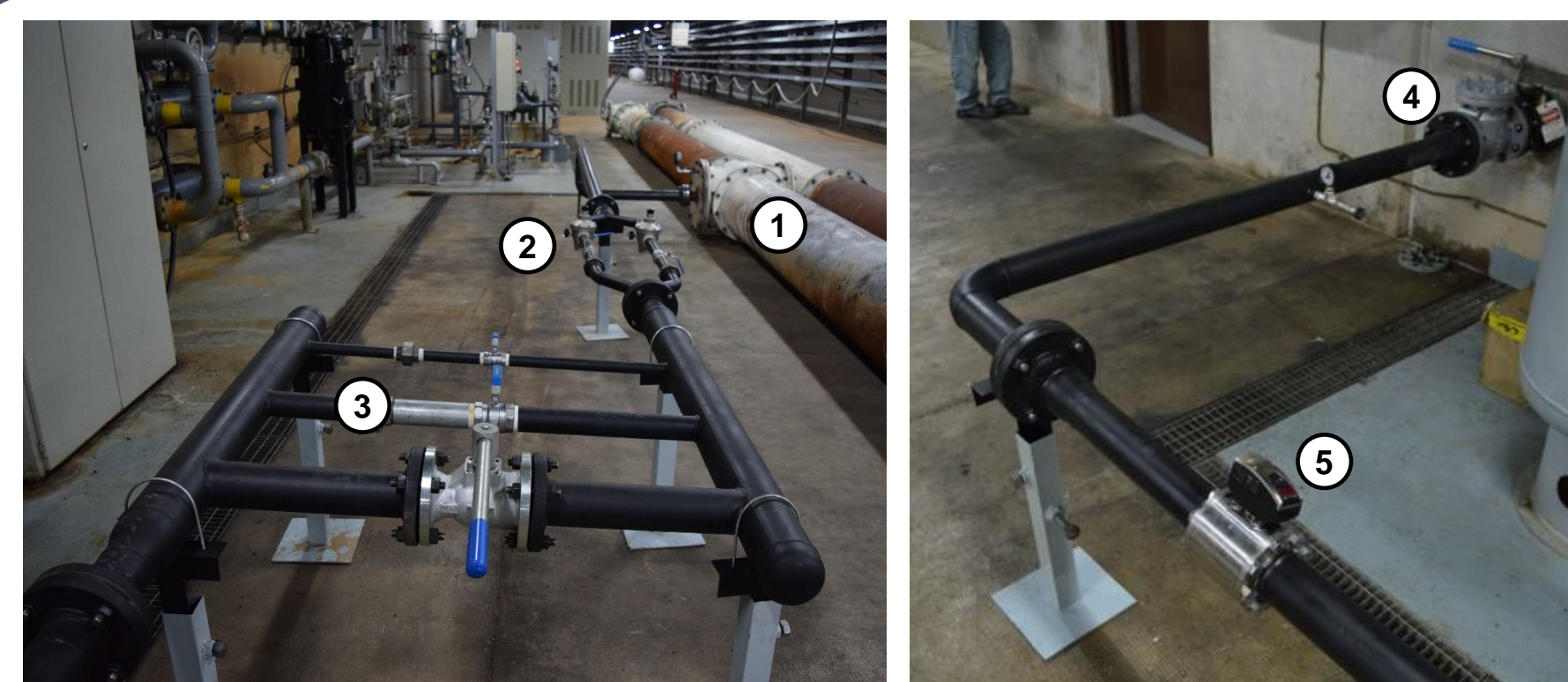


Fig.2-Sistema de inyección de aire. 1) Tanque de aire 2) Reguladoras de presión 3) Válv. reguladoras 4) Valv. de retención 5) Caudalímetro

RESULTADOS

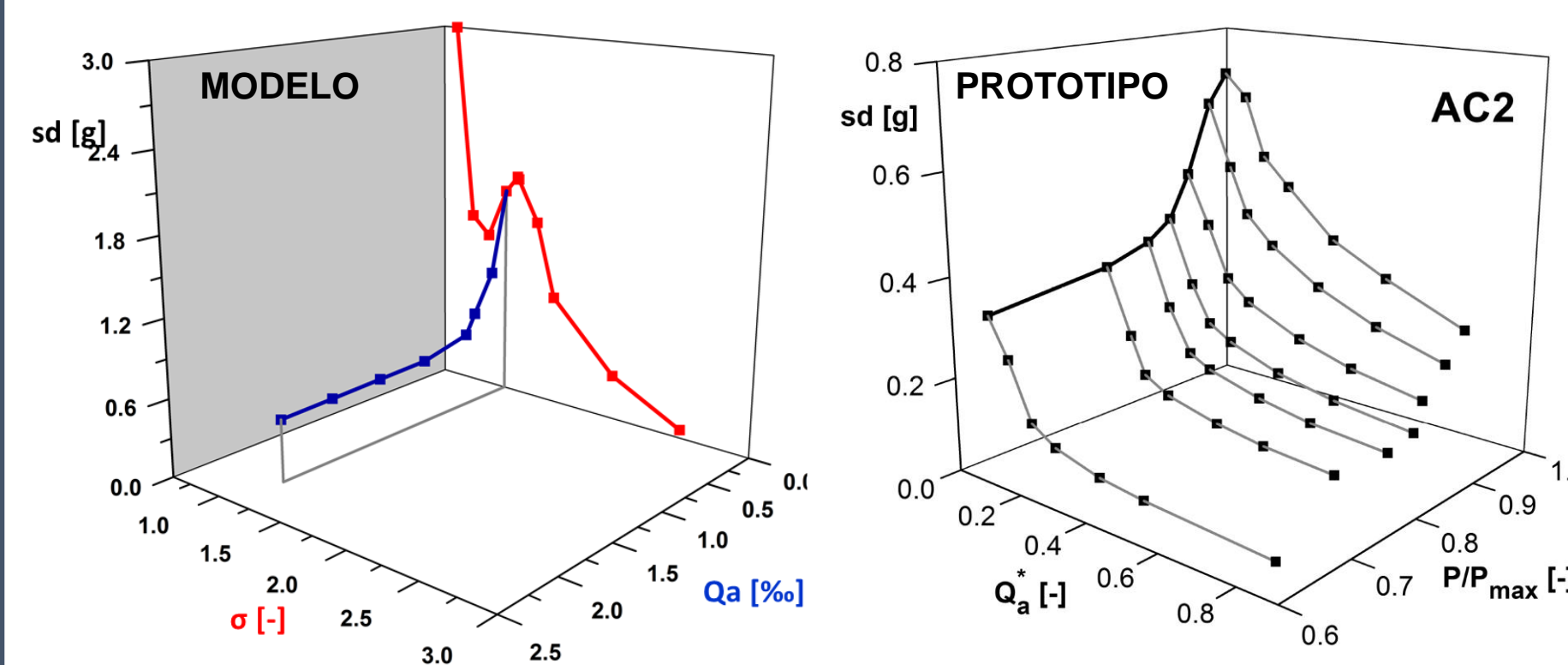


Fig.3- Resultados en términos de vibraciones en el anillo de descarga

En una primera fase, los resultados sobre modelo físico mostraron una buena atenuación del nivel de vibraciones aún con caudales mínimos de inyección (curva azul). Luego en la fase experimental sobre el prototipo se corroboró su efectividad incluso con caudales relativos menores a los probados en el modelo. Para potencias altas la inyección fue más efectiva dado el mayor desarrollo de cavitación. La afectación del rendimiento debido a la inyección de aire es menor al 3.4 ‰ para todos los casos.

CONCLUSIONES

- ✓ La inyección de aire resultó ser eficiente en mitigar las vibraciones generadas por la cavitación de extremo de álabe, tanto en modelo como prototipo
- ✓ Los resultados de los ensayos a escala reducida son consistentes con los de prototipo sirviendo para establecer los parámetros de diseño y ejecutar un ensayo de prueba en la central.
- ✓ La inyección resultó 9 veces más efectiva con 88 orificios respecto de 60, en cuanto a reducir las vibraciones para la máxima potencia y el caudal mínimo de inyección de aire.
- ✓ La afectación del rendimiento de la turbina es muy baja aún para los máximo caudales ensayados.

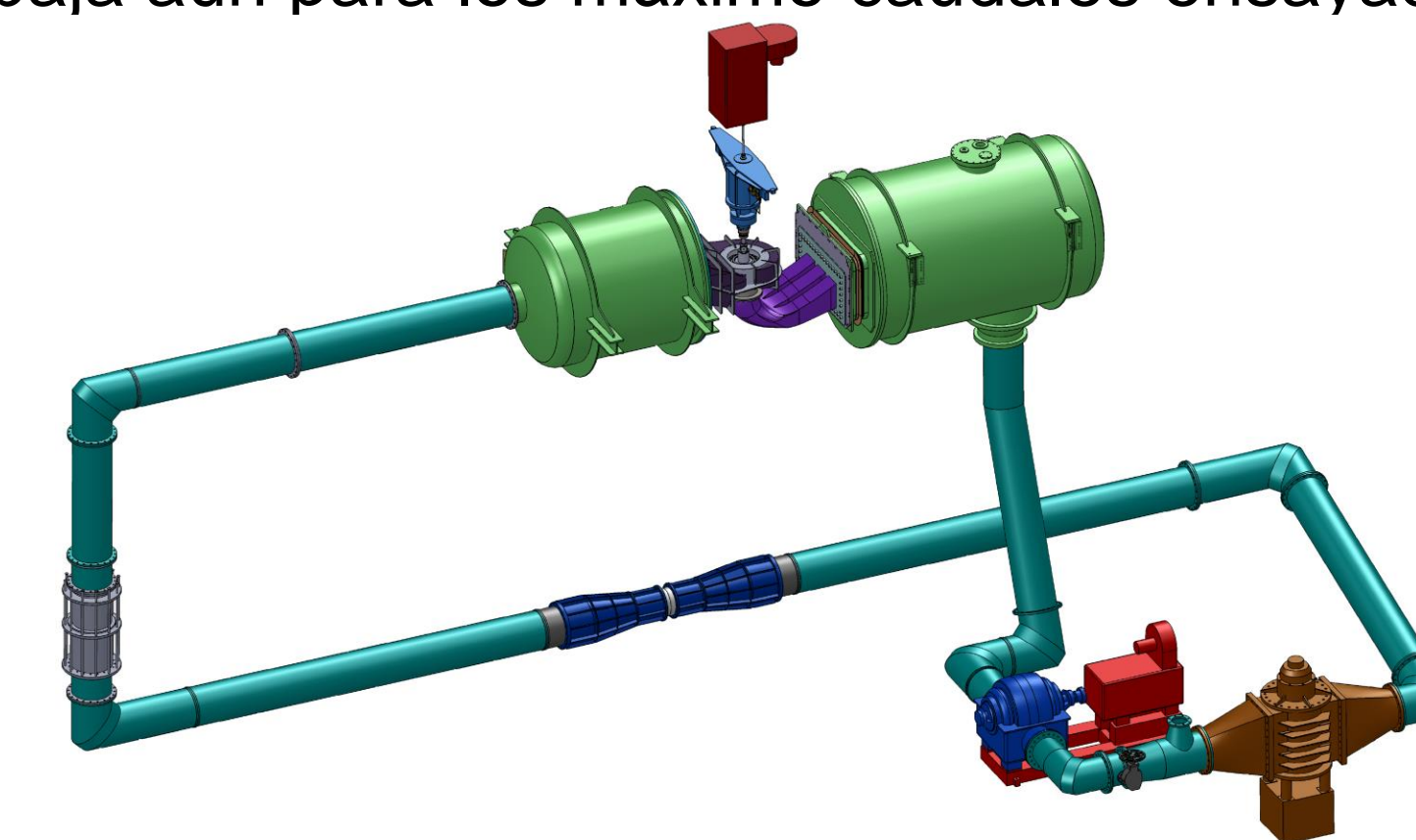


Fig.4-Banco universal de ensayos de turbomáquinas hidráulicas de la UNLP

BIBLIOGRAFÍA

- Angulo M et al. 2016 *Air injection test on a Kaplan turbine: prototype – model comparison.*
Rivetti A et al. 2016 *Implementation of pressurized air injection system in a Kaplan prototype for the reduction of vibration caused by tip vortex cavitation.*