

CORRECCIÓN DE VÓRTICES EN DÁRSENAS DE GRANDES ESTACIONES DE BOMBEO

José Luis Carner, Cecilia Lucino, Sergio Liscia

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

jlcarner@gmail.com; clucino@ing.unlp.edu.ar; solisclia@ing.unlp.edu.ar

Presentado en el XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica – San José de Costa Rica – Septiembre de 2.012

Introducción

La formación de vórtices de superficie libre y sumergidos es un problema que puede afectar severamente el funcionamiento de las bombas, por ser causales de: vibraciones que se traducen en desgaste de los cojinetes, caída de rendimiento por el ingreso de aire, caída de rendimiento por existir componentes tangenciales del flujo en el ingreso a las bombas, eventualmente, cavitación inducida por los vórtices de fondo y posibles sobrepresiones en la impulsión por la compresión rápida del aire incorporado. Esta problemática se intensifica con el aumento de los caudales de bombeo y la búsqueda de minimización del volumen de las obras y simplicidad de los diseños (para favorecer los procesos constructivos). En el caso que se presenta, además se pretende operar en condiciones de operación muy diferentes en cuanto a rango de caudales y niveles, lo cual hace que la etapa de optimización del diseño demande una serie de correcciones que deben verificarse en las distintas exigencias operativas.

Objetivos

El trabajo desarrolla los procesos de optimización y corrección del escurrimiento del agua hacia las bombas, ante distintas condiciones de operación de la Estación de bombeo, describiendo y validando medidas de remediación a través de mediciones sistemáticas de velocidad a la entrada de las dársenas de aducción y mediciones con rotámetros en el interior de las bombas (simuladas mediante sifones) en modelo físico.

Se realiza el análisis de los elementos de remediación colocados, como pantallas delante de las bombas y formas de fondo bajo las mismas, con el fin de reducir la generación de vórtices sumergidos.

Metodología

La metodología de trabajo, de base experimental, consistió en explorar las situaciones más adversas, repitiendo sistemáticamente el ensayo variando la cantidad de bombas encendidas por cámara de aducción y variando el orden de funcionamiento, para dos condiciones de operación: en nivel medio y en nivel mínimo.

Posteriormente se exigió incrementar en un 20% los caudales bombeados, para verificar la sensibilidad de las condiciones de aducción respecto de los efectos de escala.

Se consideró el funcionamiento de hasta 3 bombas por cámara de aducción donde se varió el orden de encendido de las bombas variando desde 3 hasta 9 como máximo, quedando siempre 1 bomba de reserva por cámara. Los caudales de bombeo de la EB varían desde $1,47 \text{ m}^3/\text{s}$ a $13,25 \text{ m}^3/\text{s}$ ($5.300 \text{ m}^3/\text{h}$ a $47.693 \text{ m}^3/\text{h}$).

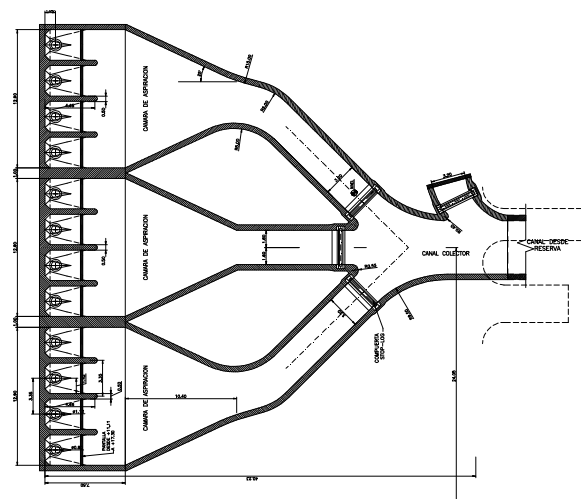


Figura 1.- Planta de la Estación de Bombeo Ensayada

El modelo físico fue desarrollado en escala de longitudes 1:7,93 y construido en chapa y acrílico para la visualización de los fenómenos de vorticidad

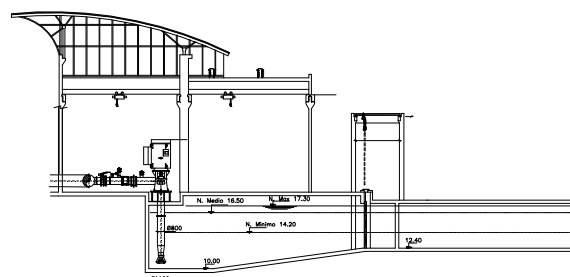


Figura 2.- Corte de la Estación de Bombeo con indicación de sus niveles de operación

Representación del escurrimiento superficial en las cámaras de aducción. Se observó el comportamiento de la superficie libre para cada ensayo realizando un esquema del campo de velocidades. Se utilizaron trazadores superficiales para poder tener una mejor valoración del patrón de escurrimiento.

Oscilación de niveles dentro de las cámaras de bombeo. En los casos donde se detectó una oscilación del nivel de la superficie libre se midió el periodo de oscilación y la amplitud de la misma.

Perfil de velocidades. Se realizaron mediciones a la entrada de cada dársena de bombeo para determinar el grado de uniformidad del perfil horizontal de velocidades. Se midió la velocidad en tres puntos próximos al fondo en la entrada de cada dársena de bombeo.

Vórtices superficiales y de fondo (en dársenas). Se utilizó la observación directa con la ayuda de trazadores para la

detección de vórtices superficiales y de fondo. Con respecto a la descripción y clasificación de los vórtices se adoptó la norma ANSI/HI 9.8-(1998). Como criterio de aceptación se admite la presencia de vórtices tipo II, de los descriptos en la norma, de manera permanente y la presencia de vórtices tipo III de manera estable o esporádica.

Pérdida de carga en dársenas. La pantalla existente en el ingreso de cada dársena de bombeo genera una pérdida de carga en el escurrimiento que se evidencia a través de un descenso de la superficie libre entre la cámara de bombeo y cada dársena. Se realizó la medición de dicho descenso con una cinta métrica para cada ensayo realizado.

Circulación en el tubo de impulsión. Para la valoración de la circulación dentro de las bombas se utilizan rotámetros según la norma ANSI/HI 9.8 (1998). Éstos permiten medir la componente tangencial de la velocidad absoluta, que es la que produce el giro del rotámetro, y está limitada a un valor máximo recomendado. La norma utilizada limita la circulación o el ángulo que se produce entre la velocidad meridiana y la tangencial a 5° .

El modelo físico se construyó en escala 7.83, obteniéndose, según lineamientos de la norma ANSA/HI 9.8, valores del número de Reynolds de 75.200 a la entrada a la bomba y valores del número de Weber de 547 en el mismo lugar, requiriéndose sumergencias mayores a 2 veces el diámetro de la campana de la bomba D , valores que se verifican en el proyecto y construcción de la EB. Con estos números adimensionales de Reynolds y Weber, la presencia de fuerzas viscosas y fuerzas producidas por tensión superficial es insignificante.

Análisis de los resultados

El funcionamiento general de la EB no pudo mantenerse estable para todas las condiciones de operación requeridas sin la colocación de las pantallas (curtain wall) y las formas de fondo (side walls). Otras medidas de estabilización de los escurrimientos como muros deflectores en las curvas de entrada a las cámaras sólo corregían efectos de circulación para algunas configuraciones de operación pero generaban perturbaciones al alterar cambios de encendido de bombas.

Sólo las pantallas "curtain wall" lograron hacer aceptables las condiciones de aducción a las bombas en su condición más crítica, con formas bajo las mismas "side walls" tal cual lo recomendado por el fabricante de las bombas. El parámetro fundamental de aceptación de las soluciones propuestas consistió en el estudio del rotámetro, cuya exigencia fue aún mayor, limitando a 3° el ángulo de desfasaje entre las velocidades tangenciales y meridianas, que se ha traducido en un giro máximo en prototipo de 6.6 rpm para las mediciones de tiempo requeridas por la Norma: reducidas (entre 10 y 30 segundos) y total (10 minutos). La norma permite aceptar mayores rotaciones siempre que ocurran en un porcentaje de tiempo menor al 10%.

La norma ANSI HI 9.8 exige, complementariamente la no observación de vórtices superficiales o sumergidos (de pared y de fondo), salvo por períodos muy cortos de tiempo, menores al 10%.

Los ensayos también fueron simulados numéricamente por medio del software Flow 3D (desarrollo CFD de Flow Science Inc.), que fuera previamente calibrado con resultados de una

geometría de dársena sencilla (Lucino, 2010). Este recurso aportó una mejor interpretación de la evolución de los patrones de circulación en el interior de la cámara y proximidades de las bombas.

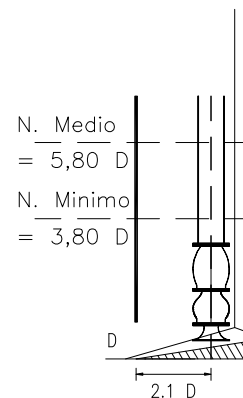


Figura 3.- Pantalla y formas de fondo adoptadas

Conclusiones

Los resultados de los 15 ensayos analizados luego de implementar elementos de remediación, como pantallas o *curtain walls*, y formas de fondo, tal como las recomendadas por el fabricante de las bombas, arrojaron resultados satisfactorios desde el punto de vista de los parámetros de referencia descriptos.

Del análisis de los resultados surge que los problemas a resolver en este diseño tienen origen principalmente en dos cuestiones: por un lado la dificultad de particionar el caudal en diferentes proporciones de acuerdo a las etapas operativas del proyecto logrando un escurrimiento de ingreso uniforme a cada uno de los canales de aducción, y por otro, la imposibilidad de lograr escurrimientos de aproximación a las dársenas libres de vorticidad con potencial ingreso de aire para las diferentes y variadas demandas de operación.

Referencias Bibliográficas

Lucino, C., Liscia, S. y Duró, G. (2010). *Detección de Vórtices en Dársena de Bombeo*. XXIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica 2010.

[2] American National Standard for Pump Intake Design ANSI/HI 9.8 -1998.