

XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje

“DRENAJE URBANO EN ZONAS DEPRIMIDAS. ESTUDIO DE CASO BARRIO RIVER – CAPITAL FEDERAL – ARGENTINA”

M. Cecilia Lopardo (1), J. Daniel Bacchiega (1), Claudio A. Factor (1)

(1) INA, Ezeiza, Au Ezeiza –Cañuelas km 1.6, 011-4480-4500, clopardo@ina.gov.ar

RESUMEN

Los desagües urbanos permiten evacuar los excedentes producidos por eventos de lluvia de relativa intensidad, facilitando su descarga en ríos, arroyos o lagunas. Las condiciones de diseño de este tipo de estructuras establecen su funcionamiento a gravedad, generalmente a superficie libre, impidiendo el anegamiento de calles y viviendas, al menos para la recurrencia de diseño adoptada. Sin embargo, existen casos donde el funcionamiento de estas estructuras se ve fuertemente condicionado por los niveles en el cuerpo receptor, impidiendo que se realice una descarga a gravedad sin anegamientos en superficie. Tal es el caso del denominado Barrio River, en la Capital Federal, donde sus cotas topográficas resultan deprimidas por lo que al producirse lluvias de cierta intensidad combinadas con niveles elevados del Río de la Plata (cuerpo receptor), se impide la descarga, generándose importantes anegamientos. Para evitar esta afectación debió construirse un sistema de desagües, complementado con una estación de bombeo que permitiera el drenaje de las aguas de lluvias. El diseño del sistema se efectuó a partir de la implementación de un modelo matemático hidrodinámico mediante el cual se simuló el comportamiento de los conductos, existentes y proyectados, y se establecieron, además, las condiciones de borde para el diseño de la estación de bombeo. El proyecto se complementó con la modelación física de esta última a partir de la cual se optimizó su comportamiento y el funcionamiento de las bombas. Se presentan en este trabajo las características principales del sistema proyectado, así como los resultados de la modelación matemática del sistema de conductos y la modelación física de la obra de bombeo.

Palabras claves: Desagüe urbano, Capital Federal.

ABSTRACT

Urban drainages allow evacuate surpluses produced by rainfall events of relative intensity, facilitating their discharge in rivers, streams or ponds. The design conditions of these kind of structures is by gravity operation, generally free surface, thus preventing flooding of streets and houses at least for recurrent design adopted. However, there are cases where the performance of these structures is strongly influenced by receptor levels, preventing a discharge is made without flooding in surface gravity. Such is the case of so-called River District in the Capital Federal, where their topographic heights are depressed so that certain intensity rains combined with high levels of the River Plate (receptor) inhibits the discharge, generating important flooding. To avoid this involvement must build a drainage system, complete with a pumping station to allow the drainage of rainwater. The system design is carried out on the implementation of a mathematical model whereby hydrodynamic simulate the behavior of the conduits, existing and planned, and established, moreover, the boundary conditions for the design of the pump station. The project was complemented by the physical modeling of the pump station from which optimized its performance and operation of the pumps. We present in this paper the main features of the planned system, and the results of mathematical modeling of the duct system and the physical modeling of the pump station.

Key words: Drainage system, Capital Federal.

SOBRE EL AUTOR PRINCIPAL

Autor 1: Se desempeña como jefe de proyectos del sector Obras Hidráulicas del Laboratorio de Hidráulica del Instituto Nacional del Agua, es docente de grado y posgrado de la Universidad Nacional de La Plata y de Buenos Aires. También ejerce como profesional independiente.

INTRODUCCIÓN

Los desagües urbanos suelen diseñarse para funcionar a gravedad. Esta condición no siempre es posible debido a que por diversos motivos pueden ubicarse zonas urbanas por debajo de la cota de los niveles de agua de los cursos cercanos. Tal es el caso del Barrio River el cual se emplaza dentro de la cuenca del Arroyo Vega y comprende un área de aproximadamente 50 hectáreas. En las siguientes figuras se muestra un esquema de ubicación de la cuenca del arroyo Vega dentro de la Capital Federal y el sector de la misma, comprendido entre las Avenidas F. Alcorta, Udaondo, Del Libertador y Monroe, y la calle Basavilbaso, que circundan al denominado Barrio River.

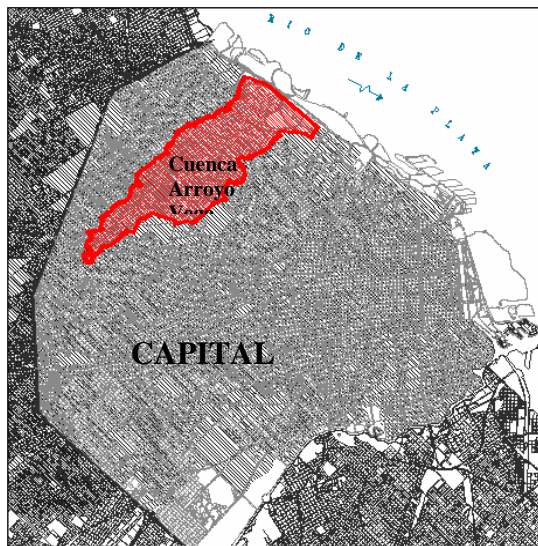


Figura 1. Ubicación cuenca A. Vega

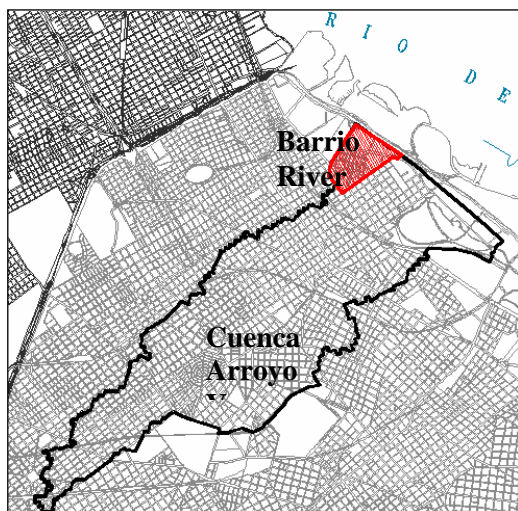


Figura 2. Ubicación del Barrio River

El sector señalado cuenta con un sistema de drenaje compuesto por conductos pluviales secundarios que drenan los excedentes hacia conductos de mayor porte que, finalmente, descargan en el Río de la Plata. Sin embargo, las cotas topográficas del sector resultan inferiores a los niveles medios del Río. Por esta razón, en numerosas ocasiones, cuando se producen lluvias de relativa intensidad con niveles altos del río, el sistema se encuentra imposibilitado de drenar sus excedentes por gravedad generándose procesos de anegamiento de variada magnitud. La posibilidad de evacuar los excedentes sin que se generen anegamientos importantes, está fuertemente condicionada por la factibilidad técnica y económica de incorporar una estación de bombeo en el extremo del sistema, previo a la descarga en el Río de la Plata. El estudio realizado permitió definir el comportamiento del sistema de drenaje, tanto por gravedad como por bombeo, estableciéndose las condiciones de funcionamiento de la estación elevadora a partir de la implementación de un modelo físico a escala reducida.

En la siguiente figura se observa la red de conductos existentes y los correspondientes conductos adicionales proyectados.

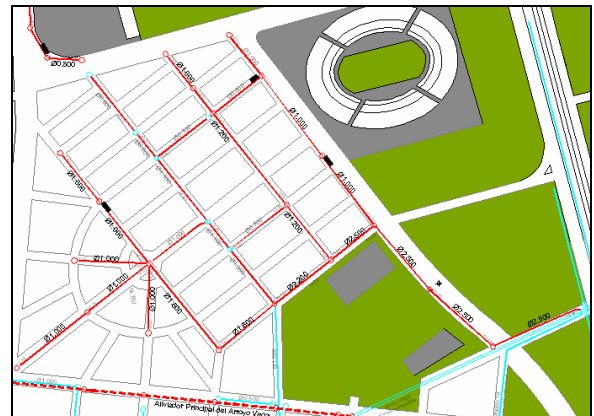


Figura 3. Red de conductos

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio comprendió dos etapas, la primera en la cual se realizó una modelación matemática para el estudio de la ampliación de la red desagües pluviales.

La segunda etapa abarcó la modelación física de la estación de bombeo requerida para evacuar los caudales excedentes.

Tal como se señaló, el sistema de drenaje propuesto comprende la implementación de conductos adicionales a los existentes, conformando una red de conductos que, en conjunto, permita evacuar los

excedentes producidos para la tormenta de proyecto seleccionada.

Para la definición del comportamiento hidráulico del sistema se utilizó un modelo matemático que permite la resolución de las ecuaciones de Saint Venant en flujos a superficie libre o a presión, en escurrimientos permanentes o impermanentes.

El área de aporte total comprende un sector de aproximadamente 50 Ha. el cual fue subdividido en 33 subcuencas con tamaños variables entre 0,23 Ha. y 7,38 Ha. En la siguiente figura se muestra un esquema de la discretización de cuencas adoptada.

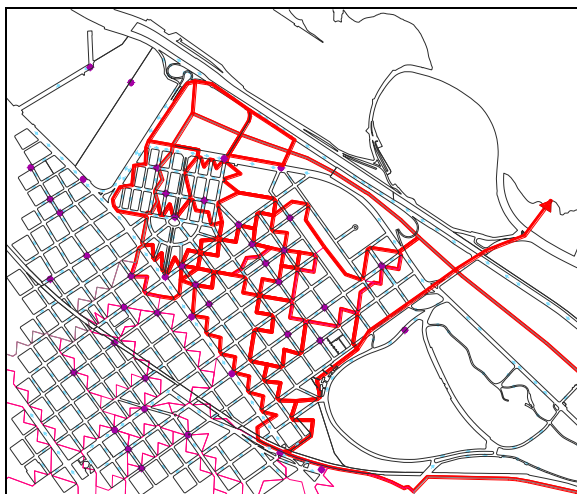


Figura 4. Subcuencas modeladas

De acuerdo al análisis de las cuencas en las cuales se subdividió el área de aporte, se estableció que el tiempo de concentración total de la cuenca de aporte al barrio River resulta del orden de los 74 minutos. Por esta razón, se ha considerado, una precipitación de proyecto correspondiente a un evento de tormenta intensa correspondiente a un período de 10 años de recurrencia, con una duración de 60 minutos y una precipitación total de 58 mm.

El modelo matemático permite la modelación de la red mayor (de calles) y de la menor (conductos) y a su vez se los puede vincular mediante la modelación de las bocas de tormenta. De este modo, la modelación se realizó disponiendo un nodo por esquina en las calles, en tanto que para la esquematización de la red de conductos se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Puntos donde los conductos cambian de tamaño o forma
- Lugares donde los conductos cambian de pendiente
- Cambios en la dirección de los conductos

A partir de lo anteriormente señalado se han dispuesto en el modelo una cantidad de 92 nodos, correspondiendo aproximadamente la mitad a nodos de calle y los restantes a nodos de conducto..

La modelación se ha realizado considerando un nivel a la salida de +12.00 m correspondiente al valor que alcanza en la descarga a partir del funcionamiento de la estación de bombeo.

En los siguientes puntos se efectúan comentarios sobre los resultados obtenidos del comportamiento hidrodinámico de la red de conductos.

COMPORTAMIENTO HIDRODINÁMICO DE LA RED DE DRENAJE

El sistema proyectado permite la evacuación de un caudal máximo de 10 m³/s correspondiente a un evento de tormenta de 10 años de recurrencia.

En el contexto planteado, la modelación de la ciudad se efectuó con los siguientes objetivos básicos:

- ✦ Establecer el comportamiento del sistema de conductos proyectados, así como los conductos que actualmente se encuentran funcionando en el denominado Barrio River.
- ✦ Establecer los niveles piezométricos resultantes para un evento de tormenta de 10 años de recurrencia.
- ✦ Determinar si los niveles de agua en calle residuales resultan compatibles con el normal desarrollo de la vida urbana, tanto para la condición establecida en la primera etapa del proyecto como en la etapa definitiva, una vez construida la presa de control en la desembocadura del arroyo Vega.

Estas determinaciones fueron realizadas para dos niveles de río característicos: uno correspondiente a eventos de sudestada con un nivel de río de 13,50 m. El segundo escenario considerado corresponde a la condición resultante de implementar la estación de bombeo, la cual cuenta como premisa de diseño, generar un nivel en la cámara de aspiración de 12,00 m.

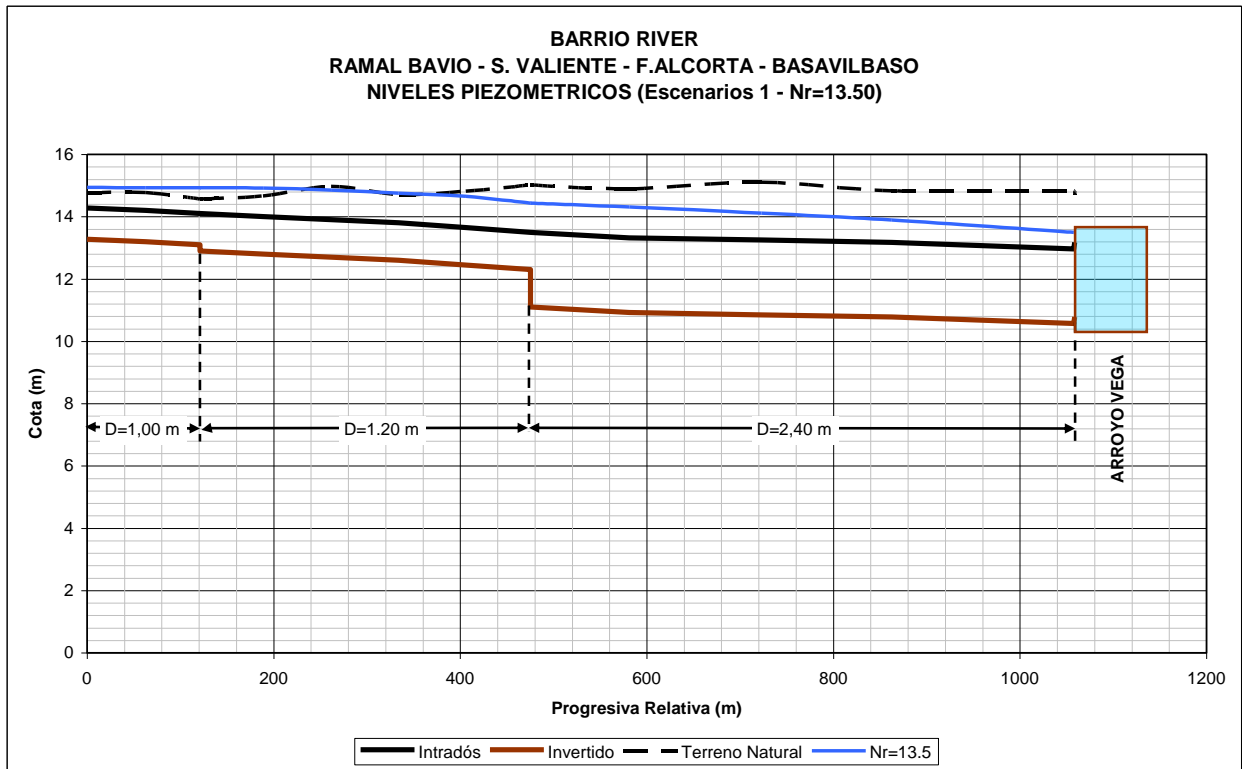


Figura 5. Perfil longitudinal Nr 13.5

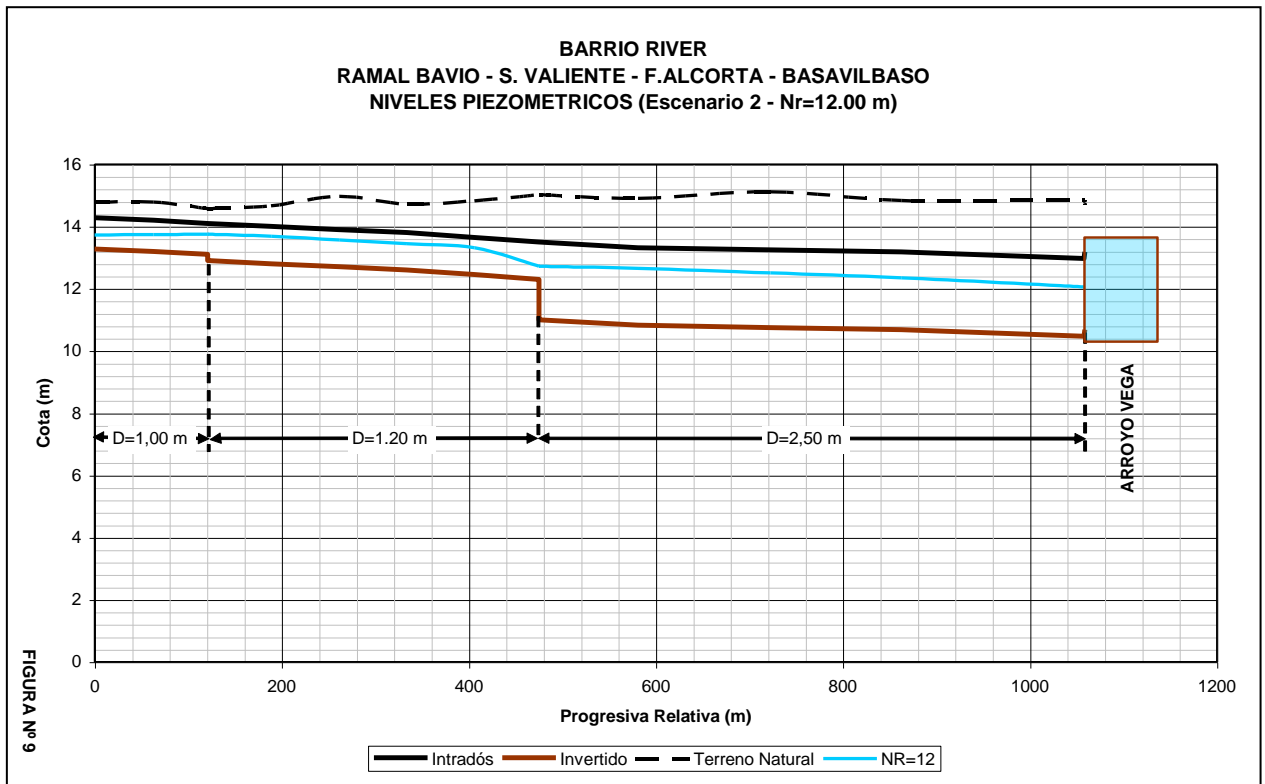


Figura 6. Perfil longitudinal Nr 12.0

En las figuras anteriores se observa la envolvente piezométrica máxima generada en uno de los conductos del sistema con las dos condiciones de borde establecidas. Tal como se observa, la presencia y buen funcionamiento de la estación de bombeo resulta determinante para que los niveles piezométricos resultantes sean inferiores a las correspondientes cotas del terreno natural.

En ese marco, no se registran anegamientos en calle para la condición de diseño preestablecida, siempre y cuando se encuentre presente la estación de bombeo.

Del mismo modo, pudo verificarse el comportamiento general del conducto final de descarga que permite la evacuación de los excedentes totales generados en la cuenca hacia la estación de bombeo.

En ese marco, se observa en la siguiente figura el hidrograma total de salida del sistema de conductos, corroborándose que a través del sistema completo (conductos existentes y proyectados) se eroga un caudal total del orden de los 10 m³/s.

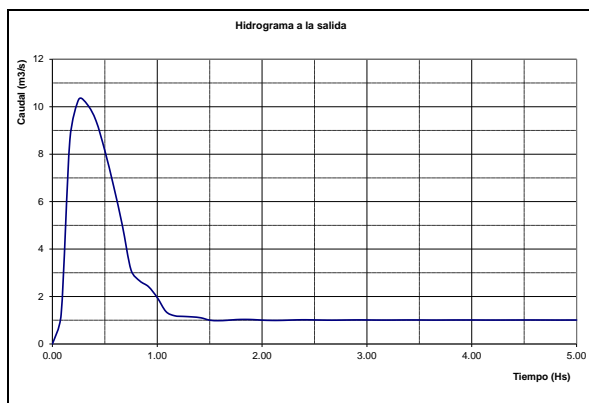


Figura 7. Hidrograma a la salida

COMPORTAMIENTO HIDRODINÁMICO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO

El análisis realizado permitió corroborar que el conjunto de conductos complementarios planteados permite lograr un funcionamiento del sistema sin anegamientos en calles, siempre y cuando se encuentre funcionando una estación de bombeo en el extremo de salida al Río de la Plata. Para la implementación de esta estación de bombeo, fue necesario proyectar una presa de 38,5 m de longitud y 11,80 m de altura, conteniendo 13 válvulas unidireccionales de 2,25 m de diámetro, y una estación de bombeo vinculada a la zona deprimida mediante una conducción de 2,50 m de diámetro.

De este modo, la disposición de la presa está destinada a evitar que la acción de la sudestada se extienda hacia aguas arriba, anegando las zonas deprimidas de la cuenca en estudio. Asimismo, las válvulas elastoméricas posibilitan la descarga de los caudales afluentes del Arroyo Vega toda vez que se alcance una diferencia de niveles entre éste y el Río de La Plata.

El diseño de la estación de bombeo establece que, para una precipitación de 10 años de recurrencia, se erogen 10,5 m³/s mediante una bomba de 2,5 m³/s y dos unidades de 4 m³/s. El entorno de emplazamiento de la obra, sumamente limitado, determinó condiciones de borde restrictivas para el proyecto, caracterizado por un ingreso asimétrico mediante un conducto enfrentado a la dársena donde se ubica la bomba menor, separada de las dársenas adyacentes mediante un orificio paralelo a la dirección del flujo incidente, lo que conduce a un flujo asimétrico de llegada a las bombas.

Siendo fundamental alcanzar un funcionamiento hidráulico acorde con el sistema, se evaluó su comportamiento mediante un modelo físico a escala 1:10,41, lo cual posibilita evaluar adecuadamente los aspectos vinculados a la formación de vórtices superficiales y sub-superficiales.

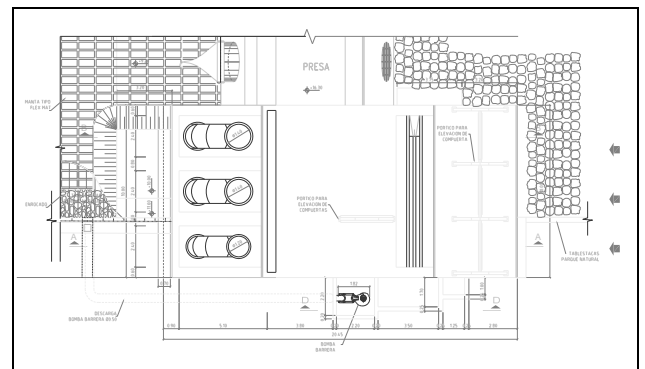


Figura 8. Estación de bombeo

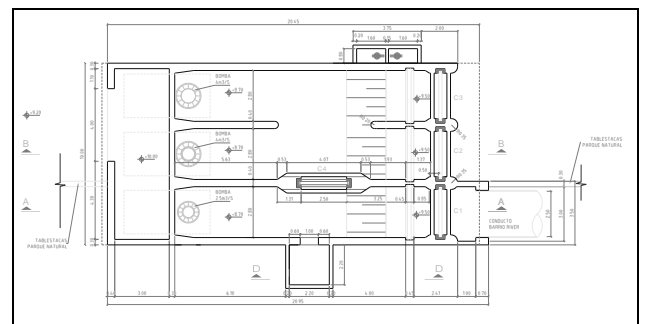


Figura 9. Estación de bombeo

Etapa de diagnóstico

En esta etapa, se evaluaron una serie de consignas

operativas del sistema que van desde el funcionamiento aislado de la estación de bombeo al funcionamiento conjunto con las obras de descarga por gravedad mediante el sistema de válvulas dispuestas en la presa de cierre adyacente a esta estación de bombeo.

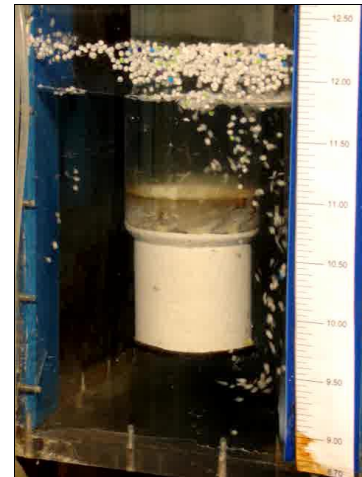
Las variables relevantes consideradas para el estudio de diagnóstico incluyeron el relevamiento de la superficie libre, la cuantificación de la agitación superficial, la medición de velocidades de aproximación a cada una de las bombas, la circulación del flujo y la observación e identificación de vórtices de superficie y de fondo/pared.

Teniendo en cuenta que las condiciones más adversas para el funcionamiento de la estación de bombeo se presentan cuando ésta opera de manera aislada, se destaca una importante sobreelevación del flujo en correspondencia con la dársena 1, originada por la condición restrictiva impuesta por la sección de paso entre las dársenas 1 y 2. Además, se relevaron velocidades máximas superiores a las recomendadas por la normativa específica, observándose asimismo una asimetría importante en algunos de los escenarios considerados.

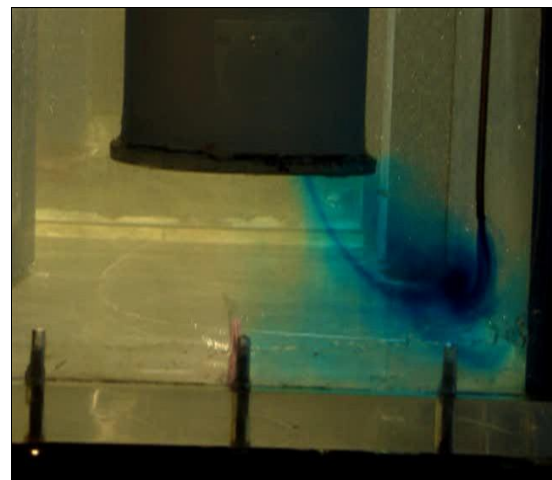
Es significativa la presencia de vórtices de superficie del tipo 4 con alta frecuencia y aparición de vórtices de tipo 5 de baja frecuencia, mientras que los vórtices de pared y de fondo resultan del tipo 2, siendo ambos más severos que los admitidos. En este marco, se ha recomendado evaluar el estudio de medidas estructurales dentro de la misma con el fin de lograr una disminución de los efectos de recirculación, asimetrías, vorticidad y desniveles, que permitan mejorar las condiciones generales de funcionamiento del sistema de bombeo.



Fotografía 1. Imagen del modelo



Fotografía 2 . Vórtice de superficie



Fotografía 3 . Vórtice de pared

Planteo y selección de alternativa

En este contexto, se planteó inicialmente la posibilidad de efectuar cambios estructurales importantes en la dársena de bombeo, lo que implicaba una mayor longitud de la misma y una aproximación simétrica del flujo mediante el conducto circular de 2,50 m de diámetro. Debido a la imposibilidad de llevar adelante estos cambios, se plantearon alternativas que involucraban cambios a realizar sobre la estructura, tales como la ampliación de la sección de paso entre las dársenas 1 y 2, y/o la inclusión de elementos destinados a agregar rugosidad superficial para evitar o disminuir la presencia de vórtices.

Los resultados obtenidos indican que el estudio de estas alternativas arrojó mejoras globales en el funcionamiento hidráulico de la estación de bombeo, con menor oscilación de los niveles, mejor uniformidad en el patrón de velocidades y una ligera disminución en la intensidad de los vórtices de superficie como de pared o de fondo.

Este conjunto de parámetros permite afirmar que el esquema analizado que ha presentado mejores condiciones de funcionamiento es el resultante de ampliar la sección de paso entre dársenas, disponer macro-rugosidad artificial en forma de elementos verticales de sección rectangular sobre las paredes adyacentes a las bombas e incluir un elemento de fondo debajo de la campana de succión. Cada una de estas medidas contribuye a disminuir desniveles y recirculaciones, verticidad de superficie y de pared, y rugosidad de fondo respectivamente.

Aún cuando la mejora introducida con esta alternativa respecto de la condición original no es despreciable, los vórtices de superficie que se forman para las condiciones evaluadas son aún del tipo 4, mientras que los vórtices de pared / fondo son del tipo 2. Por otro lado, el registro de la rotación del flujo mediante rotámetros una vez que el mismo hubo pasado la campana de succión arrojó ángulos por encima de 6°, con un giro en sentido antihorario.

Dado que la norma ANSI/HI 9.8 – 1998 recomienda que los vórtices de superficie sean más débiles que el tipo 2 y que los vórtices de pared no sobrepasen la intensidad correspondiente a un vórtice del tipo 1, y que el ángulo de desvío respecto de la dirección axial no se supere los 5°, las condiciones de funcionamiento observadas no resultarían satisfactorias, siendo necesaria una mayor corrección de los aspectos negativos de su comportamiento hidráulico.

Sin embargo, es importante considerar que tratándose de una obra de control de inundaciones de baja frecuencia de operación, las bombas no funcionarán de manera permanente, por lo que la mayor severidad de los vórtices de superficie y sub-superficiales, presentaría un menor grado de criticidad frente a un equipo similar, con condiciones de borde semejantes, pero de funcionamiento prácticamente permanente.

CONCLUSIONES

Los sistemas de drenajes de zonas deprimidas presentan ciertas dificultades particulares para el diseño, cuando se ve imposibilitada la descarga a gravedad de los excedentes.

En estos casos, se requiere un adecuado equilibrio entre los sistemas de conductos que permiten la evacuación de excedentes, los recintos de almacenamiento y la implementación de sistemas de bombeo que permitan “salvar” los desniveles existentes.

La implementación conjunta de técnicas de modelación matemática con la verificación de estructuras particulares mediante modelación física constituye una herramienta metodológica sumamente eficaz para verificar el adecuado comportamiento del sistema, establecer dimensiones definitivas de los conductos y establecer consignas adecuada para el funcionamiento de las estaciones de bombeo.

En ese marco, se ha analizado en el presente trabajo el diseño, optimización y verificación de un sistema de drenaje y planta de bombeo proyectada para evacuar los excedentes del denominado Barrio River perteneciente a la ciudad de Buenos Aires, República Argentina.

Se efectuó un análisis de verificación del comportamiento hidráulico del sistema de conductos que componen la obra de ampliación de ese barrio para lo cual se empleó un modelo de cálculo hidrodinámico que permite la simulación de sistemas de redes de conductos y calles entrelazados, resolviendo las ecuaciones completas de St. Venant.

El modelo permitió reproducir el complejo comportamiento que presentan los sistemas de drenaje y en particular el del barrio River, a partir de los escurrimientos registrados en calle, la transferencia de los mismos al sistema de conductos y, finalmente, el funcionamiento de estos últimos, aún cuando los mismos se encuentren funcionando en carga.

Para el análisis se consideró un evento de tormenta de 10 años de recurrencia y se analizaron dos escenarios de cálculo. El primero corresponde a la primera etapa de operación del sistema del barrio River, en el cual el conducto final de descarga desaguará en el arroyo Vega actual con un nivel de restitución de 13.50 m. El segundo escenario considerado correspondió a la condición en la cual se encuentra en funcionamiento la estación de bombeo proyectada, generando una disminución de los niveles finales registrados en la descarga del conducto proyectado.

El comportamiento observado determinó que, de producirse un evento de tormenta de 10 años de recurrencia, con un nivel de río elevado, resulta imprescindible el funcionamiento de la estación de bombeo para evitar el anegamiento en calle.

Esta estación presentó elevadas dificultades de diseño debido a la escasez de espacio para su implementación. Por esta razón se adoptó una geometría relativamente compleja donde los cambios de dirección impuestos entre el conducto de llegada y

las respectivas dársenas de bombeo imponían funcionamiento de las unidades de bombeo. La condiciones fuertes al comportamiento general del técnica de análisis y diseño implementada resultó bombeo. Sin embargo, el proceso de verificación y finalmente eficiente para garantizar adecuados optimización realizado mediante un modelo físico estándares de comportamiento del sistema permitió garantizar que los efectos de vorticidad proyectado. observados y las oscilaciones de la superficie libre resultaban compatibles con un adecuado