

## PLANTA DEPURADORA BERAZATEGUI: ESTUDIOS EN MODELO FÍSICO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO.

Juan Francisco Varvasino, Franco Balzacca, Luciana Barros Abdala, Facundo Ezequiel Ortíz, Cecilia Lucino y Sergio Liscia.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad se encuentra en construcción la estación de bombeo de salida y el emisario del actual Sistema Berazategui, el cual recibe los desechos cloacales pretratados por la planta del Bicentenario. Esta estación permitirá una autodepuración progresiva de la costa, y brindará un mejor servicio cloacal a 7.3 millones de habitantes de Capital Federal y Gran Buenos Aires, incorporando además, aproximadamente, 1.5 millones de habitantes de los partidos de Avellaneda, Lanús, Lomas de Zamora, Almirante Brown, Quilmes, Florencio Varela y Presidente Perón, permitiendo erogar 2.9 millones de metros cúbicos de efluente por día [1].

La UIDET Hidromecánica de la Facultad de Ingeniería de la UNLP tiene a su cargo los estudios de verificación y optimización del diseño hidráulico de la estación de bombeo de salida a través de la modelación numérica y física a escala reducida.

Mediante la modelación física, se busca reproducir el patrón de escurrimiento con una aproximación satisfactoria de las fuerzas en juego con dimensiones y caudales que son compatibles con las que dispone la nave de ensayos del laboratorio. Con la modelación se pueden predecir las características de las condiciones de flujo y los fenómenos posibles de producirse, como las condiciones del escurrimiento de aproximación a las bombas y la formación de vórtices, con flujos convergentes y divergentes tanto a superficie libre como a presión.

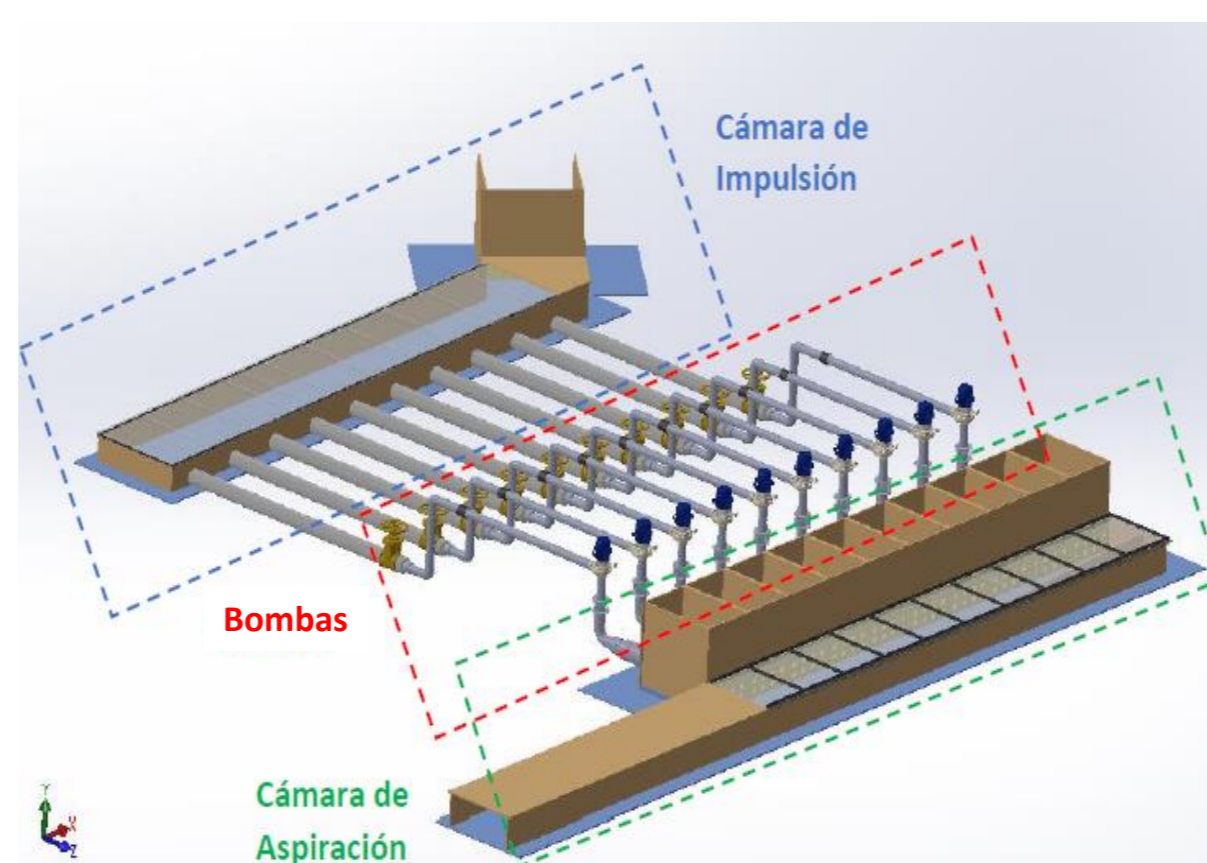


Fig.1- Esquema del modelo físico de la estación de bombeo.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La modelación física debe garantizar la adecuada representación en escala de los fenómenos hidrodinámicos que pudiesen tener lugar en el prototipo, condición que se garantiza mediante el cumplimiento de las leyes de semejanza hidráulica y las recomendaciones de la norma ANSI/HI 9.8. En el caso de la estación de bombeo, el modelo físico debe diseñarse a partir del adimensional Número de Froude, que debe ser igual en modelo que en prototipo.

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}}$$

El modelo físico de EB Berazategui está compuesto de una cámara de aspiración enlazada a la cámara de impulsión mediante un sistema de tuberías que permiten impulsar el caudal, a través de 8 bombas reguladas mediante una válvula esclusa aguas abajo de estas.

El modelo físico se encuentra construido en diferentes materiales. La cámara de carga se construyó en metal, mientras que la cámara de aducción y la dársena de bombeo se realizó en madera dejando partes visibles mediante la utilización de acrílico.

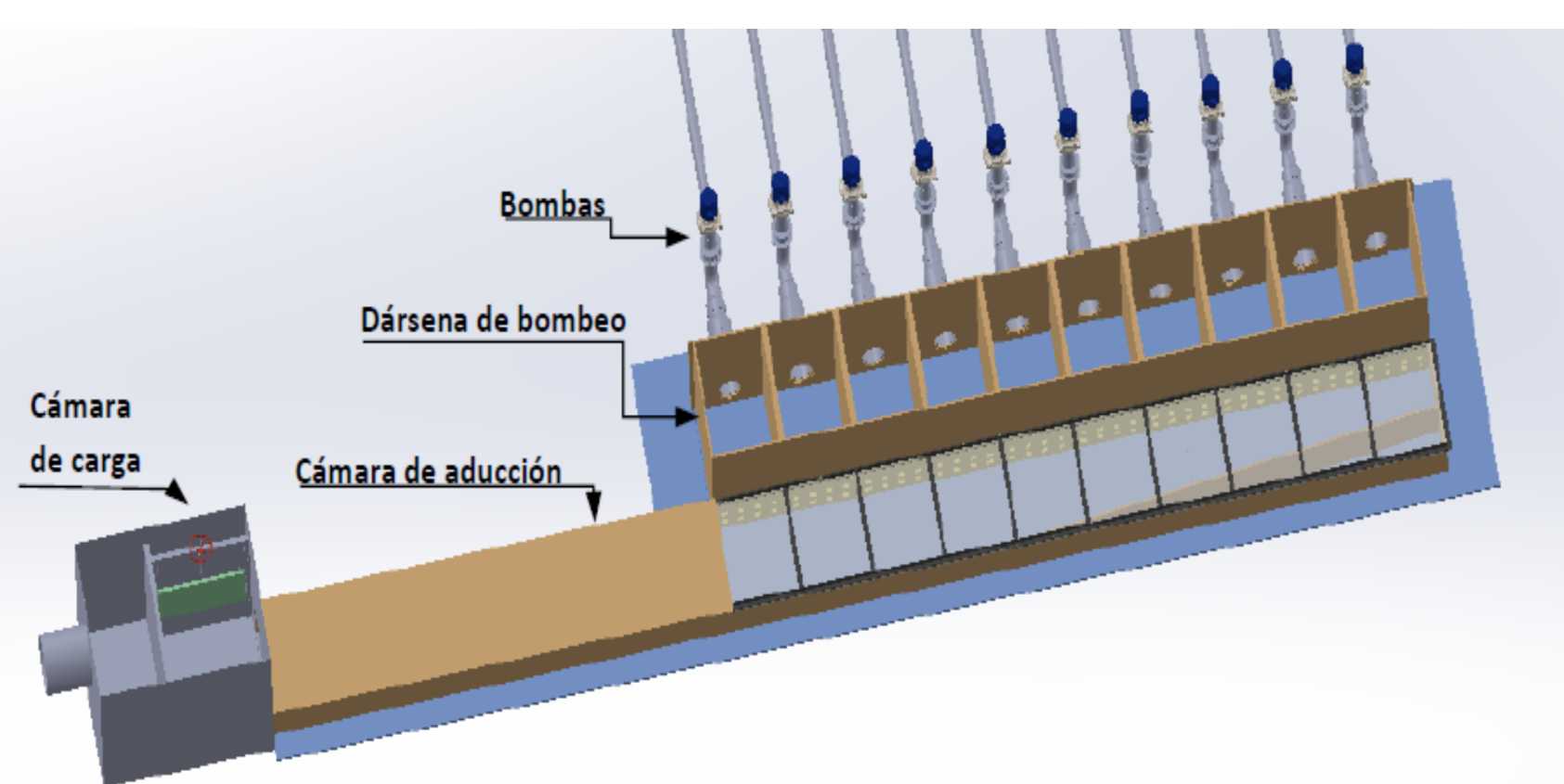


Fig.2- Esquema de la cámara de aspiración.

En cuanto al bombeo entre cámaras, se realizará mediante bombas con control de frecuencia, siendo esta una innovación propuesta por la UIDET reemplazando a los sifones que habitualmente son utilizados en estos modelos físicos. Las bombas que impulsan el caudal son marca Motorarg-BH300T de 3 HP de potencia, con capacidad de 70 m<sup>3</sup>/h de caudal máximo y 17 m de salto máximo.



Fig.3- Fotografías tomadas del proceso constructivo de la cámara de aspiración.

#### Variables medidas y criterios de aceptación

En cada ensayo se relevarán las variables de estado: caudal, y nivel de la superficie libre en cámaras de carga y dársenas de bombeo; se registrarán los giros del rotámetro vertical y horizontal y se observará el patrón de escurrimiento dentro de las cámaras a presión y en las dársenas a superficie libre junto con la observación de formación de vórtices.

El caudal entrante al modelo físico se medirá con un caudalímetro electromagnético mientras que el caudal erogado por cada bomba se la medirá con una placa orificio.

Para evaluar la circulación del flujo en la aspiración de la bomba se dispondrán rotámetros en la aspiración de esta. La valoración de la circulación del flujo se realiza a partir del parámetro *grado angular* ( $\theta$ ) que representa el ángulo entre la velocidad normal a la sección considerada y la velocidad tangencial para un radio determinado, siendo 5° el valor máximo que recomienda la norma ANSI.

Además, se realizará la identificación de los vórtices mediante observaciones directas y, con el fin de caracterizar la fuerza de estos vórtices de forma sistemática, se emplea la siguiente escala cualitativa propuesta por la norma ANSI/HI 9.8.

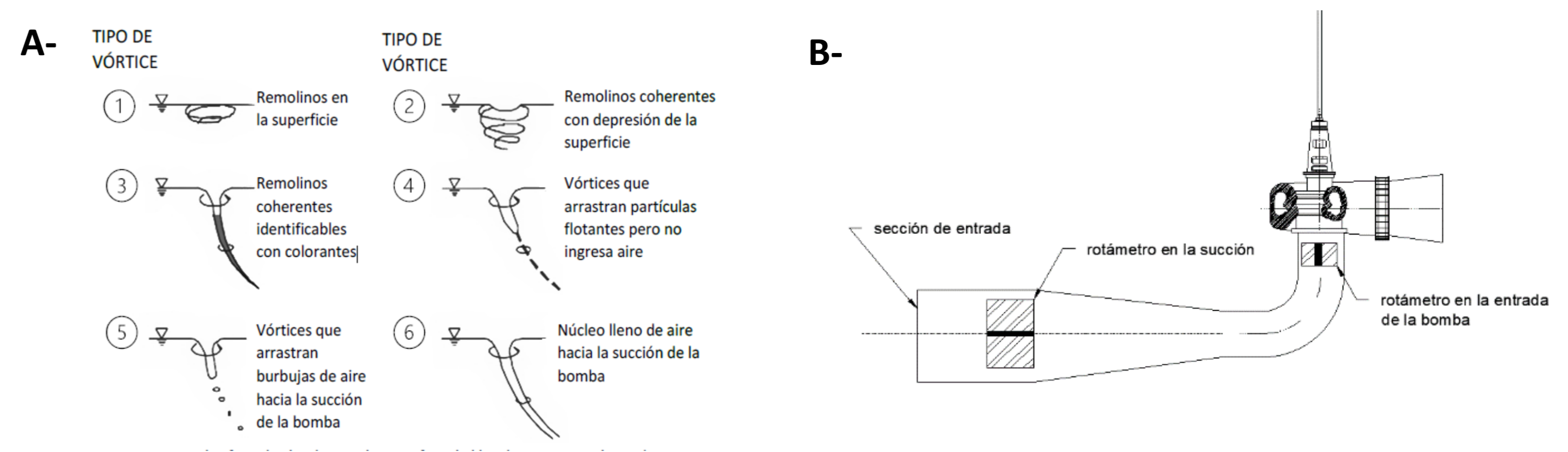


Fig.4- A- Clasificación de vórtices de superficie libre. B- Esquema rotámetro en la aspiración.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Habitualmente, en los modelos físicos de estaciones de bombeo, las bombas se representan a través de sifones, ya que, aunque presenta algunas dificultades, especialmente a la hora de ajustar los caudales, es una solución más económica que colocar bombas que operen con los valores de caudal requeridos por el modelo. En este modelo físico se introduce la novedad de colocar bombas con control de la velocidad de giro, lo cual permite el control del caudal a través de la modificación de la curva Salto Caudal de las bombas. A fin de anticipar las características operativas de este sistema en el modelo, se plantearon los escenarios de operación esperados en forma teórica y se calcularon los valores de números de vueltas y condición de cierre parcial de válvulas que permiten lograr las condiciones planteadas a manera de consignas.

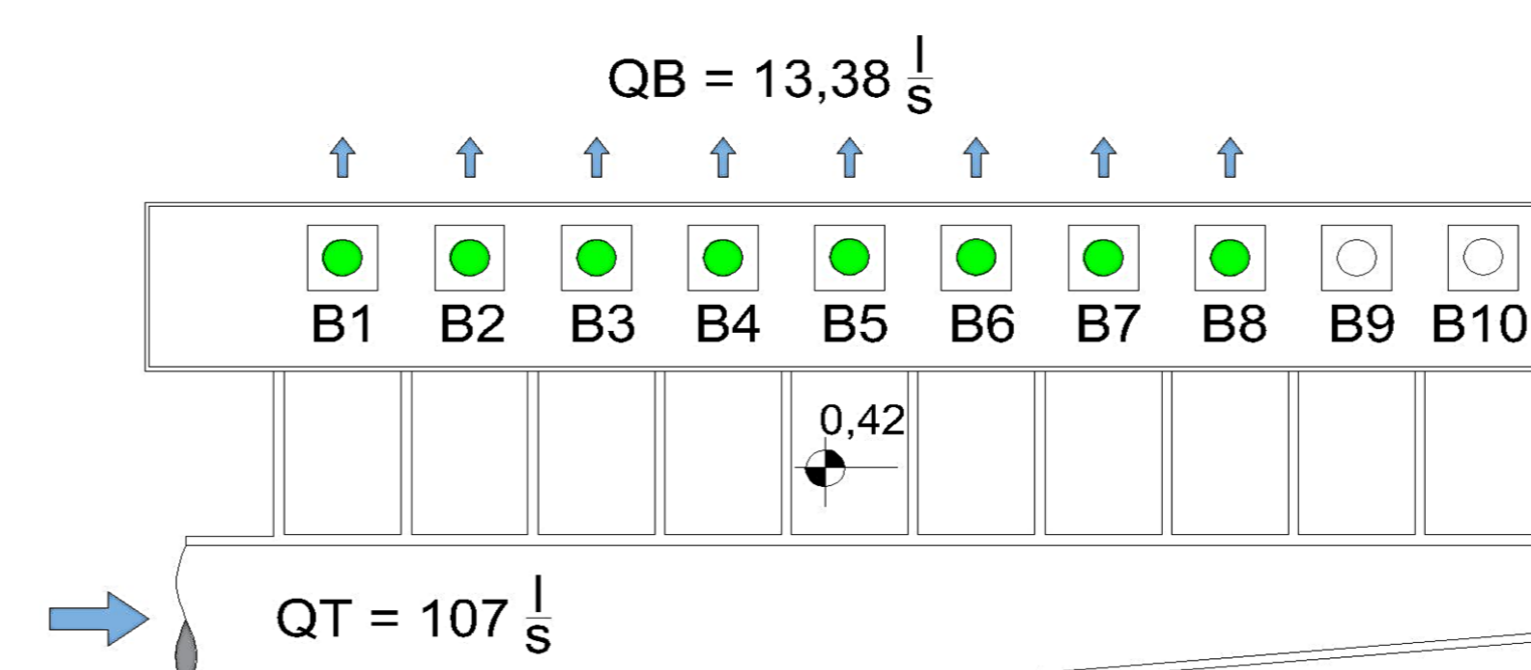


Fig. 5-Escenario correspondiente a caudal máximo.

A modo de ejemplo, en la Fig. 5 se presenta un escenario con valores de modelo, en el cual hay un caudal operativo máximo que será abastecido a partir de 8 bombas en funcionamiento y un nivel en las dársenas mínimo.

Para ensayar el caudal con el que operará cada bomba en el prototipo, se debe encontrar el punto de funcionamiento en el que las pérdidas del sistema y la curva H-Q propia de cada bomba coincidan con la solicitud del escenario.

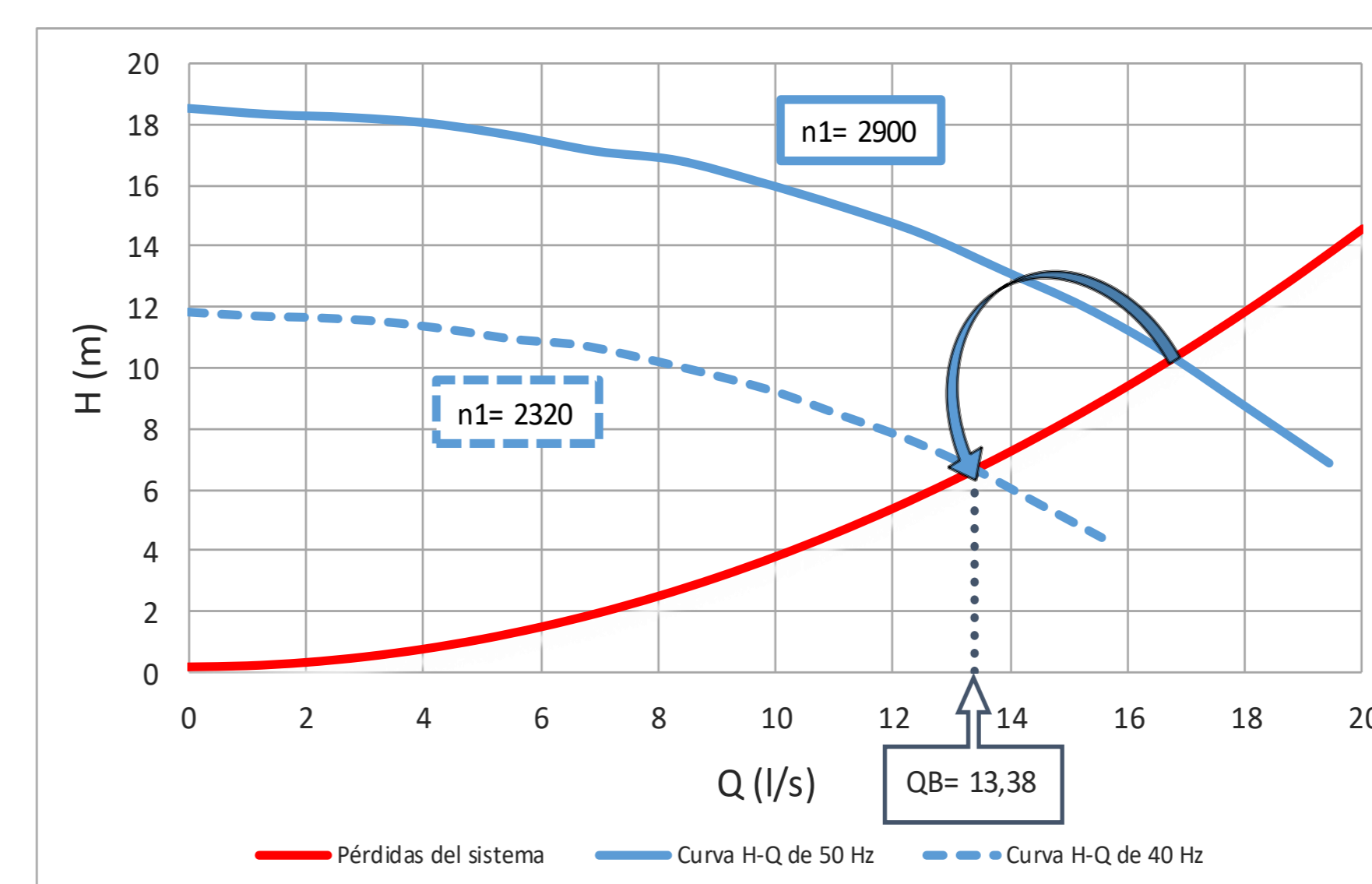


Fig.6- Punto de funcionamiento del escenario.

En la Fig.6 se muestra de qué manera se logra el caudal de funcionamiento al disminuir el número de vueltas y como consecuencia la frecuencia de los motores cambia de 50 Hz a 40 Hz. EL control de velocidad es simultaneo en todas las bombas, por lo cual, complementariamente, el manejo de apertura de la válvula permite ajustar el caudal impulsado por cada bomba en caso de ser necesario.

### CONCLUSIONES

Este tipo de estudios permite la predicción del funcionamiento de las estaciones de bombeo y la optimización de su diseño, a fin de garantizar su correcto funcionamiento desde el punto de vista hidráulico.

La utilización de bombas, en el modelo a escala reducida, resulta un recurso novedoso en el ámbito de la modelación física, que se espera beneficie los aspectos operativos y permita optimizar los tiempos de ensayo, compensando su mayor costo frente a la opción tradicional de modelación de los caudales a través de sifones.

### REFERENCIAS

[1] Carriquiriborde et al. (2012). "Emisario Subfluvial y Estación de Bombeo de Salida. Partido de Berazategui. Tomo I". Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (AySA).