

# DISEÑO DE NUEVA ESTACIÓN ELEVADORA PARA CUBRIR LAS DEMANDAS DE CRECIMIENTO DE LA ZONA SUR DE CÓRDOBA

Teresa Reyna; Santiago Reyna; Fabián Fulginiti; María Lábaque; César Riha; Belén Irazusta

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba. CEAS SA.  
E-mail: teresamaria.reyna@gmail.com

## Introducción

La ciudad de Córdoba es la capital de la Provincia de Córdoba, Argentina. Se encuentra situada en la Región Centro. Esta ciudad es la más poblada, después de Buenos Aires, y es un importante centro cultural, económico, educativo, financiero y de entretenimiento.

La zona Sur de la Ciudad ha experimentado un crecimiento demográfico (3,1%) mayor al nivel general de Córdoba (2,4 %) en el período 2001-2010.

Esta zona concentra hoy 44 emprendimientos residenciales, lo que ha significado el desarrollo de más de 3.800 lotes y 1.000 departamentos. La oferta de viviendas se multiplicó en los últimos 20 años, lo que se refleja tanto en una expansión del ejido urbano (por fuera del anillo de circunvalación en dirección al sur), como en la cantidad y variedad de las urbanizaciones desarrolladas en la zona.

Este desarrollo explosivo provoca el déficit de la estructura existente que requiere nuevas obras a fin de satisfacer esta nueva demanda.

En este artículo se presenta el diseño y cálculo de una nueva estación de bombeo para el suministro de agua potable a la zona sureste de la ciudad (**Figura 1**). Se analizan el comportamiento hidráulico a régimen permanente y a régimen impermanente con los requerimientos de diseño que imponen los resultados de estos análisis.



**Figura 1.-** Zona de ubicación de nuevos emprendimientos.

## Planteo del problema

Aguas Cordobesas es la empresa concesionaria del servicio de agua potable para la ciudad de Córdoba.

El sistema tiene como zona de abastecimiento a las cuencas altas de los ríos Suquía y Los Molinos. Estas cuencas se encuentran actualmente reguladas por los diques San Roque y Los Molinos respectivamente. Por medio de distintos canales y conductos de envergadura, el agua cruda es recolectada de esos embalses para ser volcadas en las Plantas Potabilizadoras Suquía y Los Molinos respectivamente, donde es realizado el proceso de potabilización.

Cada planta potabilizadora abastece de agua a un sector de la ciudad que recibe el nombre de sistema. El agua producida por la planta Suquía (sistema Suquía) alimenta la zona norte del río Suquía y el oeste de la Cañada con una capacidad de abastecimiento de 5 m<sup>3</sup>/s, mientras que la planta Los Molinos (Sistema Los Molinos) al sector sureste de la ciudad con una capacidad de abastecimiento de 2 m<sup>3</sup>/s

El servicio prestado por la empresa para la zona sureste requiere disponer de obras adicionales (nueva estación de bombeo y acueducto) para satisfacer los nuevos desarrollos inmobiliarios planteados.

La obra que se presenta en este trabajo, consiste en la construcción de una Nueva Estación Elevadora de Presión. La obra dispondrá de una aducción en diámetro 1000 mm y un conducto de impulsión de 900 mm. La estación dispondrá un caudal de diseño que se dividirá en tres etapas acompañando el crecimiento de las urbanizaciones proyectadas en este sector de la ciudad de Córdoba (**Tabla 1**). En la etapa final se prevé un caudal pico de 3000 m<sup>3</sup>/h.

**Tabla 1.-** Condiciones.

Etapa	Q pico (m <sup>3</sup> /h)	Qvalle (m <sup>3</sup> /h)	Presión de salida – presión de entrada (m.c.a)
1° etapa	1500	400	65
2° etapa	2250	600	65
3° etapa	3000	800	65

El sistema de bombeo propuesto para responder estos requerimientos se compone de cinco bombas (4+1) que se irán instalando en las 3 etapas según el siguiente esquema.

Primera etapa: Corresponde al comienzo de la operación de la estación elevadora donde se colocarían 3 electrobombas en un esquema (2+1) con estos equipos se garantizaría un caudal mínimo al comienzo de 400 m<sup>3</sup>/h. El caudal máximo que podría entregar la estación al final de la primera etapa sería de 1500 m<sup>3</sup>/h a 65 m.c.a.

Segunda etapa: Se colocará un nuevo equipo similar a los colocados en la primera etapa quedando la estación elevadora con un esquema de (3+1) pudiendo entregar la misma, un caudal máximo de 2250 m<sup>3</sup>/h a 65 m.c.a. y un caudal mínimo de 600 m<sup>3</sup>/h.

Tercera etapa: En esta instancia, se colocará un nuevo equipo similar a los colocados en las etapas anteriores quedando la estación elevadora con un esquema de (4+1) pudiendo entregar la misma, un caudal máximo de 3000 m<sup>3</sup>/h a 65 m.c.a. y un caudal mínimo de 800 m<sup>3</sup>/h.

Para el diseño se determinaron los esfuerzos considerando una carga de prueba de 10kg/cm<sup>2</sup> y las pérdidas de carga en los tramos de impulsión y admisión en régimen permanente. Además se realizó un análisis bajo régimen impermanente.

## Análisis bajo régimen impermanente

Una instalación hidráulica es un sistema dinámico y rara vez se halla en estado estacionario, ya que las condiciones de

funcionamiento que determinan las variables hidráulicas varían en el tiempo con una mayor o menor rapidez. El análisis o los diseños adecuados de una instalación pasan por conocer la respuesta temporal de las variables hidráulicas de la instalación con el fin de evitar situaciones indeseables como: Presiones excesivamente altas o excesivamente bajas; Movimientos y vibraciones de las tuberías; Velocidades excesivamente bajas.

El comportamiento dinámico de la instalación, denominado transitorio, puede estar producido por diferentes causas que suelen además determinar la naturaleza del transitorio. Dichas causas pueden ser: una maniobra del operador, una mala selección de un componente, un acontecimiento externo a la instalación, problemas que se generan lentamente o de manera inadvertida, etc.

Sobre algunas de las causas anteriores el diseñador o el operador puede tener cierto control, como por ejemplo el arranque o parada de las turbomáquinas (bombas) y el cierre o apertura de las válvulas. Por el contrario, existen causas sobre las que no existe control alguno, tales como el corte del suministro eléctrico o la rotura de una tubería.

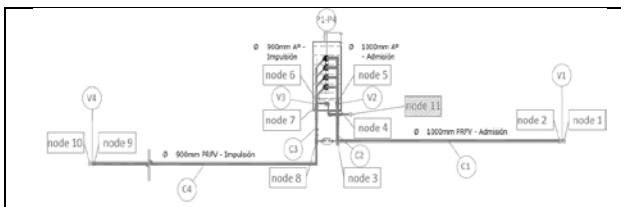
### Cierre brusco

Para evaluar los efectos de un cierre brusco de válvulas con su consecuente exceso de presión en el acueducto y rotura, se ha implementado el cálculo de la sobrepresión producida por el fenómeno de golpe de ariete por la operación inadecuada de las válvulas que vinculan la nueva obra con el conducto existente a colocarse en las respectivas cámaras de empalme.

El primer tramo se desarrolla desde una distancia aproximada de 100m previo al ingreso a la ESTACIÓN DE BOMBEO. El segundo tramo va desde la ESTACIÓN DE BOMBEO hasta un nodo ubicado aproximadamente a 210m de la misma. Estas distancias se corresponden con puntos en que se colocaran mecanismos de operación y cierre. La **Figura 2** presenta los distintos elementos que integran el sistema simulado.

El primer tramo de conducto (C1) se ejecutará en PRFV hasta la curva denominada NODO 3, punto a partir del cual el material de la misma será ACERO (conducto C2). Hasta el NODO 8 la conducción se mantendrá en ACERO (C3) y a partir del mismo continuará en PRFV.

El caudal de verificación corresponde al valor pico para el final del periodo de diseño indicado en el informe precedente cuyo valor es 3000 m<sup>3</sup>/h. La presión de entrada en el Nodo inicial serán 10 mca, el mínimo estipulado de carga dentro del ejido urbano. La bomba deberá incrementar esta presión en 65 mca siendo la presión total aproximada a la salida de la estación de 75 mca.



**Figura 2.**-Tramos de conducción simulados bajo régimen impermanente.

Donde se indican dos nudos de forma consecutiva (Ejemplo: NODO 4 - 5) es porque entre los mismos se ubicará un elemento de operación, de protección o de derivación.

La descripción de cada conducto se presenta a continuación.

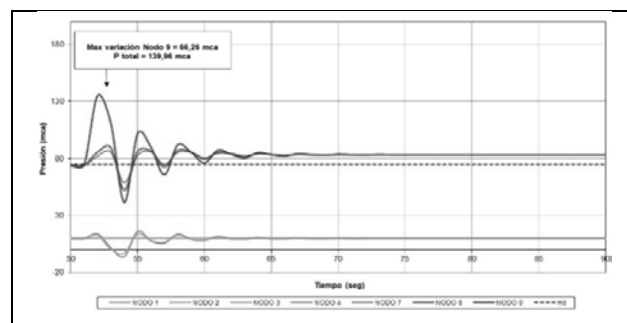
TRAMOS	LONG. (m)	H máx. (m)	Mat.	Diám. (mm)	Q (l/s)
C1: Nodo 2-Nodo 3	100	10	PRFV	1000	833
C2: Nodo 3-Nodo 4	34	10	A°	1000	833
C3: Nodo 7-Nodo 8	34	75	A°	900	833
C4: Nodo 8-Nodo 9	210	75	PRFV	900	833

### Resolución con modelo computacional: WHAMO

WHAMO (Water Hammer and Mass Oscillation) fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos para realizar simulaciones que ayuden a mitigar los efectos del golpe de ariete y flujo oscilatorio en redes que transportan fluidos como agua y combustible.

El modelo consideró el caudal de operación de 3000 m<sup>3</sup>/h (833 l/s). Las características elásticas e inerciales del grupo motor – bomba fueron estimados en base a estaciones análogas del gráfico de Karman-Knapp (Knapp, 1937).

En primera instancia no se incluyó ninguna válvula de alivio (VA) o anticipadora de onda (VAO). La máxima variación simulada se observó para un tiempo de cierre de 2 segundos en el NODO 9 (aproximadamente 210 m sobre el conducto de impulsión) previo a la válvula V4 donde la presión total alcanzó 139.96 mca (**Figura 3**).



**Figura 3.**- Diagrama de Presiones. Cierre de válvula V4, Tc=2 s - Q=833 l/s.

### Conclusiones

El cálculo de la sobrepresión en la línea de conducción permitió definir la clase de los nuevos tramos de conducción y verificar la sobre resistencia de los conductos proyectados para las condiciones de operación. Con los valores obtenidos en la modelación del transitorio se observó que para los conductos de impulsión de clase 10 estaríamos al límite de la clase del conducto incluyendo la sobre resistencia del 40%. Para alejarse del límite de resistencia, se propuso colocar una válvula anticipadora de onda (VAO) y optar por un conducto de impulsión de clase 16 para el primer tramo de impulsión. Con los resultados de los cálculos en régimen permanente y transitorios se seleccionaron los elementos de operación del sistema.

### Referencias bibliográficas

**Agua Cordobesas**, (2017) Master Plan Manantiales II. Knapp, R. T. (1937) Complete Characteristics of Centrifugal Pumps and Their Use in the Prediction of Transient Behavior. Transactions of the A.S.M.E. pp. 683-689.