

Nuevo Banco de Ensayo de Pérdidas de Carga en Componentes Hidráulicos

Estela E. Reyna¹, Mauricio Bracco^{1,2}, Nicolás A. Gañán^{1,3} y Noelia Alasino^{1,3}

¹Departamento de Química Industrial y Aplicada, FCEFyN, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina

²F. B. C. Empresa de conexiones SRL, Córdoba, Argentina.

³Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos y Química Aplicada (IPQA-UNC-CONICET), FCEFyN, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina

Fecha de recepción del manuscrito: 22/08/2017

Fecha de aceptación del manuscrito: 12/03/2019

Fecha de publicación: 29/03/2019

Resumen—Se describe el diseño y la construcción de un nuevo banco de pruebas para pérdidas de carga en componentes hidráulicos para reemplazar uno anterior que estaba obsoleto. Su diseño fue estudiado para que sea versátil, robusto y didáctico. Fue construido para ser utilizado para trabajos prácticos y de investigación por nueve cátedras de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Para construirlo, se utilizaron materiales disponibles en el mercado. Entre las mejoras introducidas, se destaca una gran cantidad de puntos de toma de presión, diferentes variantes para mediciones de caudal, variación de caudales por medio de variador electrónico de frecuencia de la bomba, válvulas de acople rápido con medias uniones dobles a los fines de poder intercambiar tramos a estudiar, y la medición de presiones mediante sensores electrónicos y recolección de datos por medio de software provisto por el fabricante para visualizar e interpretar información analítica y gráficamente con gran simplicidad.

Palabras clave—banco, pérdidas, carga, accesorios, fricción, presión.

Abstract—A new testing bench for the head losses in hydraulic components was designed. The design was created to be versatile, strong, and educational. The new bench has already been built and is currently used in the assignments of nine courses from the “Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba” and for basic research. The new testing bench was built using off-the-shelf components. Main improvements are: an increase in the pressure reading positions; new alternatives for the measurement of liquid flow; an electronic control of the pump RPM; quick coupling valves for the easy exchange of the sections under study, and an electronic pressure gauge which uses the software supplied by its manufacturer to produce easy to read and to understand analytical and graphical information output.

Keywords— bench test, head loss, accessories, friction, pressure.

INTRODUCCIÓN

EL transporte de fluidos a través de tuberías es un requerimiento corriente en numerosas áreas de la ingeniería. El transporte y movimiento de líquidos en la planta química, la conducción de agua en redes domiciliarias o en grandes obras civiles, el flujo de combustible en motores, el tratamiento de corrientes líquidas residuales en plantas de depuración, son sólo algunos ejemplos que revelan la importancia del estudio de la mecánica de fluidos en las distintas ramas de la ingeniería (Mott, 1996). El problema fundamental que se presenta al estudiar el flujo de fluidos consiste en conocer o hallar las ecuaciones que relacionen la pérdida de carga o energía que experimenta el fluido con el régimen de flujo, las

propiedades del fluido y las características y dimensiones de la tubería. Una vez conocidas estas relaciones, mediante balances de materia y energía, es posible calcular la potencia necesaria para el transporte del fluido en un sistema dado. Inversamente, puede optimizarse el diseño de un sistema hidráulico en base a la potencia disponible (Perry, 2001; Foust, 1961).

Consecuentemente, la medición y cálculo de las pérdidas de carga en sistemas en flujo constituye un importante módulo en el estudio de la mecánica de fluidos en la mayoría de las carreras de ingeniería. En este sentido, en el presente trabajo se presenta el diseño y construcción de un banco de ensayo de pérdidas de carga en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (F.C.E.F.y N.) de la Universidad Nacional de Córdoba (U.N.C). Este banco de prácticas reemplazó al banco anterior que había sido concebido desde otra perspectiva didáctica, construido en la década de 1970 con cañerías de hierro galvanizado y elementos de medición propios de esa época, y que se encontraba muy deteriorado.

Dirección de contacto:

Nicolás A. Gañán, Av. Vélez Sarsfield 1611, Ciudad Universitaria, X5016 GCA. Tel: +54 351 5353800 interno 29784, nicolas.ganan@unc.edu.ar

El nuevo banco se utiliza para las prácticas de las carreras de ingeniería que se cursan en la Facultad: Aeronáutica, Industrial, Mecánica, Mecánica Electricista, Civil, Química y Ambiental. Se convocó a las distintas cátedras, departamentos y laboratorios para relevar requerimientos y definir lineamientos para su diseño.

Se priorizó la adecuación a las nuevas prácticas de enseñanza de manera que el nuevo banco pudiera ser manipulado por los alumnos. En tal sentido, se dotó al sistema de una variedad de accesorios e instrumentos de medición y se preparó para realizar mediciones con sensores de presión diferencial Pasco® “PASPORT Dual Pressure Sensor” con la posibilidad de recopilar y analizar los datos mediante software apropiado.

OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo fue el diseño, construcción y puesta a punto de un nuevo banco de pruebas para reemplazar uno que la Facultad había construido en la década de 1970, actualizarlo y mejorarlo desde el punto de vista didáctico para permitir su manipulación por parte de los estudiantes. El antiguo banco de ensayos sufrió deterioros y obsolescencia por ser construido en caño galvanizado, y las bombas de agua de hierro fundido y el tanque de reserva de hierro estaban muy deteriorados. Por lo que surgió el desafío de desarrollar un nuevo banco con materiales perdurables (cañerías de polipropileno fusionado y bombas de acero inoxidable) de nuevas tecnologías, con nuevos instrumentos de medición y sensores que pudieran medir y graficar mayor cantidad de datos y con mayor precisión.

Se evaluó también la compra de bancos de ensayo para prácticas, pero se decidió elaborar uno nuevo usando elementos provenientes del banco anterior, como los medidores de caudales (ya calibrados) tipo Venturi y de placa orificio, y avanzar en una propuesta más original agregando puntos de medición para conectar los sensores de presión, elementos que no se encontraron en los bancos estándar comerciales. Se trabajó con distintas técnicas ya que las presiones en la misma cañería no permitían la toma de mediciones y se logró esto mediante bridas especiales. Éstas permiten la medición por contacto, ya que con solo posicionarlas en la perforación y aplicar presión, las gomas se amoldan y no pierden fluido, siendo la presión máxima admitida de hasta 2 bar, siendo las mismas adaptables a cualquier diámetro y material. Incluso es posible medir en vidrio si se pudiera realizar una perforación de 1 a 2 mm. También se podría tomar presión puntual en una instalación existente sin modificaciones ni producir prácticamente daño en la misma. Estos puntos de medición se realizan sin alteración en el flujo, problema que se planteó en su comienzo y con un orificio muy pequeño. Es decir, lo innovador es que con sólo una pequeña perforación se pueden tomar lecturas de presión en cañerías de diversos materiales. Los sistemas que se habían reportado en la búsqueda realizada iban roscados a la cañería. Pero la desventaja es que si se tiene un espesor de pared fina o material duro o vidrioso no se pueden instalar para la medición con sensores de presión digitales.

El nuevo banco de pruebas se utiliza actualmente para las prácticas de carreras de ingeniería que se cursan en la Facultad: Aeronáutica, Industrial, Mecánica, Mecánica Electricista, Civil, Química y Ambiental; también es usado para trabajos prácticos e investigación de 9 cátedras distintas de la Universidad Nacional de Córdoba.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

Para la adecuación del nuevo banco a las nuevas prácticas de enseñanza, se convocó a las distintas cátedras, departamentos y laboratorios para relevar requerimientos y definir lineamientos para su diseño.

El nuevo banco de pruebas se construyó con cañería de polipropileno sanitario (Hidro 3®, Industrias Saladillo S.A., Buenos Aires, Argentina), que es uno de los materiales más utilizados en la actualidad en instalaciones sanitarias. La marca Hidro3® tiene una gran trayectoria en el mercado, cuenta con una gran variedad de cañerías y accesorios, entre los cuales se encuentran las válvulas esféricas con unión doble. Otra particularidad de este material es que, además de ser termofusionado, puede ser también acoplado por medio de uniones roscadas a otros materiales, tales como cañerías de acero, cañerías galvanizadas y PVC, entre otros. El nuevo banco está completamente montado en una estructura rígida construida con caños de acero cuadrados que cuenta con ruedas en un extremo y manijas rebatibles en el otro a fin de poder ser trasladado con facilidad y seguridad como si se tratara de una carretilla. En la Fig. 1 puede observarse una fotografía del banco completo.



Fig. 1. Fotografía del banco de ensayos completo.

El diseño flexible del nuevo banco permite medir en una amplia variedad de configuraciones de interés en la práctica, utilizando prácticamente todos los accesorios que pueden encontrarse en instalaciones involucrando tuberías. Cuenta con cañerías en diámetros de ½ pulgada, ¾ pulgada y 1 pulgada (Fig. 2). También posee accesorios tales como codos a 45°, codos a 90°, curvas a 90°, derivaciones en Te, válvulas esféricas y llaves de paso, como puede observarse con más detalle en la Fig. 3.



Fig. 2. Fotografía de las cañerías de distintos diámetros.



Fig. 3. Fotografía de algunos accesorios para medición.

Además de ser completamente versátil mediante uniones dobles, se le puede adosar fácilmente cualquier accesorio y tubería a investigar. Cuenta con un reservorio de agua de 100 litros y un depósito intermedio de 25 litros graduado y con válvula de cierre (Fig. 4).



Fig. 4. Fotografía de los tanques y la bomba impulsora.

El flujo es impulsado por una bomba trifásica, conectada a un tablero eléctrico y a un variador de frecuencia (modelo CFW08, WEG S.A., Brasil) que permite modificar la velocidad de giro de la bomba, lo cual posibilita simular bombas de distinta potencia y caudal. Además, la bomba tiene cuerpo de acero inoxidable de manera que es factible utilizarla con otros fluidos que podrían ser más abrasivos, corrosivos y/o de distinta densidad, en el caso que fuera necesario. La única desventaja de utilizar distintos líquidos sería la limpieza del circuito, pero el diseño cuenta con una canilla de servicio después de la bomba, mediante la cual se

puede vaciar el circuito y el tanque de reserva instalando una manguera en la misma.

Con el nuevo banco se pueden realizar diferentes mediciones en el circuito. La medición del caudal puede realizarse mediante caudalímetro mecánico (ya que posee un medidor de agua domiciliario), el cual tiene una precisión de hasta $1 \times 10^{-4} \text{ m}^3$, lo que significa que podemos medir décimas de litro (Fig. 5). El depósito graduado permite medir el caudal volumétricamente, midiendo el volumen de agua que ingresa por unidad de tiempo estando calibrados los 0,5 y 10 litros respectivamente. También posee un medidor tipo Venturi y una placa orificio, con los cuales puede calcularse el caudal que atraviesa dicho elemento, mediante la medición de la diferencia de presión entre la entrada y la salida por medio de manómetros diferenciales de mercurio o sensores de presión Pasco®. Para ello se utilizan las ecuaciones (1) y (2), correspondientes al medidor Venturi y a la placa orificio, respectivamente:

$$Q = \frac{\sqrt{\Delta p}}{3,81 \times 10^4 - 6,35 \times 10^{-2} \sqrt{\Delta p}} \quad (1)$$

$$Q = 1,9482 \times 10^{-5} \sqrt{\Delta p} \quad (2)$$

en donde Q es el caudal (en m^3/s) y Δp es la diferencia de presión entre la entrada y la salida del elemento (en kgf/m^2). Los coeficientes numéricos para cada medidor fueron previamente determinados mediante calibración utilizando agua a 12°C y en un intervalo del número de Reynolds de 4500 a 35000. También se cuenta con correlaciones gráficas para dicha determinación.



Fig. 5. Diferentes dispositivos para la medición del caudal.

El banco posee un manómetro de presión de 0 a $4 \text{ kg}/\text{cm}^2$ a la salida de la bomba, el cual nos da una estimación de la presión que está entregando la bomba al sistema. También se puede tomar mediciones instantáneas de presión absoluta y diferencial sobre todos los tramos y todos los accesorios de una manera fácil y didáctica. Para los puntos donde se toman las mediciones se crearon bridas especiales para transmitir la presión a través de un pequeño orificio practicado perpendicularmente en la cañería hacia la conexión del instrumento de medición. Cada punto de toma cuenta con una pequeña llave de paso de cierre individual a

fin de no tener que detener el ensayo para cambiar el punto de medición. Los puntos de toma son sencillos, pero a su vez robustos permitiendo que los alumnos puedan interactuar plenamente con el banco. El registro de los datos se obtiene mediante el software “Pasco Capstone” provisto por el mismo fabricante de los sensores “PASPORT – Dual Pressure Sensor” de la fábrica PASCO® (Roseville, USA), mediante los cuales obtenemos las lecturas instantáneas en cada punto y a su vez quedan registrados en el programa. Éste, a su vez, permite grabar el ensayo y recrear las lecturas, sacar medias y desvíos de las mediciones, tanto gráfica como analíticamente. Con estos datos tenemos herramientas para poder evaluar y sacar conclusiones acerca de cómo se comporta el fluido dentro de la cañería y la influencia de la fricción y la turbulencia.

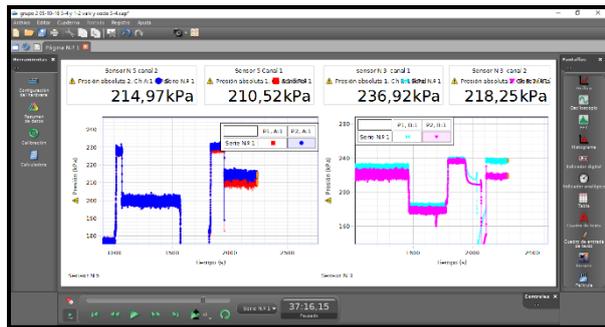


Fig. 6. Captura de pantalla durante un ensayo.

En la Fig. 6 se pueden observar valores en tiempo real a la entrada y salida de dos accesorios al mismo tiempo, pudiendo estudiar procesos, cambiar variables y obtener el registro completo con la ayuda del programa para posteriores estudios. En los trabajos prácticos con el banco, se registran medidas de caídas de presión y caudales para diferentes tuberías y accesorios, con los diversos instrumentos a fin de poder comparar los valores reales obtenidos con los que resultan de los cálculos teóricos de flujo en cañerías y hacer comparaciones, evaluando las causas por las que varían los resultados teóricos con respecto a los reales.

EQUIPO DE TRABAJO

Este equipamiento didáctico fue la concreción de un proyecto de la Asociación de Egresados de Ingeniería y Ciencias Naturales de la F.C.E.F.yN. con el apoyo de alumnos, egresados, docentes, empresarios y autoridades de la Facultad en el marco del Programa de Colaboración de Egresados, que comenzó a fines del año 2014, con un importante aporte de trabajo y dinero, siendo un ejemplo de colaboración entre cátedras, departamentos y claustros para un objetivo común.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Armfield (1997), Fluid Friction Apparatus. Instructivo No. C6.

- [2] Crane Co. (1986), *Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipe*. Technical Paper No. 410 M. Crane Co., Chicago.
- [3] Foust, A.S., Wenzel, L.A., Clump, C.W., Maus, L. y Andersen, L.B. (1961), *Principios de Operaciones Unitarias*, C.E.C.S.A., México.
- [4] Mott R. (1996), *Mecánica de Fluidos Aplicada*, Prentice Hall, México.
- [5] Perry R.H., Green D.W. y Maloney J.O. (2001), *Manual del Ingeniero Químico* (6° Ed.), McGraw Hill, México.
- [6] Miliarium.com (2001, 2008). Página web: <http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp>