



REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN ACCESORIOS HIDRÁULICOS MEDIANTE NUEVOS DISEÑOS FLUIDODINÁMICOS

FRANCISCO ALBA JUEZ, RAMÓN FIDALGO NOVÁS, CARLOS M. GUEVARA,
MANUEL A. SÁNCHEZ

Instituto de Mecánica Aplicada.
Universidad Nacional de San Juan – Argentina
Libertador Gral. San Martín 1109 –Oeste- 5400 San Juan – Argentina

(Recibido 6 de septiembre de 2005, para publicación 20 de diciembre de 2007)

Resumen – Se presenta un análisis de la problemática sobre las pérdidas secundarias en accesorios hidráulicos. El objetivo es desarrollar nuevos diseños, de tal forma de mejorar la fluidodinámica y en consecuencia disminuir las pérdidas de energía, en sistemas de conducción de fluidos. Se modificó el diseño de una válvula globo de 2” de diámetro, y se ensayó en laboratorio. Los resultados obtenidos son importantes, ya que se logra una disminución sustancial de la pérdida de carga, en este accesorio hidráulico.

Palabras clave – Flujo en tuberías, accesorios, pérdidas de energía.

1. INTRODUCCIÓN

Aquí se presenta un análisis de la problemática sobre las pérdidas secundarias en accesorios hidráulicos. El objetivo es desarrollar nuevos diseños, de tal forma de mejorar la fluidodinámica y en consecuencia, disminuir las pérdidas de energía en sistemas de conducción de fluidos.

Es necesario destacar la importancia de mejorar los diseños de accesorios que forman parte de todos los circuitos hidráulicos, ya que la disminución de la pérdida de carga, se traduce en forma directa en una disminución del consumo de energía, cuestión esta más que importante.

Este estudio se plantea sobre una válvula globo de 2” de diámetro, de bronce con asiento del mismo material, tipo comercial y de uso corriente en instalaciones industriales, y sobre una válvula globo de 2” de diámetro, en la que se propone un nuevo diseño fluidodinámico.

Para realizar las mediciones de pérdidas de carga de accesorios hidráulicos, en laboratorio, se trabajará en un equipo diseñado y construido a tal fin.

En este trabajo se compararán las pérdidas de carga entre la válvula comercial mencionada y la válvula globo con el diseño fluidodinámico propuesto.

Se analizarán los resultados, y se establecerán las conclusiones pertinentes.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A los efectos de estudiar estas pérdidas de carga, se seleccionó una válvula globo, comercial, de ($\phi = 2''$), de bronce, con asiento del mismo material, con el objeto de realizar modificaciones en ella, que permitan mejorar su diseño fluidodinámico.

Para calcular las pérdidas de carga, producidas por accesorios, utilizamos la ecuación general de pérdidas secundarias:

$$J_s = K \frac{V^2}{2g} \quad (1)$$

donde:

- J_s : Pérdida de carga secundaria.
 K : Coeficiente de pérdida secundaria.
 V : Velocidad del fluido.
 g : aceleración de la gravedad.

El objetivo es lograr un nuevo diseño de la válvula mencionada, tal que reduzca el valor del coeficiente K de pérdidas secundarias, de este modo por la ecuación (1), se deduce que el valor de pérdidas J_s , será menor.

Si en un circuito hidráulico aplicamos la ecuación generalizada de Bernoulli entre dos secciones 1 y 2, entre las cuales hay una bomba, tendremos:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 - J_{p1-2} + J_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (2)$$

donde:

- J_{p1-2} = Pérdidas primarias y secundarias
 J_B = energía específica de la bomba

Considerando presiones manométricas, depósitos con superficie libre y velocidades en los mismos, despreciables, podemos decir que la ecuación de Bernoulli se reduce a:

$$J_B = (Z_2 - Z_1) + J_{p1-2} \quad (3)$$

Por otro lado, la potencia estará dada por:

$$N(C.V) = \frac{\gamma Q J_B}{75} \quad (4)$$

De las ecuaciones (3) y (4) podemos concluir que, cuanto más elevadas sean las pérdidas de energía, mayor será la potencia que debe tener la bomba y por lo tanto, mayor será el consumo de energía eléctrica. Un ítem fundamental en el costo de elaboración de un producto, es precisamente el costo de la energía eléctrica. En esto radica la importancia de disminuir las pérdidas secundarias en los circuitos hidráulicos.

Para disminuir estas pérdidas, debemos trabajar con dos criterios fundamentales:

- Diseñar el circuito que nos dé la mejor solución técnico-económica.
- Contar con accesorios hidráulicos que produzcan pérdidas de energía mínimas.

3. PROCESO EXPERIMENTAL

El proceso experimental se basa en la determinación de las pérdidas de energía que produce una válvula globo comercial de 2" de diámetro, de bronce con asiento del mismo material y una válvula de las mismas características que la anterior, pero con un nuevo diseño fluidodinámico.

Para realizar los ensayos en la válvula globo de 2" de diámetro comercial y en la válvula globo con el diseño propuesto, se debe proceder de la siguiente manera:

En el equipo de medición de pérdidas secundarias, por medio de una bomba, se hace circular el fluido a una determinada velocidad.

Esta velocidad se calcula en función de la lectura que se realiza en el aforador, que es una altura de fluido en cm, respecto al vértice de la "V" del aforador. Este valor se lleva a la ecuación del aforador ($Q=0,57647 \cdot h^{2,5}$), mediante la cual se calcula el caudal Q (lts/m), y por la ecuación de continuidad ($Q=V \cdot A$) se determina la velocidad V (m/s).

Para un grado determinado de apertura de la válvula, que se indicará como 0V (válvula totalmente abierta), 2V (válvula dos vueltas cerrada), 3V (válvula tres vueltas cerrada) y 4V (válvula cuatro vueltas cerrada) se mide el desnivel en el manómetro diferencial. Este desnivel se traduce en una variación de presión en (mmHg).

Los datos obtenidos de ensayo son: altura del aforador (cm), y desnivel del manómetro diferencial de mercurio (mmHg), para los distintos grados de apertura de la válvula indicados anteriormente. Estos datos se transcriben a tablas; posteriormente, se vuelcan en un programa (Excel) que permite calcular: el caudal,

la velocidad del fluido y la diferencia de presión para los casos mencionados. Luego se realizan los gráficos correspondientes, se analizan y se obtienen conclusiones.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se estudió la válvula desde el punto de vista fluidodinámico atendiendo a una de las particularidades más interesantes de la capa límite, como es el hecho de que en determinadas circunstancias, la lentitud del movimiento del fluido en ella se acentúa, produciéndose su desprendimiento anticipado e incluso su retroceso.

Esto origina la aparición de remolinos intercalados entre el contorno sólido y el movimiento general, separándose éste de aquel, como si el cuerpo considerado hubiera modificado su forma por la adición a ella de los remolinos.

En este fenómeno interviene de manera fundamental la variación longitudinal de presiones a lo largo del contorno del cuerpo.

En el interior de la capa límite, las presiones vienen impuestas por las del fluido exterior.

La disminución de la velocidad favorece la separación en la parte posterior de los perfiles, ya que esa disminución de velocidad se traduce en un aumento progresivo de la presión, que actúa sobre las partículas del fluido en la capa límite, es decir, aparece un gradiente de presiones adverso que las partículas no pueden superar, por haber consumido su energía cinética en el trabajo de fricción.

Como es sabido el estudio de la capa límite nos conduce al concepto de resistencia de superficie y el fenómeno de desprendimiento de la capa límite al concepto de resistencia de forma.

En función de lo expresado, se realizó un nuevo diseño de una válvula globo, de 2" de diámetro, de bronce, con asiento del mismo material.

Debido a que en este tipo de válvulas se producen importantes cambios de dirección y secciones se trata de generar un diseño de geometría lo más aerodinámica posible, de tal forma que las líneas de energía se mantengan ordenadas y guiadas, para evitar el desprendimiento anticipado de la capa límite y tratar de retardarlo lo más posible.

Todo lo mencionado se traducirá en una sustancial disminución de la resistencia de forma y por lo tanto una menor pérdida de energía.

En la Fig. 1, se presenta el diseño de la válvula globo comercial y el diseño propuesto.

Se puede observar en el diseño propuesto, que la modificación se realizó sobre el perfil del asiento, sin modificar el cono o ángulo de cierre, además para eliminar las zonas de choque del fluido en el interior de la válvula, se diseñaron y construyeron perfiles fluidodinámicos que fueron insertados en la válvula. Se indica además en esta figura el sentido del flujo.

Se realizó el ensayo de la válvula comercial, determinando la caída de presión para las cuatro posiciones de apertura y cinco valores de velocidad. A continuación se trazaron las curvas correspondientes, que se indican en la Fig. 2.

Posteriormente se realizó el ensayo de la válvula globo con el diseño propuesto, efectuándose el mismo procedimiento que en el caso anterior, realizándose las mediciones de caída de presión para cada una de las aperturas de válvula establecidas, obteniéndose las curvas indicadas en la Fig. 3.

En las Figuras 2 y 3 se puede observar la variación de la caída de presión en función de la velocidad. Los valores obtenidos por ensayo se aproximan con curvas cuadráticas. Se puede apreciar el incremento del término cuadrático a medida que se cierra la válvula, lo que indica un aumento de caída de presión.

Además, el análisis de estas curvas, nos indica, claramente, una disminución de las pérdidas de carga en la válvula con el diseño propuesto, con respecto a la válvula comercial.

A los efectos de cuantificar las mejoras logradas, se comparan las curvas obtenidas en el diseño propuesto, con las correspondientes a una válvula globo comercial sin ninguna modificación. Dicha comparación se muestra en las Figuras 4, 5, 6 y 7. En estas se puede observar la comparación para cuatro posiciones de apertura de la válvula, indicadas como $0V$ (totalmente abierta), $2V$ (dos vueltas cerradas), $3V$ (tres vueltas cerrada) y $4V$ (cuatro vueltas cerrada, aproximadamente 90% de cierre).

Analizando las Figuras 4, 5, 6 y 7 se puede observar que se produce una disminución importante en la caída de presión vs. velocidad para los distintos grados de apertura de la válvula comercial, en compara-

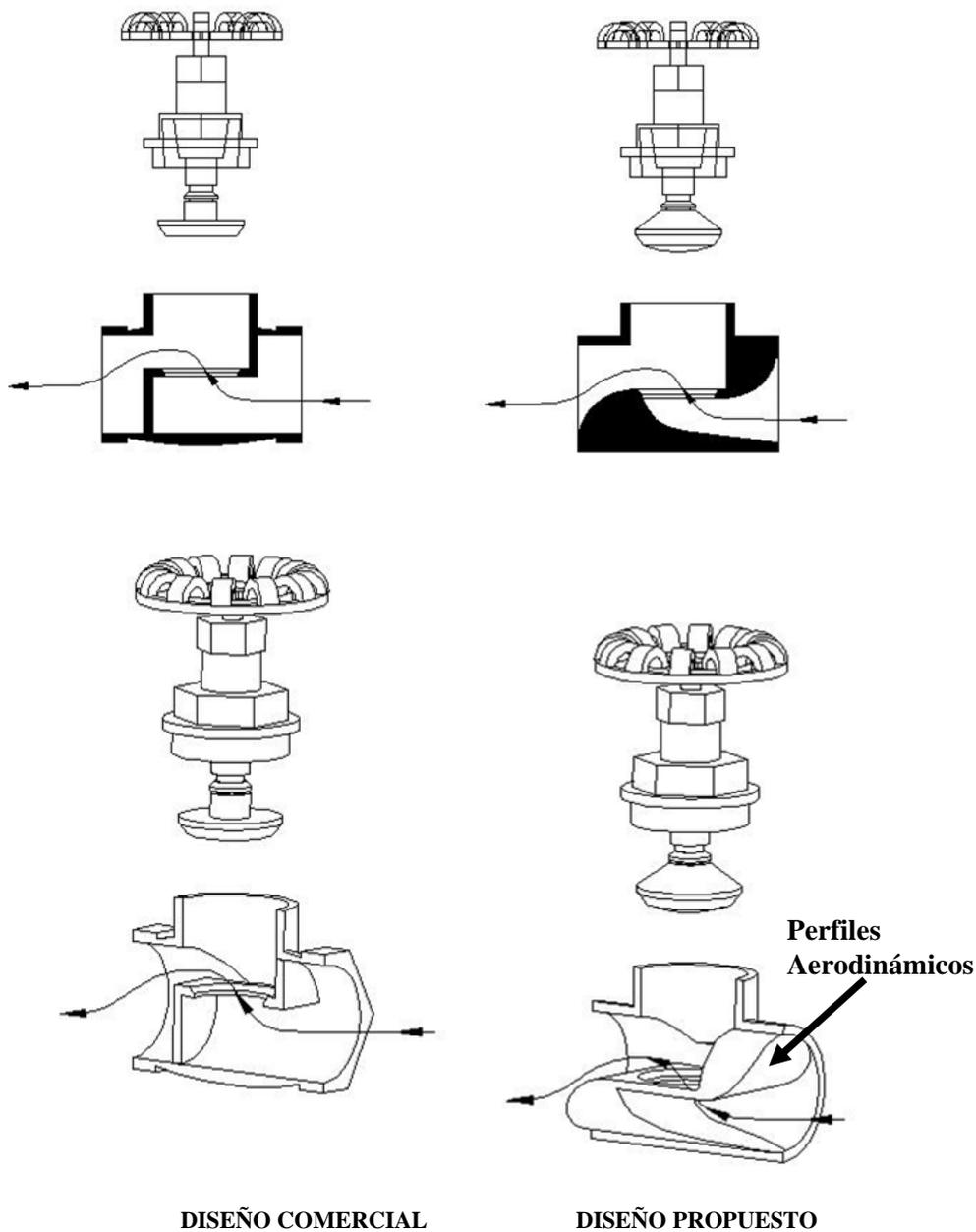


Fig. 1. Representación gráfica del diseño de la válvula globo comercial y el diseño propuesto.

ción con la válvula del diseño propuesto. Esto se traduce en una disminución de la pérdida secundaria en la válvula globo con el diseño propuesto.

Para visualizar de manera más precisa este hecho, se presenta en diagramas de barras la comparación de porcentajes de mejora en la caída de presión o pérdida de energía entre la válvula comercial y el diseño de válvula propuesto, como puede observarse en las Figuras 8, 9, 10 y 11.

Del análisis de las Figuras 8, 9, 10 y 11, se observa una mejora fluidodinámica importante con el diseño de la válvula globo propuesta, que trae como consecuencia una disminución en la pérdida de carga, en porcentajes más que aceptables.

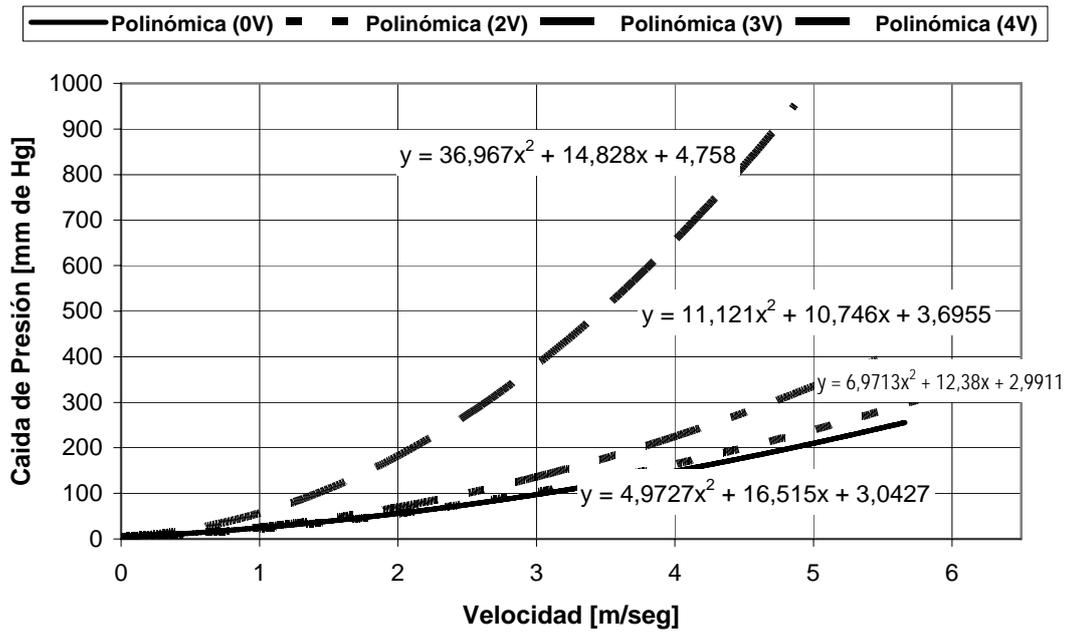


Fig. 2. Caída de presión en función de la velocidad para la válvula comercial de 2".

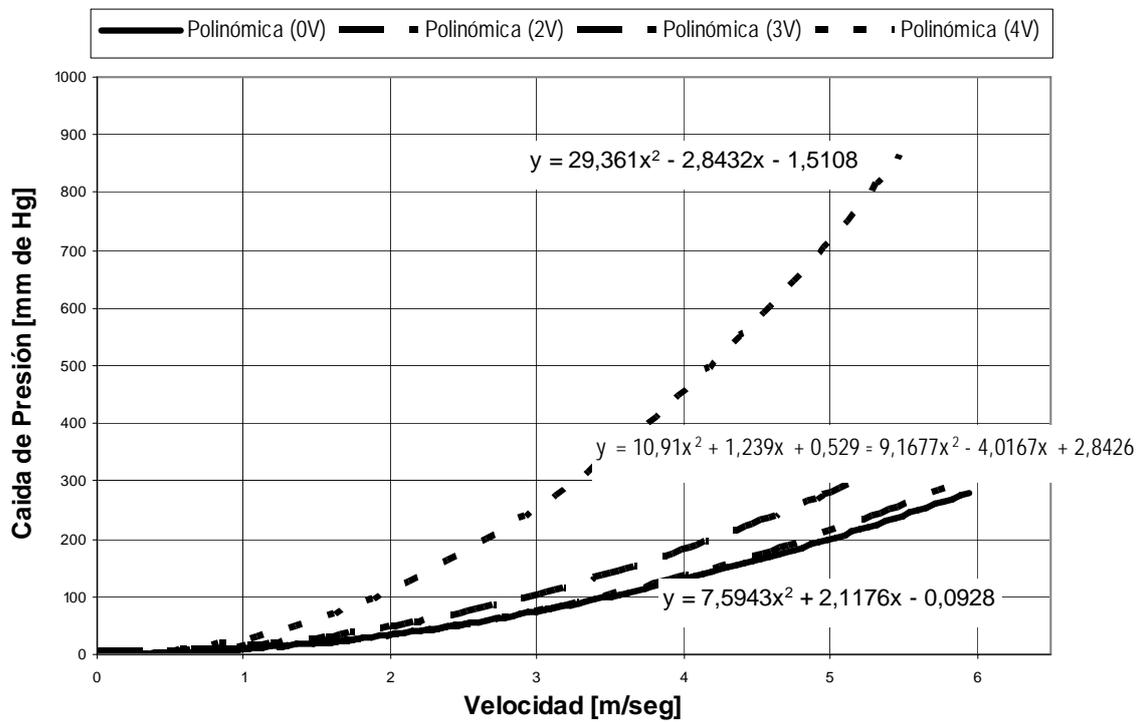


Fig. 3. Caída de presión en función de la velocidad para la válvula comercial de 2" con el diseño propuesto.

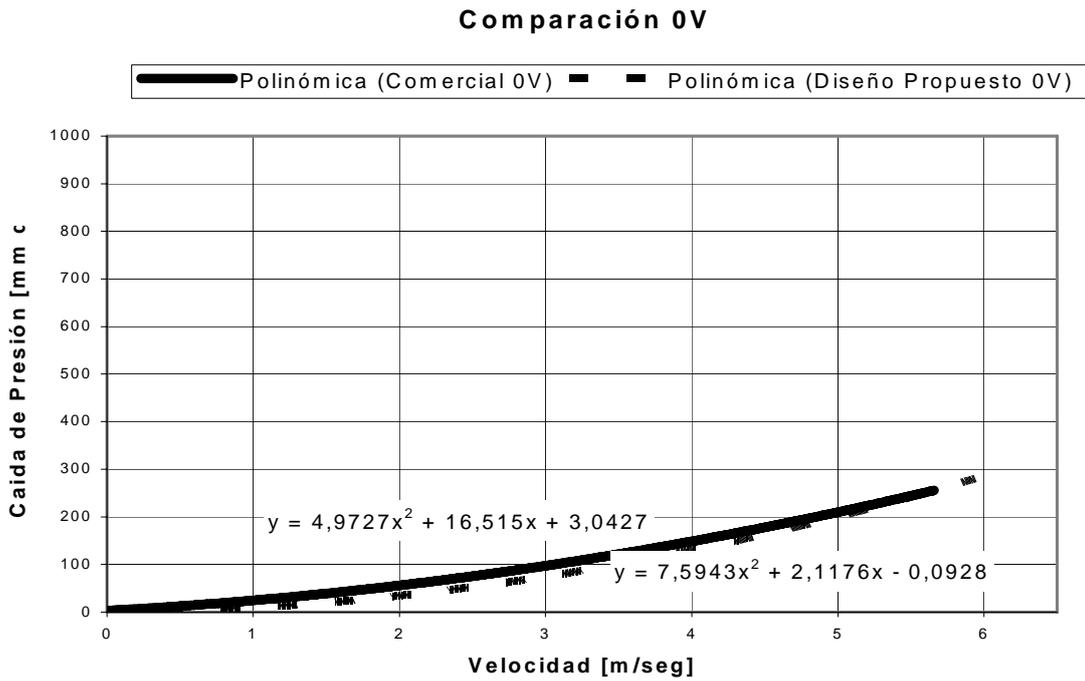


Fig. 4. Caída de presión vs. velocidad en válvula comercial y válvula con el diseño propuesto, para 0V (válvula totalmente abierta).

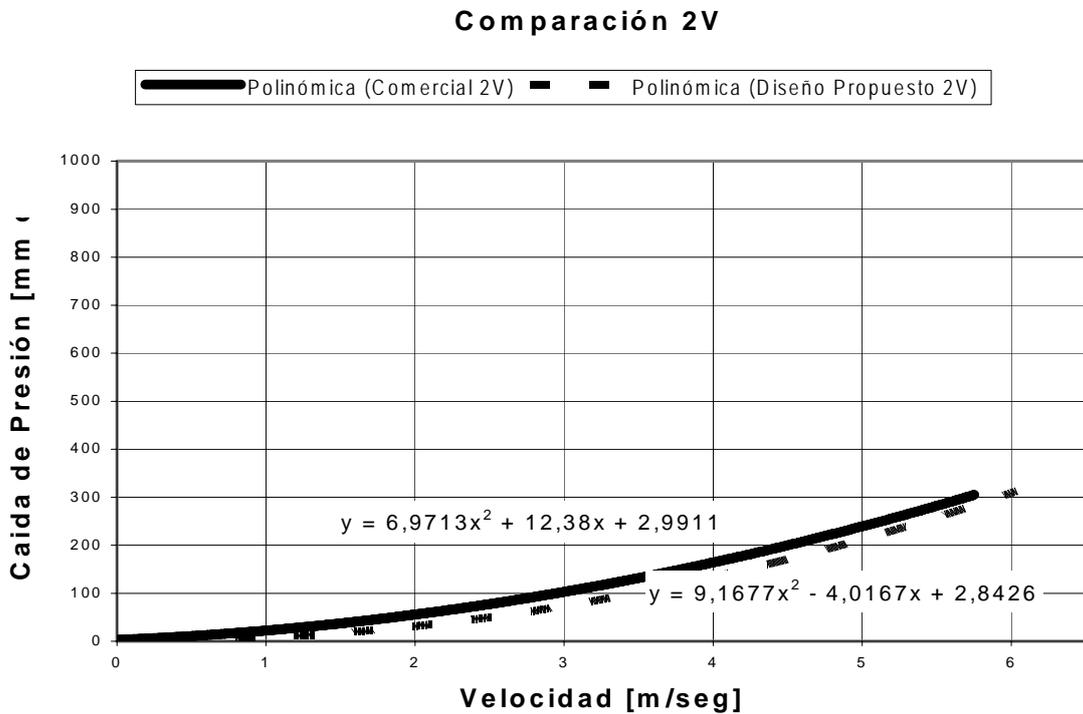


Fig. 5. Caída de presión vs. velocidad en válvula comercial y válvula con el diseño propuesto, para 0V (válvula totalmente abierta).

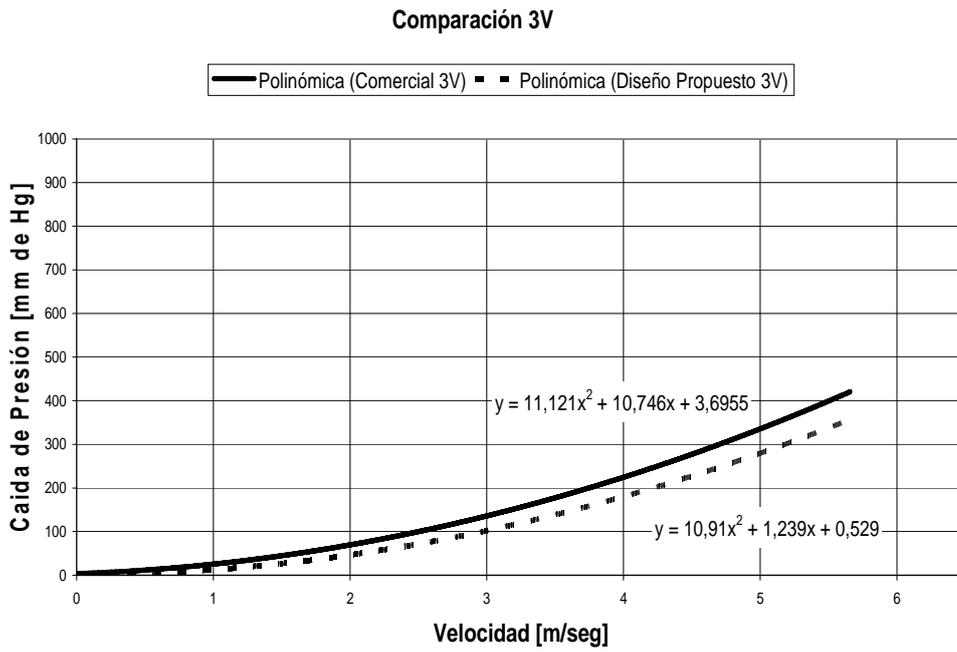


Fig. 6. Caída de presión vs. velocidad en válvula comercial y válvula con el diseño propuesto, para 3V (válvula tres vueltas cerrada).

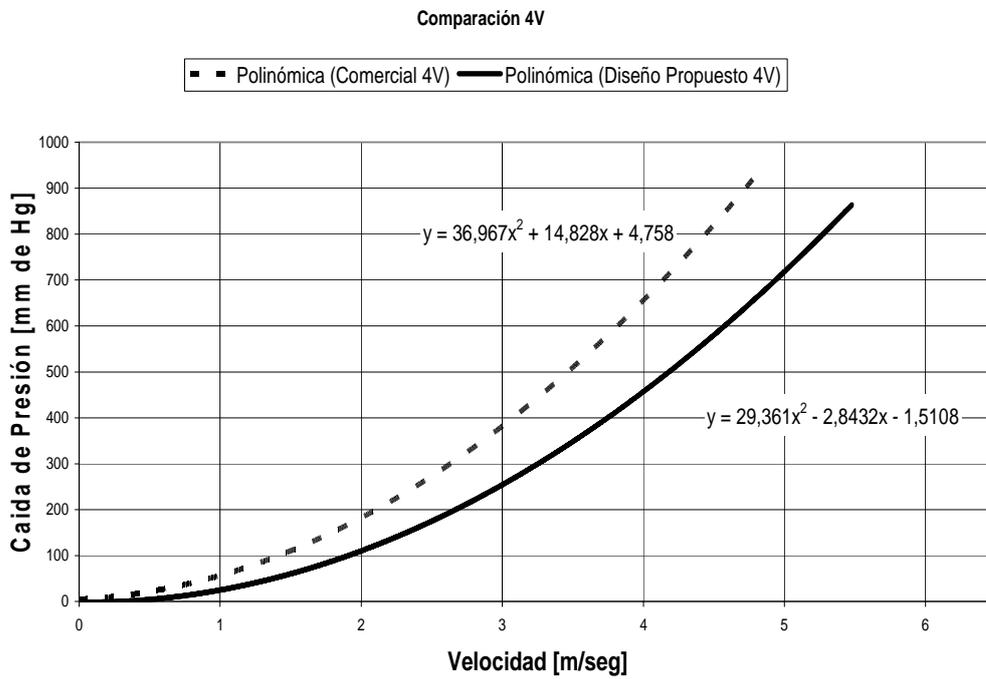


Fig. 7. Caída de presión vs. velocidad en válvula comercial y válvula con el diseño propuesto, para 4V (válvula cuatro vueltas cerrada).

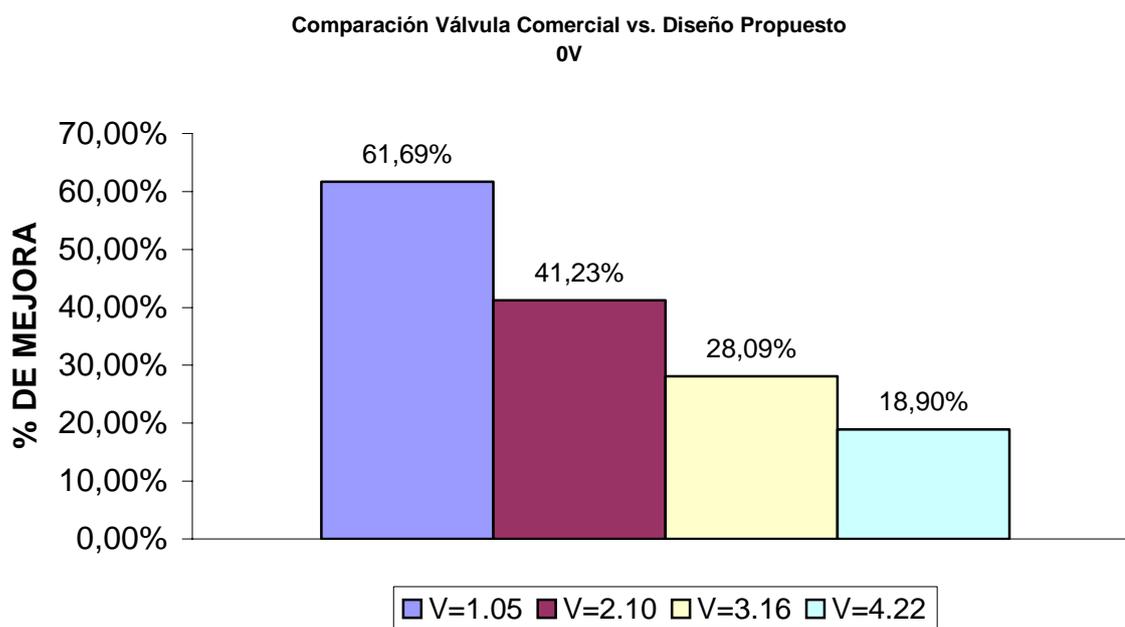


Fig. 8. Comparación de % de mejora vs. velocidad entre la válvula comercial y válvula con el diseño propuesto, para 0V (válvula totalmente abierta).

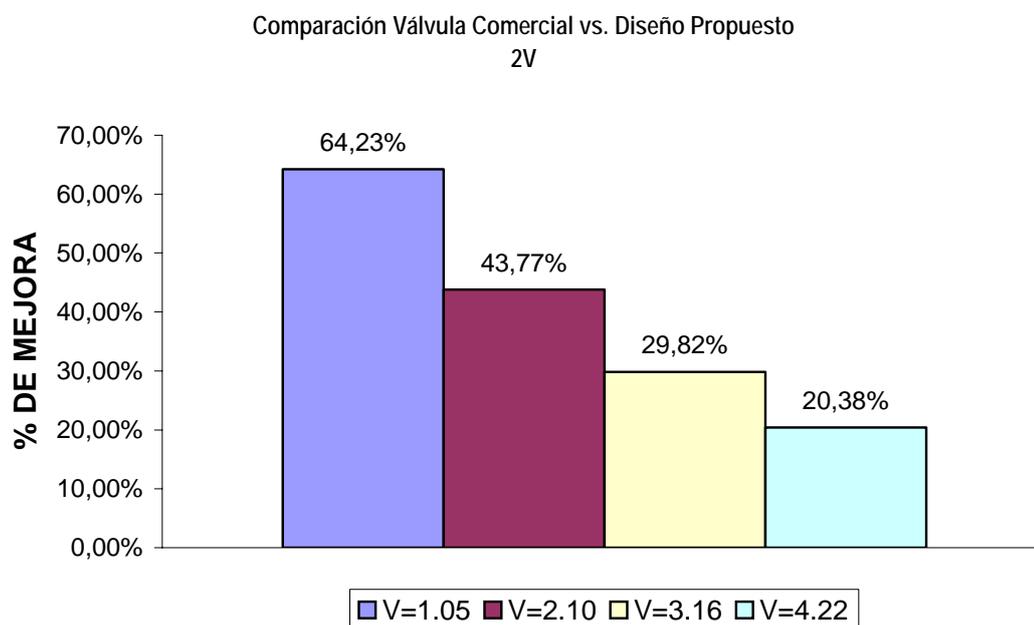


Fig. 9. Comparación de % de mejora vs. velocidad entre la válvula comercial y válvula con el diseño propuesto, para 2V (válvula dos vueltas cerrada).

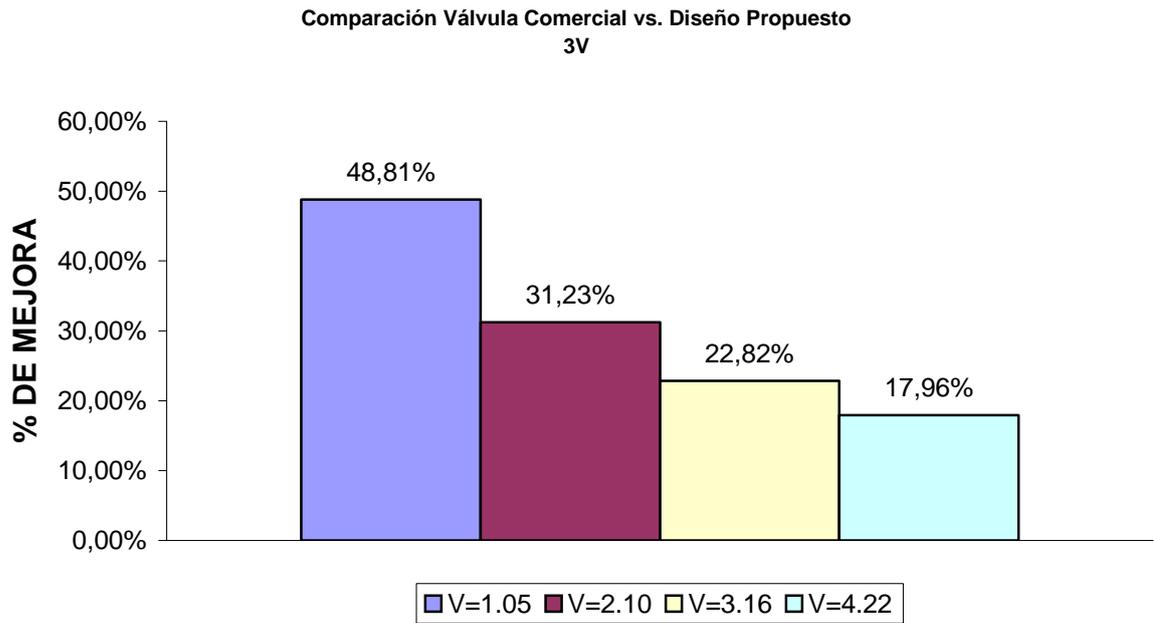


Fig. 10. Comparación del % de mejora vs. velocidad entre la válvula comercial y válvula con el diseño propuesto, para 3V (válvula tres vueltas cerrada).

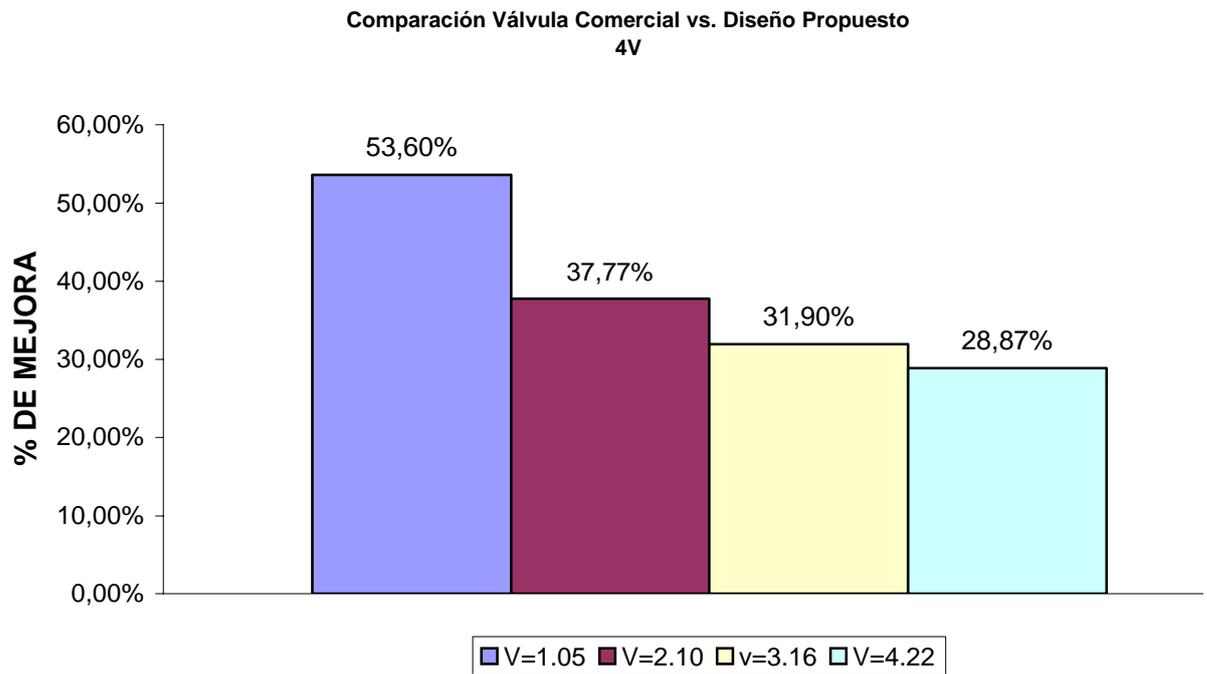


Fig. 11. Comparación de % de mejora vs. velocidad entre la válvula comercial y válvula con el diseño propuesto, para 4V (válvula cuatro vueltas cerrada).

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo de la válvula con el diseño propuesto, se demuestra claramente una importante mejora fluidodinámica que se traduce en una considerable disminución en la pérdida de carga y por tanto, en una significativa disminución de la energía necesaria para el funcionamiento del circuito hidráulico y consecuentemente en una reducción de su costo económico.

REFERENCIAS

- [1] Addison, H., *Hydraulic Measurements*, Chapman and Hall, London (1946)
- [2] Alba Juez, F., *Mecánica de los fluidos*, Ed. Efu Editorial Universidad Nacional De San Juan (1996)
- [3] Czerweny, *Electrobombas*, Catálogo de Fabricante
- [4] Crane, *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*, Ed. Mc Graw-Hill (1990)
- [5] Fox, R.W., McDonald, A., *Introducción a la Mecánica de los Fluidos*, Ed. McGraw-Hill (1989)
- [6] Goldstein, R.J., *Fluid Mechanics Measurements*, Washington, D.C. Hemisphere (1983)
- [7] Lorm, C.F., Wolla, M.L., "Computer Analysis Of Water. Distribution System: Part 1, Formulation Of Equations", *Proceedings of the ASCE, Journal of the Hydraulics Division*, **98**, Hy2, Febrero (1972)
- [8] Mataix, C., *Mecánica de los fluidos y máquinas hidráulicas*, Ed. Labor (1960)
- [9] Miller, R., *Flow Measurement Engineering Handbook*, 2ª Ed. Nueva York, Mc Graw-Hill (1985)
- [10] Moody, L.F., Princeton, N.J., "Friction Factors For Pipe Flow", *Transactions of the ASME*, **66**(8), 671-684 (1944)
- [11] Potter, M., Foss, J., *Fluid Mechanics*, Nueva York, Roland (1975)
- [12] Rouse, H., Ince, S., *History Of Hydraulics*, Nueva York, Dover (1957)
- [13] Schulkes, R.M.S., Rinde, T., Utvik, O., "Pipe Flow With Radial Inflow: Experimental And Modeling Work", *Transactions of the ASME, Journal of Fluids Engineering*, **121**(1), 106-112 (1999)
- [14] Streeter, V.L., *Mecánica de los fluidos*, Mc Graw-Hill (1987)
- [15] Greene, R.W., *Válvulas: Selección, uso y mantenimiento*, Mc Graw-Hill (1996)
- [16] Alba Juez, F., Sanchez, M., Fidalgo, R., Campos, D., Guevara, C., "Diseño y simulación de redes de tuberías y accesorios para el transporte de fluidos", Instituto de Mecánica Aplicada – Facultad de Ingeniería – UNSJ (1997 – 1999)
- [17] Alba Juez, F., Sanchez, M., Fidalgo, R., Campos, D., Guevara, C., "Análisis y optimización de accesorios para redes de tuberías", Instituto de Mecánica Aplicada – Facultad de Ingeniería – UNSJ (2000 – 2002)
- [18] Peña Peña, E., Montiel Gutiérrez, M.A., Martínez Austria, P., "Análisis hidráulico de accesorios utilizados en sistemas de riego a baja presión", *IX Congreso Nacional de Irrigación*, México (1999)

ENERGY LOSS REDUCTION BY NEW DESIGN OF FLUID CONDUCTION ACCESSORIES

Abstract – This paper analyzes the problems of secondary losses in hydraulic fittings. The object is to develop new designs in order to improve fluid dynamics and consequently reduce energy losses in fluid conduction systems. The design of a globe valve of a 2" diameter was modified and tested in a laboratory. The results obtained are important since a substantial reduction of energy loss is achieved in this hydraulic fitting.

Keywords – Pipe flow, Accessories, Energy losses.