

Hidropulsaciones y sus remedios(*)

Por **MANUEL MATEOS**

Dr. Ingeniero de Caminos, Ph. D., M. Sc.

Profesor Titular de Obras Hidráulicas, de la Universidad Politécnica de Madrid.

La posibilidad de golpe de ariete en impulsiones exige el empleo de una gama de dispositivos, uno de los cuales son las válvulas, cuyos diversos tipos se describen en el artículo.

Entenderemos por *Hidropulsaciones* el llamado hasta ahora *golpe de ariete*. Creemos que **HIDROPULSACIONES** es una palabra que define mejor el fenómeno. golpe de ariete se deriva de la traducción literal del francés «coup de belier» («belier = carnero, ariete»). Más expresiva sería la traducción del inglés, pues lo llaman «water hammer» que en español sería algo así como «martilleo del agua».

El fenómeno está analizado sencilla y muy claramente en la segunda edición (1987) del libro de Mendiluce (Ver referencia 1 al final). No expondremos la teoría, que está explicada en todos los libros de hidráulica con mayor o menor amplitud, sino que nos limitaremos a mencionar los mecanismos o artilugios que se han empleado o se emplean para aminorar o eliminar sus efectos, ya que algunos de ellos son poco conocidos.

Los que se conocían y se aplicaban en España hasta hace 20 años, para eliminar o disminuir las hidropulsaciones, eran los seis siguientes:

1. Chimeneas de equilibrio.
2. Depósitos amortiguadores simples.
3. Depósitos amortiguadores con membranas o vejigas.
4. Válvulas de retención en serie a lo largo de la conducción.
5. Volantes de inercia.
6. Válvulas de seguridad del tipo muelle-y-tapón.

Estas seis soluciones están analizadas en la primera y segunda edición del libro de Mendiluce, por lo que no creemos conveniente exponerlas aquí una vez más.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 28 de febrero de 1989.

Existen otros métodos más modernos, ya ampliamente experimentados, y que empezamos a dar a conocer en España en el año 1970. Algunos fueron presentados en comunicaciones publicadas por la REVISTA DE OBRAS PUBLICAS (Ver las referencias 2 a 5 al final). Dado el interés demostrado por muchos compañeros por estas nuevas soluciones las presentamos sucintamente a continuación:

7. Válvulas optimizadoras de bombeos.
8. Válvulas de alivio rápido o de seguridad compensadas, monobloque.
9. Válvulas de alivio actuadas por piloto externo.
10. Válvulas de alivio anticipado, mecánicas, con pilotos externos.
11. Válvulas de alivio anticipado, eléctricas.
12. Válvulas de seguridad con varios muelles.

VALVULAS OPTIMIZADORAS DE BOMBEOS

Esta válvula también la denominamos *de retención controlada* y su situación en una impulsión de alta seguridad se puede ver en la figura 1. Es la que más incide en el proceso de bombeo y con ella se pueden eliminar casi absolutamente las hidropulsaciones tanto las sobrepresiones como las depresiones (en algunos casos de presión negativa no se «cortaría» la vena líquida). Sus ventajas son:

- a) Protege contra las presiones excesivas en la impulsión y en los sistemas de distribución debido a que su *abertura es diferida* y se efectúa gradualmente.
- b) Durante la parada de la instalación, la válvula se va cerrando lentamente con la bomba aún en marcha; sólo cuando la

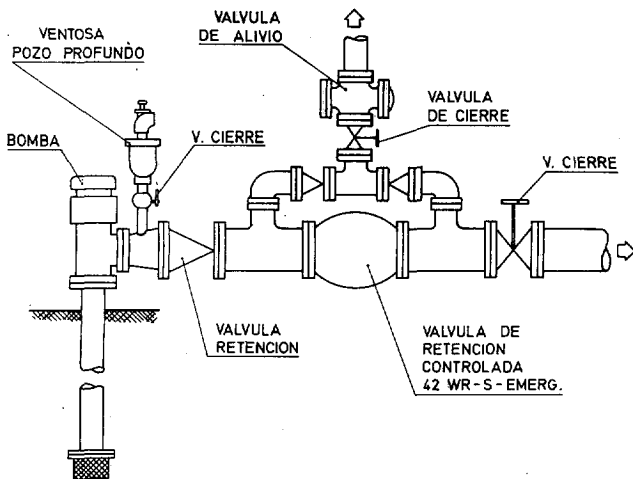


Figura 1.—Sistema de alta seguridad para optimización de bombeos.

optimizadora se ha cerrado en aproximadamente un 95 por 100, un interruptor detiene la bomba. De esta manera se eliminan las causas que originarían hidropulsaciones.

- c) La optimizadora se abre cuando se ha expulsado todo el aire existente desde el grupo impulsor y cuando se han evacuado, a través de la válvula de alivio, las primeras aguas bombeadas.
- d) Elimina la formación del vacío durante el ciclo de parada del sistema de bombeo.
- e) El modelo que se indica en la Figura 1 (42 WR-S-Emerg), se cierra rápidamente al haber un corte imprevisto de la energía eléctrica. De esta manera se resuelve el problema más grave de toda impulsión.
- f) Se puede programar para que deje de funcionar si hay una rotura en la conducción.
- g) Se puede incorporar un mecanismo para apertura y cierre manual.
- h) Se puede reajustar in-situ para condiciones cambiantes.
- i) Se puede instalar un mecanismo que interrumpa el bombeo en caso de que el depósito, al cual se vierta el agua, se haya llenado y se haya cerrado la válvula que evite se desborde.

Se recomienda estudiar la colocación de es-

te sistema de válvulas en impulsiones con una longitud mayor que 2 kms.

En la figura 2 se representa la variación teórica de las hidropulsaciones como en las depresiones.

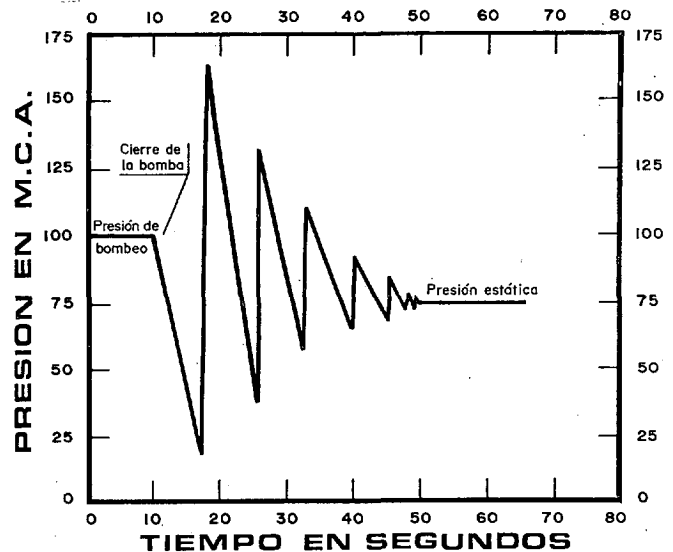


Figura 2.— Representación teórica de las hidropulsaciones

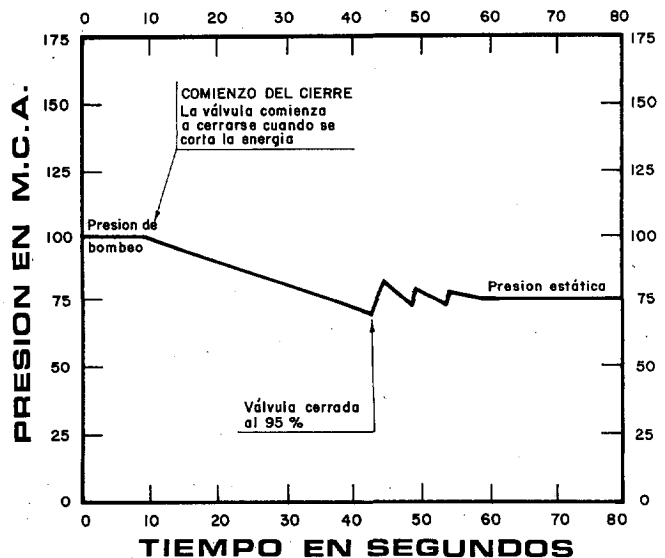


Figura 3.—Representación teórica de las hidropulsaciones residuales en un sistema de bombeo optimizado.

VALVULA DE ALIVIO RAPIDO, COMPENSADA, MONOBLOQUE

Esta válvula tiene la misión de abrirse enteramente y con rapidez cuando la presión den-

tro de la tubería sobrepasa un tarado establecido, el cual se puede modificar in-situ, sin desmontarla. Actúa por vaciado de una cámara interna, no por muelles que opriman un simple tapón.

En el esquema de la Figura 1 se ha incluido una válvula de alivio rápido porque desempeña las funciones que se indican a continuación:

- Protege el tramo de conducción comprendido entre la bomba y la válvula de optimización, de las sobrepresiones que se producen al poner en marcha la estación de bombeo.
- Expulsa las primeras aguas bombeadas, que suelen contener sólidos.
- En caso de que haya un fallo en el suministro de energía eléctrica, ayuda a la válvula optimizadora a eliminar las sobrepresiones.
- Permite reducir el timbraje de las conducciones ya que neutraliza las sobrepresiones que se producen durante las operaciones de arranque y parada de las bombas.
- Protege a las bombas de las elevadas presiones que aparecen al iniciarse el bombeo, mientras está cerrada la válvula optimizadora. Al evitar sobrepresiones en las bombas reduce considerablemente los gastos de conservación y mantenimiento de las mismas.
- Impide que comience el bombeo efectivo hasta que no se alcance una presión mínima. Algunos fabricantes recomiendan que se empiece bombeando en vacío hasta que la bomba llegue a la velocidad normal, o de régimen. Esta operación es extremadamente perjudicial para las bombas y se puede colegir que la instalación de una válvula de alivio compensada la hace completamente innecesaria.
- Asegura la circulación de un caudal mínimo mientras que la bomba esté funcionando, lo cual permite su enfriamiento.

Estas válvulas de alivio pueden ir solas, como se indica en la Figura 4. Entonces no se eliminan completamente las hidropulsaciones, sino que se aminoran las sobrepresiones en un 10

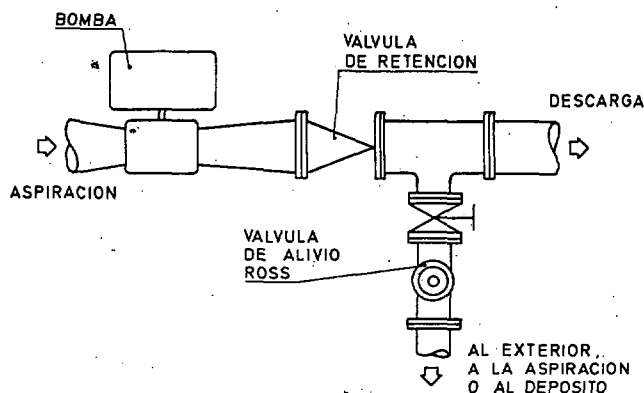


Figura 4.— Tratamiento simple de un bombeo por medio de una válvula de alivio.

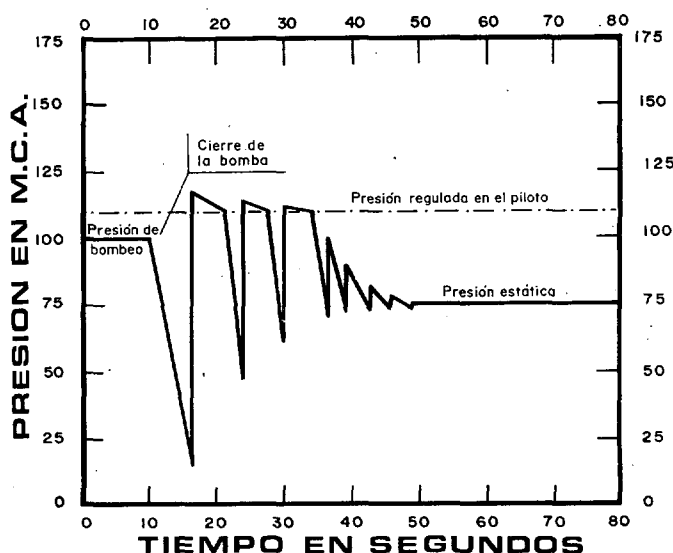


Figura 5.— Representación teórica de las hidropulsaciones en un bombeo con válvula de alivio solamente (como en la figura 4).

ó 20 por 100, según se presenta esquemáticamente en la Figura 5. Una de estas válvulas de alivio rápido se presenta seccionada en la Figura 6.

Este tipo de válvulas se ha analizado por ordenador en cooperación con el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Politécnica de Valencia (referencia 6).

VALVULAS DE ALIVIO ACTUADAS POR PILOTO EXTERNO

Las válvulas anteriores, de alivio compensadas, se fabrican de pequeños diámetros; hasta

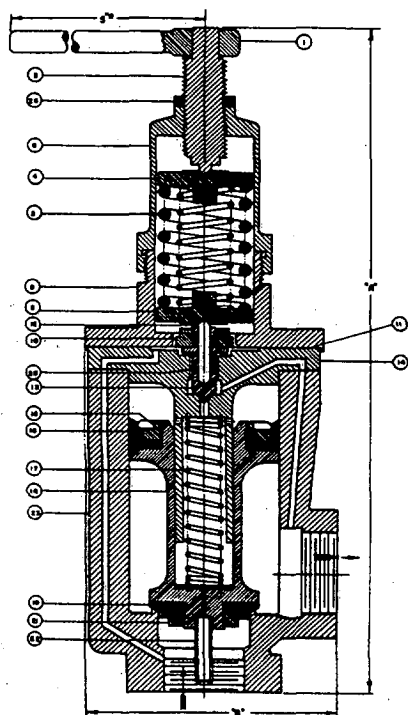


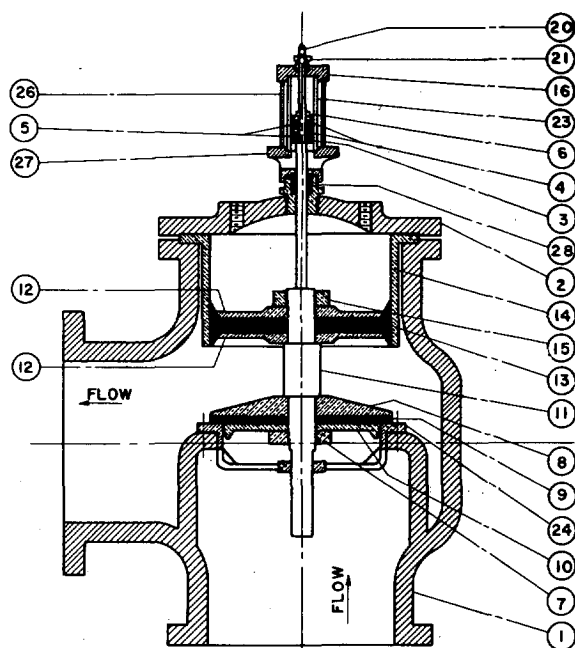
Figura 6.—Sección de una válvula de alivio rápido compensada (por vaciado de cámaras internas).

75 milímetros. Una sola puede colocarse en tuberías de hasta 300 milímetros, pues generalmente su diámetro es una cuarta parte del diámetro de la tubería. Si la tubería es mayor se pueden colocar varios o recurrir a válvulas mayores, que son las mandadas por piloto externo. Recomendamos que estas se coloquen en tuberías de diámetros de 400 milímetros o superiores, ya que se suelen fabricar a partir de 100 milímetros. en la Figura 7 se presenta una vista lateral de un modelo de 300 milímetros.

Estas válvulas son análogas conceptualmente a las anteriores de alivio rápido, excepto que el mando es exterior. Por ello no son tan rápidas como las de la Figura 6. También se están analizando por ordenador, como las válvulas de alivio rápido.

VALVULAS DE ALIVIO ANTICIPADO, MECANICAS, POR PILOTO

El fundamento es análogo al de las dos anteriores. Presentan una gran mejora al incorporarles un piloto adicional, que hace que la válvula se abra cuando se inicia la depresión en



LONGITUDINAL SECTION

Figura 7.—Sección y vista lateral de una válvula de alivio por piloto captador de sobrepresiones que actúa haciendo vaciar rápidamente la cámara superior, lo que da origen a la apertura de la válvula.

la conducción. Con esto su función se acerca a la de la optimizadora, pues puede eliminar casi completamente las hidropulsaciones, tanto en su parte de sobrepresiones, como en la de de-

presiones. Hay que ser muy cauto en su diseño, pues de no seleccionarla de tamaño adecuado, sino excesivo, puede dar lugar a que no se cierre, tirando el agua bombeada al exterior.

VALVULAS DE ALIVIO ANTICIPADO ELECTRICAS

Es igual que la anterior excepto que el piloto, que abre la válvula de alivio al ocurrir la depresión en la tubería, ha sido substituido por un mecanismo eléctrico.

VALVULAS DE SEGURIDAD CON VARIOS MUELLES

Hemos pretendido mejorar las prestaciones de las válvulas corrientes de seguridad de muelle y tapón substituyendo en algunos casos las válvulas de seguridad con muelle único por otra con varios muelles para aumentar la sensibilidad. Una sección de una de estas válvulas se presenta en la Figura 8.

Este modelo lo solemos recomendar exclusivamente para impulsiones de aguas sucias.

VALVULAS DE RETENCION Y VENTOSAS

Como es lógico, después de la bomba se coloca una válvula de retención. En la Figura 1 se podría haber suprimido, ya que la optimizadora es en si una válvula de retención. También se observa en la Figura 1 que hay instalada una ventosa de pozo profundo.

No vamos a analizar los distintos modelos que se pueden colocar; ya mencionamos varios tipos de válvulas de retención y de ventosas en la segunda edición del libro de Mendiluce, y de ventosas en la referencia 7 publicada en la REVISTA DE OBRAS PUBLICAS. Llamamos la atención sobre la selección de estos tipos de válvulas; hemos visto muchas impulsiones inutilizadas por rotura de la clapeta, y también por no colocar las ventosas adecuadas en los lugares apropiados (que no son únicamente los puntos altos).

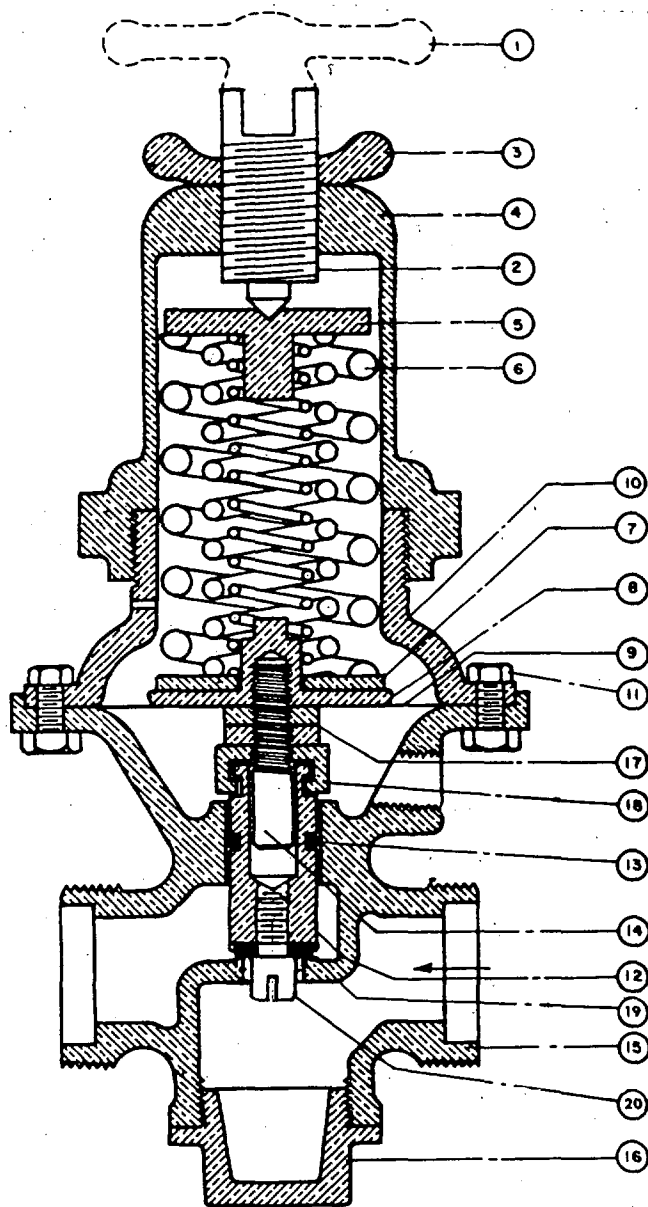


Figura 8.—Válvula del tipo «seguridad» con varios y muelles.

Hemos de tener en cuenta que las buenas válvulas, aunque fueren costosas, representan un coste mínimo en toda instalación de agua impulsada, pues suele ser del orden del 2 por 100 del total del proyecto. Sin embargo, casi siempre, las roturas de las tuberías son causadas por un ahorro insignificante, y por tanto incomprensible, en la adquisición de las válvulas.

ULTILOGO

Hemos enumerado las *seis soluciones antiguas* para la eliminación de las hidropulsaciones, así como *seis mecanismos nuevos* pero muy experimentados en gran número de instalaciones en España y en otros muchos países y que suponen sendas soluciones para paliar económicamente los efectos de las hidropulsaciones.

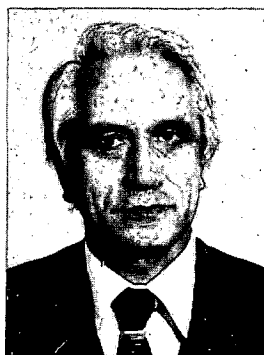
REFERENCIAS

1. MENDILUCE, E.: «El Golpe de Ariete en Impulsiones» de la colección OBRAS HIDRAULICAS, dirigida por M. Mateos. Editorial Bellisco, apartado 156, 133, Madrid, 1987.
2. MATEOS, M.: «Sobre la conversión de energía de ondas en energías de masas en las impulsiones», REVISTA DE OBRAS PUBLICAS, enero 1980.
3. MATEOS M.: «Sobre chimeneas de equilibrio en instalaciones de bombeo», REVISTA DE OBRAS PUBLICAS, febrero 1986.
5. MATEOS M.: «Optimización de reimpulsiones largas o con altas presiones», REVISTA DE OBRAS PUBLICAS, julio 1986.
6. CABRERA E., ESPERT V., MATEOS M. y LOPEZ

B.: «Análisis del golpe de ariete en impulsiones protegidas por válvulas de alivio», TECNOLOGIA DEL AGUA, abril 1986.

7. MATEOS M.: «Ventosas. Análisis práctico de su comportamiento y presentación de 17 tipos», REVISTA DE OBRAS PUBLICAS, agosto 1985.

Manuel Mateos de Vicente



Especializado en la solución de problemas de hidráulica mediante el empleo de válvulas especiales, tema sobre el que ha preparado 30 comunicaciones. También ha investigado problemas de tráfico con 60 publicaciones, problemas de suelos con 70 publicaciones, de utilización de cenizas volantes con 25 publicaciones, aparte de otras aportaciones en campos no ingenieriles. Su

labor ha sido reconocida en «Who's Who in the World», «Men of Achievement», «Who's Who in Western Europe», Sigma Xi, etc. Es miembro de varias Asociaciones profesionales o científicas y estudiado o trabajado en varios países.

