

Optimización de re-impulsiones largas o con altas presiones^(*)

Por **MANUEL MATEOS DE VICENTE**

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Master of Science.

Se presentan diversos casos prácticos de valvulería para re-impulsiones, con exposición de los diversos tipos que mejoran el funcionamiento de las bombas y evitan los golpes de ariete.

Entendemos por re-impulsión a una estación de bombeo instalada en una tubería para aumentar la presión del agua. Entendemos que es necesario analizar las re-impulsiones por haber comprobado que en ocasiones se contruyen en su lugar impulsiones sucesivas. Una re-impulsión supone ahorro al no tener que construir un depósito regulador y al aprovechar la presión residual (lo que puede suponer un gasto menor en energía).

En el diseño de las estaciones de re-impulsión de agua conviene distinguir dos aspectos fundamentales:

- El dimensionamiento de las conducciones y la elección de las bombas que permitan suministrar los caudales de proyecto frente a las presiones óptimas de distribución.
- El sistema de protección de las instalaciones frente a las sobrepresiones y golpes de ariete.

El primer aspecto citado es de sobra conocido y por ello sólo vamos a detenernos en el estudio de los sistemas de protección frente a las sobrepresiones y golpes de ariete.

Es sabido que la puesta en marcha y la parada de las bombas producen sobrepresiones en las conducciones e instalaciones de la estación de bombeo; los mismos efectos causan las interrupciones en el suministro de energía eléctrica. La manera tradicional de eliminar las sobrepresiones consiste en colocar una válvula de clapeta y calderines. Actualmente, debido al considerable avance que ha experimentado el

diseño de válvulas, es posible dar solución satisfactoria a los problemas de sobrepresiones y golpes de ariete por medio de válvulas automáticas.

En las páginas siguientes se describen algunos sistemas de protección de estas instalaciones de bombeo y se explica la función desempeñada por cada válvula dentro del esquema correspondiente. Se han tenido en cuenta dos tipos de bombeo; re-impulsión por bomba centrífuga y re-impulsión por bomba normal.

La mayor inversión inicial que requieren los sistemas que a continuación se analizan está plenamente justificada, ya que no sólo permiten la optimización automática del bombeo sino que su mayor fiabilidad y eficacia les hacen competitivos con los sistemas de protección tradicionales que exigen, a menudo, cuantiosas inversiones en mantenimiento y reparación de roturas. Para impulsiones normales que sobrepasen los 3 km. pueden ser lo más económico el instalar una válvula optimizadora del bombeo; ver referencia 1 y 2. Para longitudes menores de 3 km. se pueden consultar las referencias 3 y 4. Para casos especiales de caudal constante se puede consultar la referencia 5. Las reimpulsiones menores de 3 km. están estudiadas en la referencias 6 y las anti-impulsiones en la referencia 7.

Hemos de advertir que si no se desea optimizar plenamente la re-impulsión, se puede recurrir a la solución por válvulas de alivio solamente, como alternativa a los calderines. El coste con válvulas de alivio suele ser del orden de una cuarta parte del coste de los calderines. (Ver referencias 3, 4 y 6).

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de octubre de 1986.

CASO PRIMERO: RE-IMPULSION POR BOMBA CENTRIFUGA

Optimización de bombeo con válvula de retención controlada y análisis de válvulas auxiliares

En la figura 1 se presenta el conjunto de válvulas que deben instalarse para optimizar el funcionamiento de una estación de bombeo de un pozo profundo. El diseño idóneo, en este caso, incluye una ventosa, una válvula de retención, una válvula de alivio, una válvula de optimización de bombeo y las correspondientes válvulas de cierre.

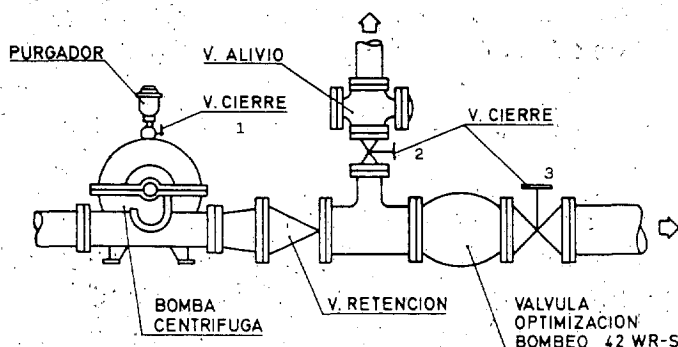


Figura 1. Caso Primero. Esquema de una instalación de re-impulsión por bomba centrífuga con válvulas optimizadora normal.

A continuación, se explica la función particular de cada uno de estos elementos y se recomiendan los tipos de válvulas más apropiados.

Ventosa

La finalidad de la ventosa es facilitar la evacuación de aire al iniciarse el bombeo y evitar que se haga el vacío en la bomba permitiendo la salida de aire bajo presión.

Se recomienda que sea de tipo purgador Midget, o, si la instalación es de importancia, que sea purgador de bielas (Referencia 8).

Válvula de alivio rápido

La inclusión de una válvula de alivio rápido en el diseño esquematizado en la figura 1 se justifica sobradamente si tenemos en cuenta que esta válvula desempeña las siguientes funciones:

- 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.
- En el caso que se cierre la válvula de retención por un fallo del suministro eléctrico, elimina el golpe de ariete que podría dañar la tubería de distribución.
- 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 de optimización. Al evitar sobrepresiones en las bombas se reducen 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 de válvulas recomiendan que se empiece bombeando en vacío hasta que la bomba llegue a la velocidad de régimen. Esta práctica es extremadamente perjudicial para las bombas y ya vemos que la instalación de una válvula de alivio rápido la hace completamente innecesaria.

El análisis de los epígrafes anteriores confirma la trascendencia del cometido de las válvulas de alivio en estas instalaciones.

Hemos diseñado impulsiones con válvulas de alivio rápido que se abren en cuanto la presión excede en un 10 por 100 a la presión manométrica de la conducción, descargando instantáneamente el volumen de agua preciso para que se anulen las sobrepresiones. El funcionamiento de estas válvulas es mucho más eficaz y fiable que el de las válvulas de seguridad que consisten en un resorte y un tapón. Sus funciones están analizadas en las Referencias 1 a 7.

Válvulas de retención

La misión de esta válvula de retención es aislar la bomba de la tubería impidiendo, al cerrarse, el retorno de la columna de agua sobre la

bomba. La válvula se cerrará cuando ocurra alguna de las situaciones siguientes:

- a) Un fallo en el suministro de energía eléctrica; en este caso, la bomba dejará de funcionar y como la válvula de optimización se cierra paulatinamente existirá un retorno de la columna de agua sobre la bomba que se elimina intercalando entre ésta y la válvula de optimización una válvula de retención. Para paliar el fallo en el suministro de energía eléctrica ver el CASO TERCERO (ver también referencia 21).
- b) Un fallo interno de la bomba; en esta circunstancia la bomba se detendrá y la válvula de optimización seguirá abierta por lo que se producirá una situación análoga a la descrita en a).

Nuestra experiencia nos indica que las válvulas de retención más apropiadas para este tipo de instalaciones son las Williams-Hager, de disco partido, de clapeta amortiguada, o de eje descentrado. La elección de uno u otro tipo vendrá impuesta por condiciones tales como el espacio disponible para la instalación de la válvula, la máxima pérdida de carga admisible, la presión manométrica de la conducción o la economía de la inversión. (Ver referencias, 9, 10 y 11).

Válvula para optimización del bombeo

Esta válvula que aparece a la derecha en la Figura 1, es la que incide más directamente sobre el proceso de bombeo pues introduce las ventajas siguientes:

- a) Protege contra presiones excesivas en la impulsión y en los sistemas de distribución debido a que su apertura se efectúa gradualmente.
- b) Durante la parada de la instalación, la válvula se puede ir cerrando lentamente con la bomba aún en marcha; sólo cuando la válvula se ha cerrado en un 95 por 100, un interruptor detiene la bomba. De esta manera se mantiene una presión mínima en el lado de la succión de la bomba re-impulsora.
- c) Esta válvula puede eliminar la formación del vacío durante el ciclo de cerrado del sistema de bombeo.

Las posibilidades de la válvula de optimización pueden ampliarse mediante la incorporación de equipos adicionales tales como: apertura y cierre manual, control que cierra la válvula en caso de rotura de la tubería de impulsión, y cierre de emergencia de la válvula. También se puede colocar un conmutador de presión para mantener la válvula optimizadora desenergizada y cerrada, hasta que la presión suministrada por la bomba, al empezar a funcionar, exceda la presión del lado del sistema hacia donde se impulsa. Instalaciones con estas válvulas están comentadas en la Referencia 1.

Válvulas de cierre

La función de estas válvulas es aislar los elementos que integran la instalación en el caso que se tenga que proceder a la sustitución o revisión de algunos de ellos.

En la figura 1 se indica la posición de estas válvulas; en cuanto al tipo, recomendamos que las válvulas (1) y (2) sean de bola y la (3) de mariposa o de compuerta.

CASO SEGUNDO: RE-IMPULSION POR BOMBA VERTICAL

Optimización del bombeo mediante una válvula de retención controlada y válvula auxiliares.

Este caso está presentado esquemáticamente en la figura 2. Es análogo al CASO PRIME-

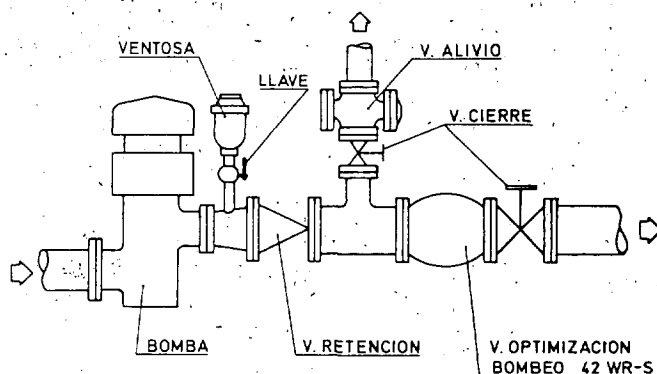


Figura 2. Caso Segundo. Esquema de una instalación de re-impulsión por bomba vertical con válvula optimizadora normal.

RO (Figura 1), excepto que la ventosa no es solo purgador sino que debe ser fiable de bola, o trifuncional (Ver referencias 8, 12, 13 y 14).

CASO TERCERO: RE-IMPULSION POR BOMBA CENTRIFUGA CON PROTECCION ESPECIAL

Optimización de la re-impulsión con válvula de retención controlada y sistema de cierre de emergencia en caso de fallar el fluido eléctrico, con posibilidad de instalar un presiómetro para parar las bombas en caso de rotura en la conducción.

El esquema representado en la figura 3 constituye la mejor protección contra las sobrepresiones que se generan durante las operaciones de bombeo. Este diseño introduce algunas variantes en relación con el de la figura 1. Analicemos las diferencias.

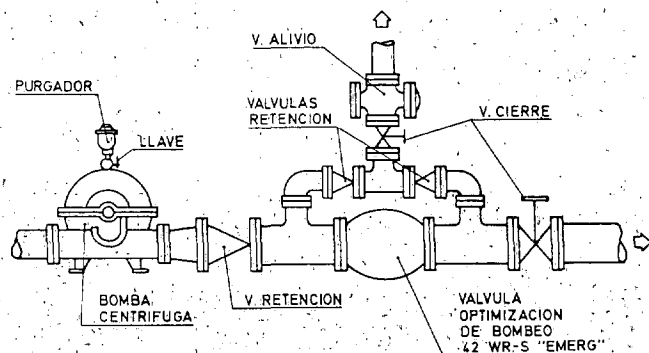


Figura 3. Caso Tercero. Esquema de una instalación de re-impulsión por bomba centrífuga con válvula optimizadora con cierre de emergencia al suspenderse el suministro eléctrico.

El esquema de la figura 3 se distingue del de la figura 1 en que incluye el sistema de emergencia con cierre rápido en vez de cierre paulatino, y en que la válvula de alivio rápido, esta unida a la conducción principal por un «by-pass» en vez de por una conexión en T. El principio de funcionamiento de los dos esquemas es similar salvo en los puntos explicados a continuación.

Válvula de Alivio conectada en by-pass

La conexión en by-pass permite que la válvula pueda realizar una doble función: alivio en

el tramo comprendido entre la bomba y la válvula optimizadora y alivio en la conducción agua abajo de la optimizadora. El alivio del primer tramo se efectuará durante el arranque y la parada de las bombas. El alivio de la conducción se producirá cuando se active el cierre de emergencia de la válvula optimizadora por un fallo en el suministro de energía eléctrica.

Para conectar la válvula de alivio en by-pass se han de intercalar dos válvulas de retención adicionales en las posiciones que aparecen en la Figura 3. Estas válvulas pueden ser del tipo Williams-Hager, de disco partido o de clapeta; en cualquier caso, serán de tamaño reducido, y seleccionadas en función de las presiones a que estén sometidas.

Los tipos de válvula de alivio recomendados coinciden con las del caso correspondiente a la figura 1.

Válvula optimizadora del bombeo con cierre de emergencia

Para comprender la diferencia entre esta válvula y la de cierre paulatino analicemos la situación provocada por un fallo en el suministro de electricidad.

En caso de un corte de la corriente eléctrica, la válvula con cierre de emergencia, merced a un mecanismo que actúa sobre una válvula solenoide, se cierra con cierta rapidez evitando la acción de los golpes de ariete sobre la impulsión. Simultáneamente la válvula de alivio merced a la conexión en by-pass, elimina las sobrepresiones residuales sobre la conducción, mejorando el rendimiento del sistema de protección. Por el contrario, en el CASO PRIMERO era la válvula de retención la que eliminaba las sobrepresiones sobre la bomba cuando había un corte en el suministro eléctrico pues la válvula optimizadora se cerraba muy lentamente.

La experiencia ha demostrado que se consigue mejor protección con la válvula con cierre de emergencia que con la combinación de la de cierre paulatino y la válvula de retención. La válvula de retención normal (situada entre la bomba y la optimizadora) es opcional; no es necesaria pero introduce una seguridad adicional al sistema de re-impulsión.

CASO CUARTO: RE-IMPULSION POR BOMBA VERTICAL CON PROTECCION ESPECIAL

Optimización con válvula de retención controlada y sistema de cierre de emergencia en caso de fallar el fluido eléctrico, con posibilidad de instalar un presiómetro para parar las bombas en caso de rotura en la conducción.

Este caso presentado en la figura 4, es análogo al TERCERO (Figura 3), excepto que la ventosa no es solo purgador, sino que debe ser de bola, (fiable) o trifuncional (Ver referencias 8, 12, 13 y 14).

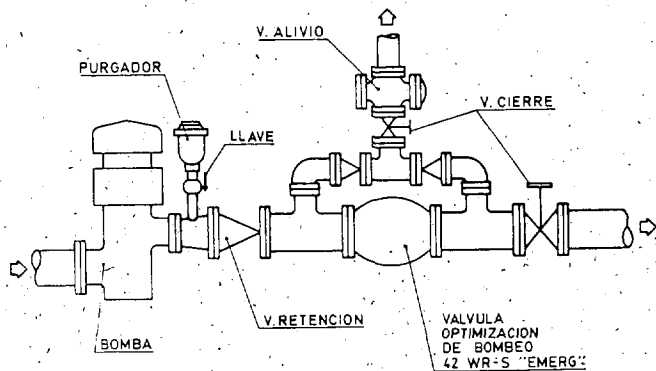


Figura 4. Caso Cuarto. Esquema de una instalación de re-impulsión por bomba vertical con válvula optimizadora con cierre de emergencia al suspenderse el suministro de energía eléctrica.

EFFECTOS DE LA OPTIMIZACION

En el CASO PRIMERO se mencionan los efectos favorables de las válvulas optimizadoras en los sistemas de bombeo. Aparte de las ventajas en menor mantenimiento de las bombas, las curvas del golpe de ariete para los cuatro casos estudiados pasan de ser similares a la de la figura 5, a ser similares a la de la figura 6.

OTROS CASOS

En la referencia 2 se estudian otros casos especiales que pueden ocurrir en impulsiones, como:

a) Impulsión de poca altura.

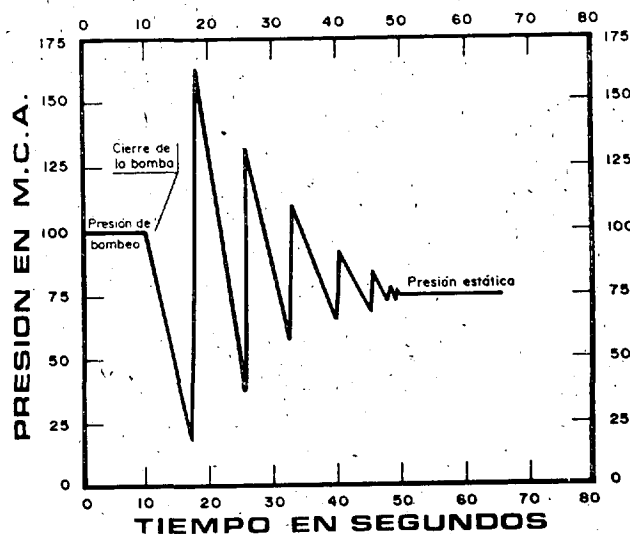


Figura 5. Gráfico de sobrepresiones y depresiones al pararse una bomba en una conducción sin proteger con válvula automáticas.

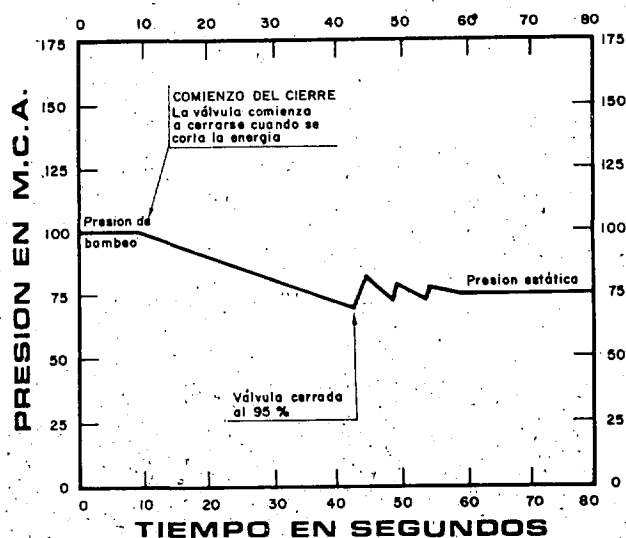
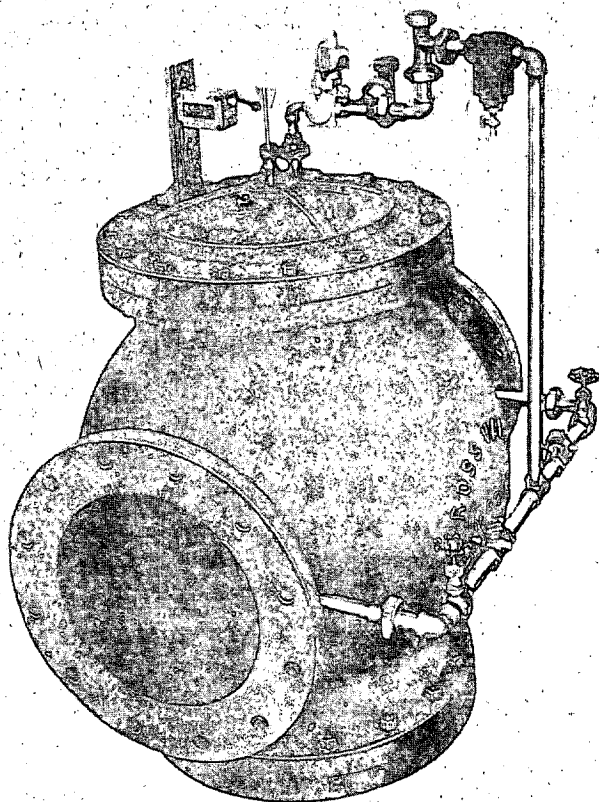


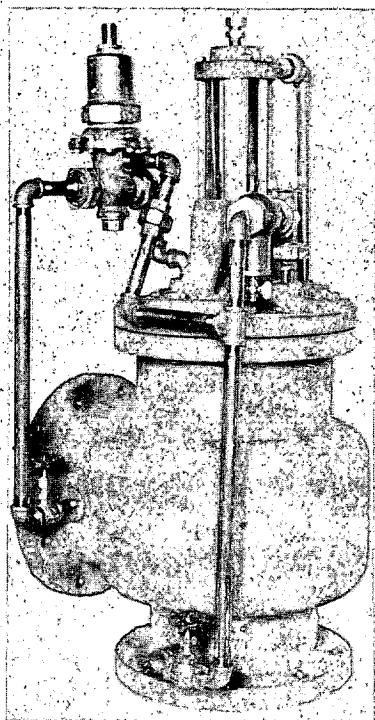
Figura 6. Gráfico teórico de presiones que se obtiene en una estación de bombeo protegida con válvulas optimizadoras tal como se recomienda en los cuatro casos mencionados. Se supone que la conducción lleva ventosas fiables y válvula de retención idónea.

- b) Impulsión en conducción larga descendente.
- c) Aprovechamiento de una estación de bombeo diseñada por exceso.

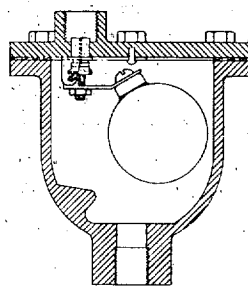
Si la reimpulsión es corta se debe optar por una solución sin válvulas optimizadoras. Este caso está específicamente estudiado en la referencia 6 y analizado en las referencias 3 y 4.



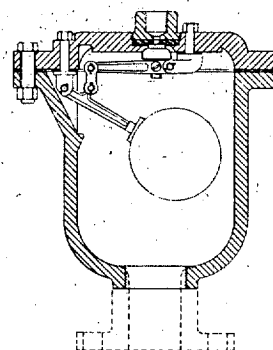
Válvula optimizadora de las estaciones de bombeo. Cortesía de la casa Ross.



Válvula de alivio rápido para eliminar el golpe de ariete. Modelo para tuberías superiores a 400 mm de diámetro. Cortesía de la casa Ross.



Purgador tipo «Midget», de flotador. Cortesía de la casa Hy-Con.



Ventosa tipo «Universal», de bielas. Funciona como ventosa y como purgador. Cortesía de la casa Hy-Con.

A veces se recurre a una solución optimizadora barata explicada en la referencia 5. No nos hemos extendido aquí con estas soluciones por no hacer excesivamente larga esta comunicación.

Generalmente las impulsiones terminan en depósitos. Hemos intervenido en numerosas instalaciones de llenado de depósitos. También hemos conocido problemas de toda índole, hasta causantes de heridos y muertos. En la referencia 7 analizamos parte de estos problemas, así como en las referencias 15 a 20 y en la 23.

Todas estas válvulas automáticas se pueden controlar a distancia con un gasto mínimo de energía. (Ver referencia 23).

Las impulsiones de aguas negras merecen un tratamiento especial. Parte de nuestras experiencias están recogidas en las referencias 24 y 25.

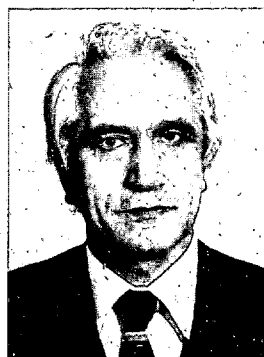
Si la tubería es débil conviene estudiar la adición rápida de aire para evitar que se colapse.

REFERENCIAS

1. «Adios golpe de ariete, adios». Por M. Mateos. CIMBRA. Junio 1982. Pág. 19-20.
2. «Optimización de impulsiones largas o con altas presiones». Por M. Mateos. CIMBRA. Marzo 1985.
3. «Cálculo para la eliminación del golpe de ariete». Por M. Mateos. Informe. (Pedidos al Apartado 31031-28080 Madrid).
4. «Eliminación del golpe de ariete mediante válvulas de alivio rápido». Por M. Matos. Pendiente de publicación.

5. «Optimización de impulsiones de caudal constante mediante válvulas anticipadoras del golpe de ariete». Por M. Mateos. Pendiente de publicación.
6. «Eliminación del golpe de ariete en re-impulsiones». Por M. Mateos. Pendiente de publicación.
7. «Optimización de anti-impulsiones. Por M. Mateos. Pendiente de publicación.
8. «Ventosas-Análisis práctico de su comportamiento y presentación de 17 tipos». Por M. Mateos. REVISTA DE OBRAS PUBLICA. Agosto 1985.
9. «La válvulas de retención tipo clapeta». Por M. Mateos. CIMBRA. Marzo 1983. Pág. 29-30.
10. «Válvula de retención de disco sobre eje longitudinal centrado». Por M. Mateos. CIMBRA. Septiembre 1983. Pág. 19-20.
11. «Efecto de válvula de retención como función adicional en válvulas con otras funciones específicas». Por M. Mateos. CIMBRA. Febrero 1983. Pág. 41-43.
12. «El problema del comportamiento de las ventosas y su solución con ventosas trifuncionales». Por M. Mateos CIMBRA. Julio 1984. Pág. 15-17.
13. Comentarios al artículo «Peligrosidad del aire en el interior de las tuberías» de Enrique Mendiluce. Por M. Mateos. REVISTA DE OBRAS PUBLICAS. Septiembre 1984. Pág. 725-726.
14. Comentarios al artículo «Desaireación de tuberías» de Enrique Mendiluce. Por M. Mateos. CIMBRA. Septiembre 1984. Pág. 27-28.
15. «Abajo las válvulas de flotador». Por M. Mateos. CIMBRA. Octubre 1981. Pág. 27-29.
16. «Métodos para programar aperturas diferidas en válvulas para llenado de depósitos de agua». Por M. Mateos. CIMBRA. Diciembre 1984. Pág. 11-14.
17. «Fallos e inconvenientes del accionamiento eléctrico en las válvulas para llenado de depósitos». Por M. Mateos. CIMBRA. Noviembre 1983. Pág. 24-25.
18. «Válvula para controlar el llenado de depósitos de agua — Estudio de 24 casos especiales». Por M. Mateos. CIMBRA. Diciembre 1982. Pág. 10-15.
19. «Factores determinantes en la elección de una válvula para controlar el llenado de depósitos de agua». Por M. Mateos. TECNOLOGIA DEL AGUA. Septiembre 1984. Pág. 76-79.
20. «Casos especiales adicionales en válvulas para controlar el llenado de depósitos». Por M. Mateos. CIMBRA. Noviembre 1985.
21. «El problema creado por la interrupción repentina del suministro de energía eléctrica en estaciones de bombeo». Por M. Mateos. Pendiente de publicación.
22. «Interrupción de la impulsión cuando el depósito de regulación se haya llenado». Por M. Mateos. Pendiente de publicación.
23. «Válvula para hidráulica y su automatización». Por M. Mateos. EQUIPAMIENTO Y PROCESOS. Abril 1985.
24. «Mejora de las impulsiones de aguas negras». Por M. Mateos. TECNOLOGIA DEL AGUA. Marzo 1983. Pág. 101-103.
25. «Válvula especiales para aguas sucias». Por M. Mateos. CIMBRA. Febrero 1984. Pág. 19-20.

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.

