

LOS DIAGRAMAS DE PRESION EN LOS FILTROS RAPIDOS A GRAVEDAD Y SU INTERPRETACION

Por FERNANDO JOSA CASTELLS,
Ingeniero de Caminos.

La interpretación de los diagramas de presión en los filtros rápidos, que explica claramente el autor, puede ser de gran utilidad para los compañeros que se dedican a esta especialidad, sobre todo por lo que se indica al final del artículo.

La tercera Comisión del II Congreso de Distribuciones de Agua, celebrado durante el mes de junio último en París, dedicó sus actividades al estudio de los informes presentados por cuatro países: Bélgica, España, Francia y Holanda. De entre las conclusiones adoptadas, merece especial atención la que recomienda la utilización de los diagramas de presión, tanto para efectuar ensayos como para poder operar convenientemente con los filtros de una planta. Más adelante se detalla la técnica de los citados diagramas, pero como para su deducción se precisa instalar previamente una serie de tubos piezométricos, antes se describirá la forma en que deben adaptarse a los filtros.

Es evidente que no se necesita disponer de datos de presión más que en un filtro de cada serie de unidades iguales, ya que a igualdad de condiciones, los demás trabajarán igual.

El escaso coste y dificultades que puede ocasionar la instalación de los tubos piezométricos a que se ha hecho referencia, quedarán amplia e inmediatamente compensados, al conocer el funcionamiento interno del filtro y poder variar, si se precisa, alguna de sus características. Una ordenación de los resultados sistemáticos obtenidos, ha de ser de gran interés para los explotadores, y muchos de ellos, aunque puedan parecer a primera vista poco importantes, pueden serlo mucho.

Instalación de los tubos piezométricos.

En la figura 1.^a se detalla la forma en que están instalados los tubos piezométricos en uno de los filtros pilotos de la Sociedad General de Aguas de Barcelona.

En principio conviene que los tubos más elevados estén más próximos entre sí que el resto para poder dibujar con más precisión la primera rama descendente de la curva.

La mayor parte de las aguas tratadas llevan elementos que con el tiempo ensucian el vidrio de los

tubos; por lo tanto, conviene que se puedan sacar fácilmente y sin dejar fuera de servicio el filtro. Con este fin y también por si no interesa tener permanentemente conectados los tubos al filtro, es muy conveniente interponer entre ambos una llave de paso.

En algunos filtros de estudio se toman muestras del agua en curso de filtración, con lo cual el fenómeno puede ser estudiado mucho más a fondo, ya que se puede conocer cualitativamente el estado de turbiedad del agua a las distintas profundidades. La toma de muestras es muy delicada, puesto que el caudal que se tome por la llave ha de coincidir en la boca del tubo con la velocidad correspondiente de filtración, pues si esta última se alterara, por ejemplo aumentando, podría arrastrar partículas de las detenidas anteriormente entre la arena, aumentando erróneamente la turbiedad de la muestra. Es preferible, en los comienzos, limitarse a tomar las presiones de las que se deducen grandes enseñanzas.

Diagrama de presiones (fig. 2.^a).

Se obtiene este diagrama tomando las presiones en distintas profundidades, al principio y durante el transcurso de la marcha del filtro, y transportándolos después horizontalmente a la derecha, por ejemplo, de una vertical de referencia XX . Se observa que al trazar, a partir del punto M , en el cual XX encuentra la superficie del agua, una línea, MO , a 45° , esta línea determina en todo plano P , una abscisa, UN , igual a la presión estática, y que, en particular, $DO = MD$ representa la presión sobre la conducción de agua filtrada antes de la puesta en marcha. Cuando la arena está perfectamente limpia y se pone el filtro en marcha, se produce una pérdida de carga, medida en el plano P por NQ . En todo punto U , la presión medida es UQ y el lugar de los puntos Q o línea de carga es la curva SQG , la cual, dentro de una arena homogénea, es una recta. Durante la marcha del filtro la arena se va colmatando, la pérdida de carga aumenta progresivamente

y la línea de carga se desplaza hacia la izquierda, pero presentando una forma que varía según la repartición de los depósitos dentro del espesor de la capa filtrante. Si el agua sale del filtro perfectamente clarificada, eso significa que al final de su recorrido no contiene ya ninguna partícula susceptible de colmatar en lo más mínimo la arena; por consiguiente, la arena ha permanecido virgen al fondo del filtro y la línea de carga es paralela a SG . Dentro de un tal filtro perfecto, todas las líneas de carga terminan,

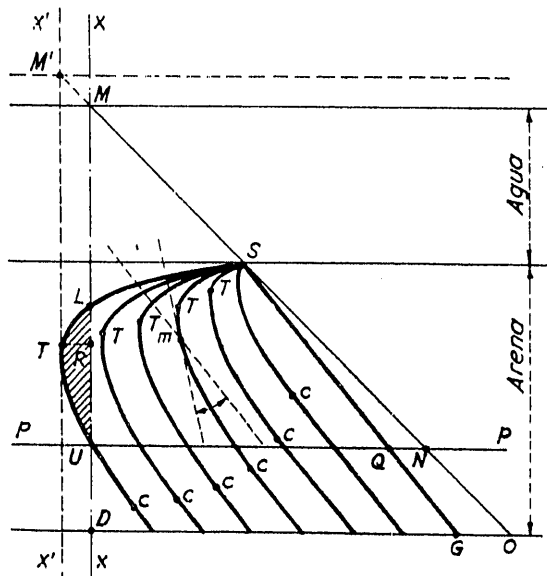


Fig. 2.ª — Diagrama de presiones.

por tanto, al fondo del filtro con igual oblicuidad. Si se tiene la vista bastante sutil, se llegará a distinguir y a marcar en dichas curvas, puntos C , debajo de los cuales los segmentos de curvas podrán ser considerados como rectilíneos: corresponden a los puntos de penetración máxima de los depósitos. El conjunto de las líneas de carga, de tal modo trazadas en el transcurso del tiempo, por ejemplo, a intervalos regulares, constituye un diagrama que, por su forma y desarrollo, es característico del comportamiento de una arena y un agua determinadas, y si se ha escogido un agua prefiltrada y una velocidad de filtración constantes y análogas a las que deben hallarse en explotación, este diagrama podrá suministrar al proyectista, mediante interpretación, numerosas y útiles indicaciones.

Podrá leer en él, por ejemplo, en la línea OD , y a partir de O , la pérdida de carga total que obtendrá con esta arena a lo largo de toda la marcha, y si tal pérdida de carga se halla determinada, conocerá cuánto tiempo podrá funcionar con dicha arena, antes de haber sido limpiado; o bien podrá escoger entre va-

rias arenas y varios diagramas, el que le asegurará una explotación más cómoda. La posición de las curvas en relación a XX , representará, además, el estado de presión o de depresión dentro de la arena en todo lugar y en todo momento. En la figura adjunta, por ejemplo, la última curva anotada en tiempo t demostrará que en este momento el filtro estará en depresión en la región rayada, que esta depresión se extenderá de L a U , con un máximo igual a RT , situado al nivel R . Aquí aparece un primer elemento de apreciación, que depende de la medida en la cual se estima que la depresión es tolerable. Teóricamente, si no se quiere ninguna depresión al tiempo t , bastará con trasladar la línea de referencia a $X'X'$, sobrelevando la superficie de agua hasta en M' , superior al plano M de una altura igual a TR , con objeto de compensar exactamente la depresión. Aunque en la práctica una cierta depresión permite al filtro funcionar en condiciones aceptables, el diagrama permitirá determinar la altura del agua necesaria.

Si ahora se examina, en un punto m cualquiera de las curvas, el ángulo de la línea de carga con una paralela a SG , se obtendrá por este ángulo una representación indirecta, pero exacta, de otros dos elementos de un interés primordial: el estado de colmatación de la arena dentro del plano del punto m y la turbiedad del agua que atraviesa este plano en el instante considerado. En efecto, cuanto mayor sea este ángulo, más se diferenciará la arena de la arena

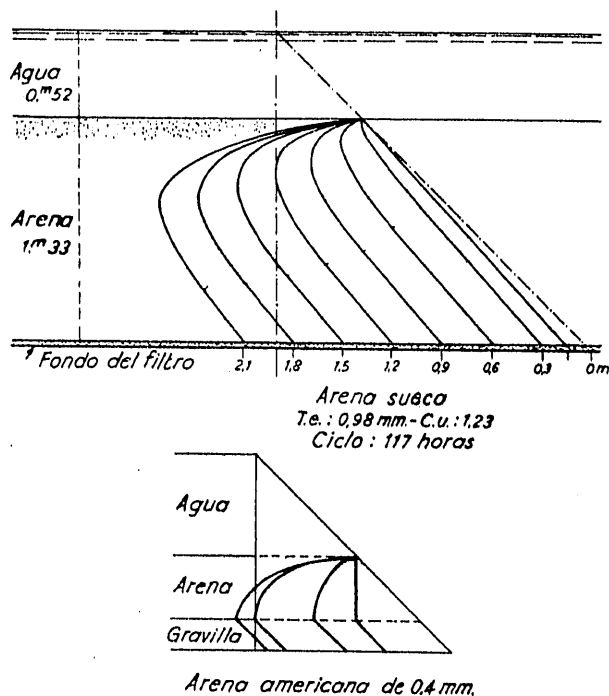


Figura 3.ª

limpia por su resistencia al paso del agua, o sea, estará más sucia. El conocimiento de este estado de colmatación y de su repartición dentro de la capa filtrante durante todo el ciclo guiará, por lo tanto, en las medidas a adoptar para el lavado y la comprobación de su eficacia. Asimismo, cuanto mayor sea este ángulo, tanto más el agua que atraviesa esta capa de arena colmatada infundirá sospechas de turbiedad (ya hemos visto que el agua está completamente clarificada cuando este ángulo sea nulo). El diagrama permitirá, por tanto, por apreciación, determinar la

La pendiente de líneas de carga sucesivas en la parte baja de la capa filtrante es muy diferente: paralela a la línea de origen en la arena sueca, ya no gruesa sueca; vertical, con la arena fina americana.

Siendo la línea de origen vertical en la arena americana, la falta de paralelismo tiene por efecto el inclinar de repente las líneas de carga americanas debajo de la arena. Dentro de la arena sueca la presión crece al aproximarse a la losa, mientras que decrece aún dentro de la arena americana al acercarse a la gravilla.

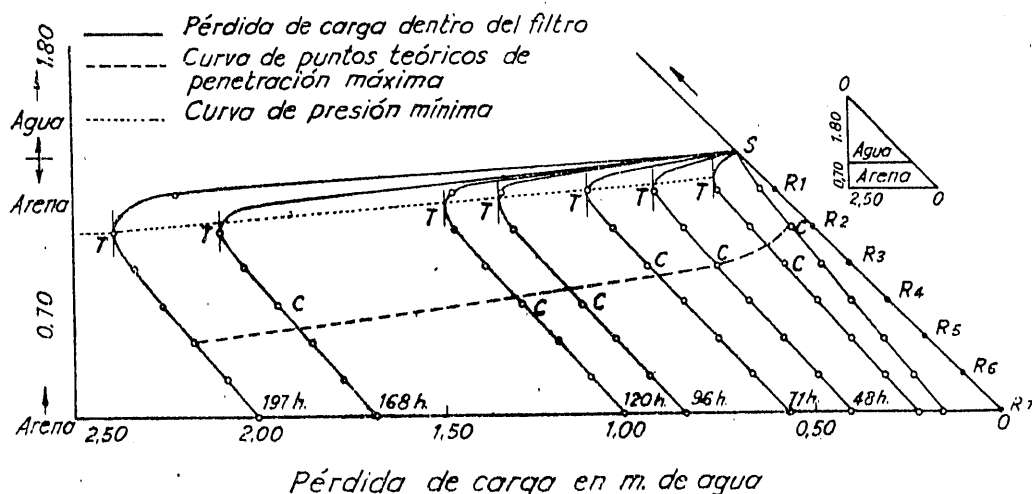


Fig. 4.ª — Ejemplo real del diagrama de presiones, filtro de VEDRÍN

altura necesaria de arena para obtener la clarificación deseada. Y estas inestimables indicaciones serán recogidas gracias a sencillas lecturas de presión, mucho más rápidas y menos difíciles que las medidas de colmatación de la arena y la turbiedad del agua.

Ejemplos.

Es interesante examinar las aplicaciones bastante distintas que han podido hacerse con esos diagramas de presiones, o, si se prefiere, de comparar soluciones diferentes a través de las imágenes que ellos dan.

En la figura 3.ª, el diagrama inferior es relativo a una arena de 0,4 mm. descansando sobre gravilla. El diagrama superior representa una prueba sueca con una arena de 0,98 mm. sin gravilla. En los dos casos, la velocidad de filtración era la misma: 117 m./d.

Si se compara lo que ocurre con estas dos arenas según los diagramas, se observa lo que sigue:

La pendiente de las líneas de carga en origen es muy diferente: muy cerca del 45 por 100, con arena gruesa sueca; vertical, con la arena fina americana.

Dentro de la arena gruesa sueca, en cuanto el filtro ha funcionado unas horas, el punto de presión mínima y el punto de penetración máxima son muy distantes; se hallan confundidos dentro de la arena americana.

El espesor de la arena sueca, en el gráfico, es de 1,33 m. y la altura del agua de 0,52 m.; los filtros americanos corrientes para una arena análoga a la representada por el diagrama, tienen 0,60 a 0,75 m. de arena y 1,65 a 1,80 m. de altura de agua.

En los filtros americanos, la pérdida de carga se halla generalmente limitada a 2,40 m., y es igual a la suma de alturas del agua y de la arena para evitar toda depresión; según el diagrama sueco, la pérdida de carga debería ser limitada a 1,20 m., para evitar toda depresión, pero, sin embargo, Lindquist ha indicado que, dentro de los filtros que construyó en Lovön, después de sus experimentos, y que admiten 1,20 m. de arena de 0,83 mm., con 1,00 m. de altura de agua, la pérdida de carga ha sido limitada a 2,00 metros, lo que supone aún una depresión apreciable.

Cuando, dentro de un filtro americano de arena fina, se produce una depresión, ésta alcanza su má-

ximo en la parte inferior de la arena; dentro de la arena gruesa del filtro sueco, la depresión máxima se sitúa ligeramente por encima del punto medio del filtro.

Finalmente, el diagrama experimental sueco demuestra que una pérdida de carga de 2,10 m. no se alcanza más que al cabo de 117 horas; dentro de los filtros construídos con arena de 0,83 m., la pérdida de carga de 2,00 m. se alcanza al cabo de 70 a 100 horas; mientras que en los filtros americanos, utilizando arenas "finas", análogas a las del diagrama, la duración de marcha es del orden de veinticuatro horas para alcanzar una pérdida de carga de 2,40 m. De un modo general, parece que la duración de marcha a igualdad de condiciones es proporcional a la potencia 2,15 del diámetro de los granos.

Una observación debe tenerse en cuenta, ligada a la inclinación de la línea de carga en el origen, característica esencial de la arena limpia: cuanto más gruesa es la arena, más inclinada está esta línea, y

por consiguiente, al fin de un ciclo, las líneas de carga se hallan más "abultadas" hacia la izquierda. Eso quiere decir que para una misma pérdida de carga final la depresión será más importante con una arena gruesa, o bien que es necesario un poco más de agua sobre una arena gruesa que sobre una arena fina.

Resumiendo, puede decirse que los diagramas de presión son instrumentos inapreciables para los estudios preliminares al establecimiento, transformación y explotación de una instalación filtrante. Exigen cierta sutileza para su interpretación, pero una vez acostumbrados a ellos y utilizando siempre la misma escala de representación, una simple ojeada sirve para percatarse de las condiciones en que se ha efectuado un ciclo y las modificaciones que, de repetirse las mismas condiciones, habría que introducir.

Además, es muy posible que en el futuro, los técnicos y especialistas en filtros rápidos se entiendan por medio de este lenguaje y, por consiguiente, cuanto mejor se conozca, mejor podrá comprenderse.

