

CAPTACION DE AGUAS POR POZOS CON COLECTORES RADIALES

Por FRANCISCO ZAPATA TEJEDOR,
Ingeniero de Caminos.

Expone el autor el interesante sistema Ranney para explotación de capas freáticas, señalando sus ventajas, y formula acertadas conclusiones sobre el empleo de aguas subterráneas.

Nuestra colaboración con la Ranney Method Water Supplies, de Columbus (Ohio), en estudios previos de captación de capas freáticas realizados en nuestra patria y la inmediata iniciación de pozos para explotar esas capas por el sistema Ranney, hacen que juzguemos de interés para nuestra técnica el describir este tipo de pozos con colectores radiales, que han permitido, en instalaciones americanas de un solo pozo, alcanzar el caudal de 260.000 m.³ por día y explotar capas freáticas de poco espesor, que con los pozos ordinarios hubieran requerido una diversidad de instalaciones.

1. Comparación con los pozos ordinarios.

Si en un terreno de permeabilidad K (coeficiente de Darcy) se ejecuta un pozo de radio R , y resulta una carga de agua Y sobre el fondo en régimen normal de bombeo, el valor del caudal, Q , aplicando la fórmula simplificada de Sichardt, es:

$$Q = 2 \pi R Y \frac{\sqrt{K}}{15}.$$

La capacidad de captación del pozo se amplía, aumentando su radio R y manteniendo la carga hidrostática alrededor del pozo lo más elevada posible; es decir, aumentando Y . En los pozos verticales ordinarios, no puede actuarse más que sobre un factor: el diámetro del pozo, pero el aumento de este está limitado constructivamente y en el aspecto económico.

El deseo de aumentar la superficie de captación hizo que se construyeran galerías colectoras horizontales desde los tiempos antiguos, sólo posibles en determinados terrenos y con reducida carga de agua.

Si en el terreno se incrustan una serie de tubos perforados actuando desde el interior del pozo, de forma que conserven la mayor altura de agua sobre

los mismos, es evidente que se amplía la superficie de captación y, por tanto, el valor de Y , con lo cual se aumenta el caudal de captación Q .

En el pozo ordinario la superficie de captación es $2 \pi R Y$. Si en este mismo pozo colocamos n tubos horizontales, de longitud cada uno L , teniendo en cuenta, como detallamos a continuación, que puede considerarse un diámetro medio de 2,00 m. de colector filtrante, la superficie de captación resulta $2 \pi n L$.

La relación de superficies entre el pozo con colectores radiales y el ordinario es:

$$r = \frac{n L}{R Y}.$$

Para un pozo ordinario de características $R = 2,00$ m., $Y = 5,00$ m., en el que se colocan $n = 8$ tubos perforados con una longitud normal $L = 50$ metros, se obtiene el valor $r = 40$. Es decir, la superficie de captación con este sistema de pozos es cuarenta veces mayor que la de los ordinarios, para el ejemplo fijado.

Este gran aumento de la superficie de captación reduce extremadamente la velocidad media de filtración, que son, en la proporción r , más débiles que las de un pozo ordinario filtrante. Esta reducción de velocidad, inferior a la de arrastre de arenas y elementos finos, evita el peligro de colmatación de los tubos y elimina el peligro de incrustaciones por caídas de presión, todo lo cual se produce en los pozos ordinarios.

De las dos ventajas apuntadas, se deduce lógicamente que con los colectores radiales el descenso del nivel hidrostático, para igual caudal de bombeo, es notablemente inferior al que se produce en un pozo ordinario. De ello resulta una economía sensible en la potencia e instalación de los grupos de elevación, y que con este sistema es posible explotar capas freáticas de poco espesor, que con pozos ordinarios requeriría una diversidad de instalaciones.

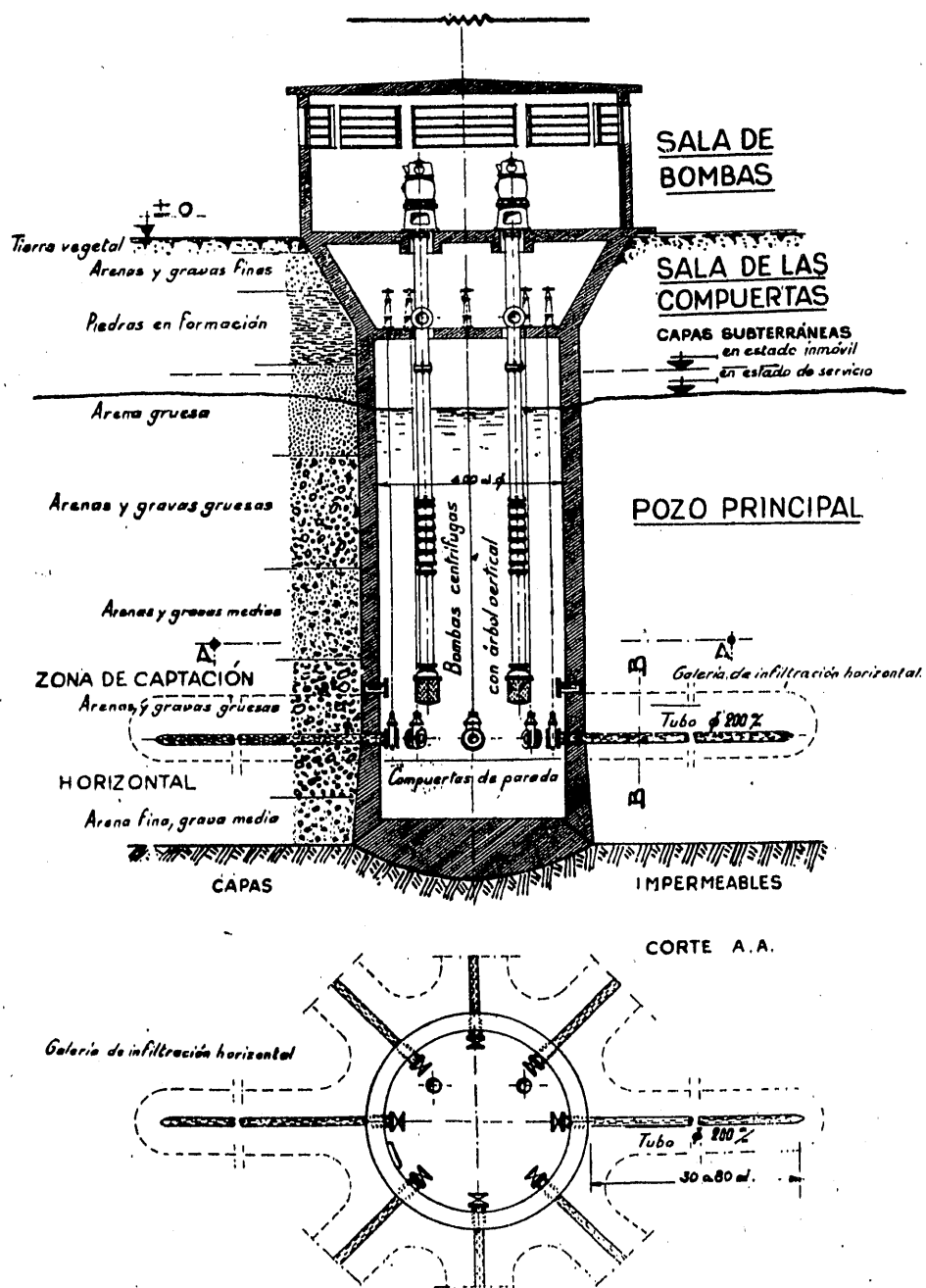


Fig. 1.^a — Detalle de una instalación Ranney.

2. Estudios y ensayos previos.

El agua subterránea proviene de las precipitaciones que se filtran de diversas formas para constituir la capa acuífera. Estas precipitaciones pueden ser directas, que son las que alimentan la cuenca superficial del acuífero o las correspondientes a la cuenca de un río, que por su proximidad o por la permeabilidad del terreno se filtra alimentando la capa subterránea. En explotaciones importantes que precisen garantizar un caudal de extracción permanente, esta segunda alimentación es la que principalmente hay que considerar.

En el estudio de un aprovechamiento subterráneo, es preciso conocer previamente si las corrientes superficiales pueden filtrarse en el manto acuífero como consecuencia del gradiente hidráulico creado por el bombeo desde un pozo. Existen dos métodos a seguir, el de los niveles freáticos y el de los gradientes con bombeo.

El primer método consiste en realizar una serie de sondeos o perforaciones de observación, convenientemente distribuidas en alineaciones próximamente paralelas a la corriente superficial y normales a ella. En ellos se determinan los niveles freáticos con precisión, para lo cual recomendamos, por haberla utilizado con éxito, la sonda "Rang". Por interpolación, se dibujan en un plano las líneas de igual nivel piezométrico, las cuales relacionadas con los niveles de la lámina del río nos indican el signo del gradiente y, por tanto, la dirección de las filtraciones. Si los niveles aumentan al alejarse del río los son-

deos de observación, quiere decir que el manto acuífero está alimentando a la corriente superficial, y en este caso el sentido de la filtración podemos cambiarlo invirtiendo los gradientes con la extracción de agua en un pozo.

En el segundo método se precisa realizar un pozo filtrante en el centro del área donde están implantados los sondeos y puede operarse con niveles piezométricos o con gradientes, determinando éstos en los sondeos de observación al bombear de una forma continuada y con caudal prácticamente constante. Con los datos de niveles se dibujan por interpolación las curvas de igual nivel piezométrico y la situación relativa de ellos, respecto al pozo filtrante, nos da cualitativamente el valor de la aportación de la corriente superficial. Puede estimarse teóricamente esa aportación utilizando el método de Theis (*Trans. Amer. Geophys. Unión*, 1941), considerando una línea ideal para la corriente superficial y un flujo laminar, se dibujan las curvas teóricas de igual nivel que se correlacionan con las reales obtenidas en el ensayo de bombeo.

Operando con los gradientes se dibuja la ley de variación del descenso de los niveles en función de la distancia del punto de observación al pozo de bombeo. Para ello conviene distribuir los sondeos de observación en tres alineaciones que se cruzan en el centro del pozo filtrante: una es paralela al eje del río o corriente superficial; la otra, normal, y la tercera, intermedia entre aquellas dos. Dibujadas en el mismo gráfico las tres curvas, las diferencias de las tangentes de ellas, en los puntos paralelos y normales a la corriente superficial, nos indican la aportación de ésta.

En dos estudios para explotar importantes capas acuíferas en las cuencas del Guadiana y Guadalquivir, nosotros empleamos el método de los gradientes con bombeo. Los trabajos fueron realizados por la Empresa "Pilson, S. A."; los pozos filtrantes se ejecutaron con diámetro 500 mm. y los sondeos de observación con diámetro 125 mm., implantados en dos alineaciones: una paralela y otra normal a la corriente superficial más próxima. De la interpretación de resultados hechos con el asesoramiento de la "Ramney Method Water Supplies", se dedujeron importantes consecuencias hidrológicas, de las que se hará mención oportunamente en esta REVISTA.

En consecuencia, para el proyecto de un importante aprovechamiento de agua subterránea, como son los pozos con colectores radiales, son indispensables los estudios y ensayos previos. Se precisa considerar la geología de la zona para estimar la extensión y disposición de los mantos permeables; ejecutar sondeos para determinar la potencia de los diversos estratos, su composición y niveles freáticos en cada uno y realizar ensayos de bombeo en un pozo



Fig. 2.ª — Construcción de un pozo.

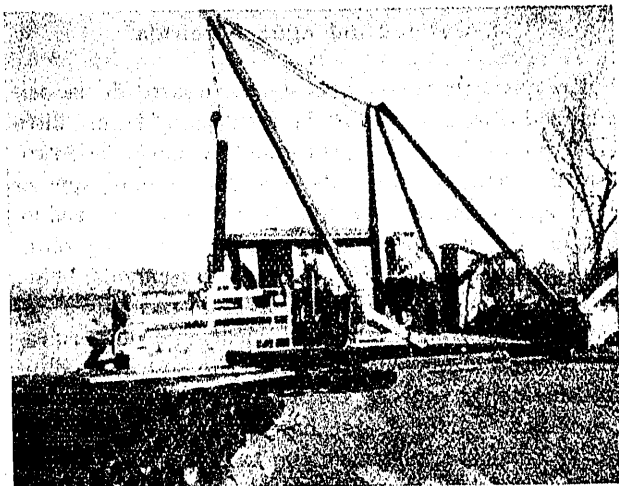


Fig. 3.ª — Acopio de tubos perforados.

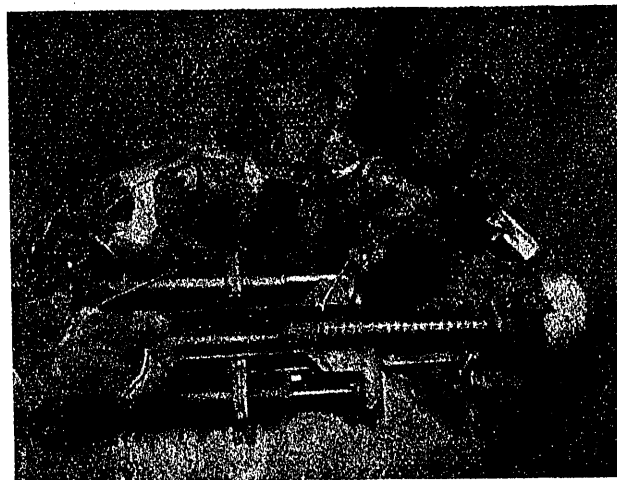


Fig. 4.ª — Operación de introducir los tubos.

filtrante para fijar el sentido de las filtraciones y el coeficiente de permeabilidad del manto.

3. Descripción de la instalación.

Vamos a describir la instalación y ejecución de un pozo con drenes horizontales, ciñéndonos al tipo más perfecto, que es el basado en el sistema Ranney. La figura 1.ª detalla en secciones el conjunto de una instalación de este tipo.

Se ejecuta el pozo central, figura 2.ª, por los procedimientos usuales en terrenos acuíferos, revistiéndolo de hormigón y fondeándolo hasta la capa impermeable, dejándose completamente estanco por medio de un cierre inferior hecho con una torta de hormigón. Las dimensiones interiores del pozo son fijadas en función de la necesidad de superficie para la perforación e instalación de los colectores horizontales y necesidades de la casa de bombas.

Previamente se dejan, a altura conveniente del

fondo del pozo, unos orificios cerrados con tapones de madera, los cuales se expulsan al introducir por ellos los colectores horizontales.

Estos colectores son tubos de palastro (fig. 3.ª), con un diámetro interior de 200 mm., y perforados con aberturas que representan de un 15 a 20 por 100 de la superficie total. En su extremidad, cada colector lleva una punta reforzada y con aberturas mayores para permitir el paso de arenas y gravillas, facilitando la penetración.

La penetración de los tubos en el terreno se ha-



Fig. 5.ª — Descarga de agua por un colector.

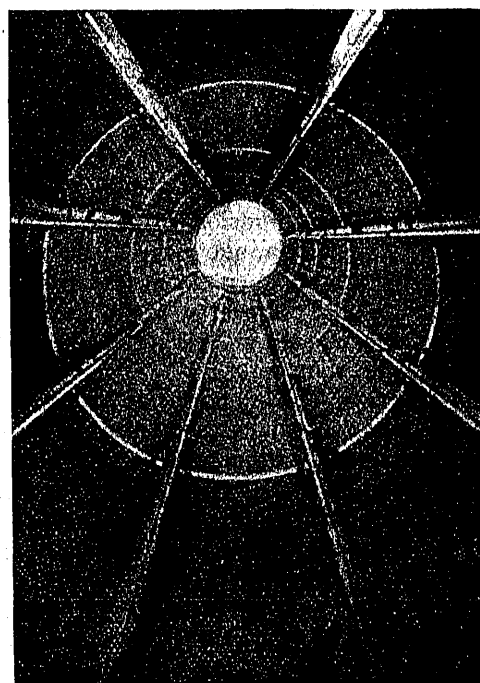


Fig. 6.ª — Vista interior de un pozo.

4. Calidad del agua obtenida.

Lo que caracteriza al sistema, aparte de la originalidad constructiva, es la formación de un filtro alrededor de los tubos perforados. Cuando se introduce un elemento en un terreno incoherente, que es el de aplicación del sistema, se produce una reducción en el porcentaje de huecos del terreno circundante como consecuencia del nuevo acomodamiento de los granos, y esto perjudica la filtración por reducirse en la zona afectada el coeficiente de permeabilidad. Con el procedimiento descrito se evita ese inconveniente, ya que se forma una zona circular, de mayor permeabilidad, que hace aumentar la superficie de captación anteriormente calculada.

En efecto: durante la penetración de los tubos, actuando en intervalos sobre el obturador, se producen descargas que crean una fuerte velocidad, dada la carga hidrostática, existente en la punta, realizándose la evacuación de arenas y elementos finos. Según datos experimentales, por cada metro de perforación la cantidad de arena evacuada varía de 0,3 a 0,6 m.³, según las clases de terrenos. Esto representa que alrededor del tubo se forme una zona circular de diámetro de 1,50 a 2,50 m., constituida por gravas y arenas gruesas, con la disposición que se indica en la figura 8.^a.

Durante la filtración, muy lenta, de las aguas a través de las capas del terreno se produce una depuración superior a la de los filtros industriales, unida a la esterilización natural debida a los antibióticos contenidos en el terreno. Su temperatura es fresca y mucho más uniforme que la de corrientes superficiales. Estas instalaciones sirven, además de sumi-

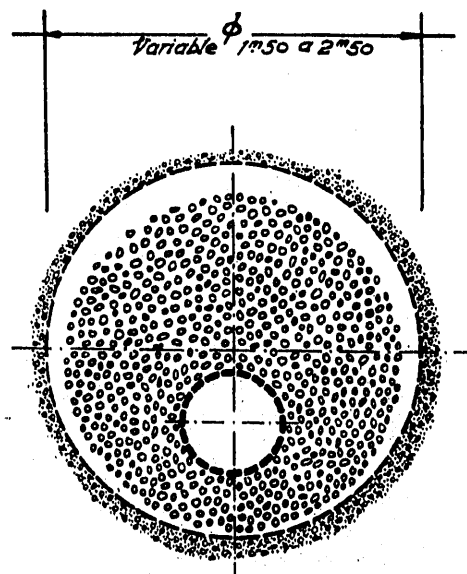


Fig. 8.^a — Sección de un colector con el filtro de captación.

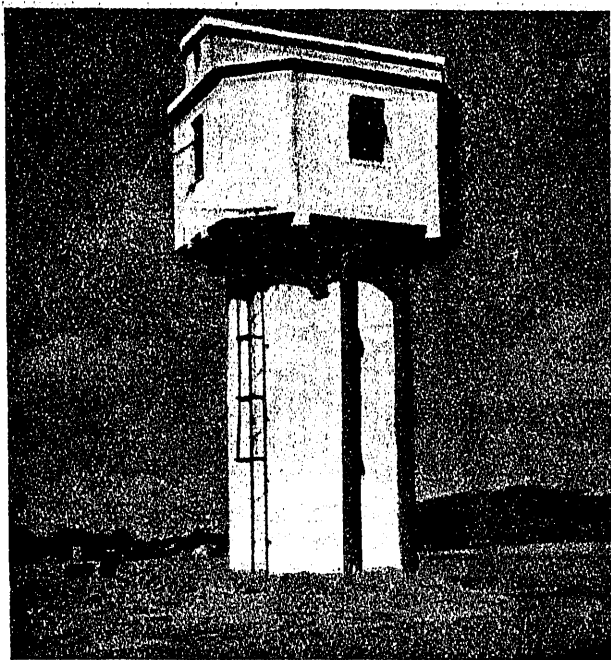


Fig. 7.^a — Vista exterior de una instalación Ranney.

ce con dos potentes gatos hidráulicos (fig. 4.^a) que transmiten su reacción al paramento opuesto del pozo. Al introducir un tubo se empalma el siguiente por medio de soldadura eléctrica. Para evitar la inundación del fondo del pozo durante el trabajo, se utilizan obturadores especiales, los cuales, maniobrados en intervalos, nos dan descargas de arenas finas introducidas en los tubos, que se extraen al exterior por medio de una bomba especial. Esta extracción de arena debe ir conjugada con la velocidad de penetración para lograr formar alrededor del tubo un filtro, como luego explicaremos.

Con este procedimiento se ha logrado introducir longitudes de tubos hasta de 80 m. Una vez terminada la operación de perforación, al alcanzar la longitud de colector requerida, que viene fijada por la velocidad máxima admisible en el tubo, se acopla en su extremo una válvula-compuerta, según se detalla en la figura 5.^a, que muestra un colector descargando con abertura total de compuerta.

En la figura 6.^a puede observarse una vista interior de un pozo con ocho colectores radiales, destacando los vástagos de accionamiento de las válvulas compuertas. En la figura 7.^a se muestra el exterior de una instalación americana, sobreelevada para protegerla de las inundaciones de una corriente superficial inmediata.

La instalación es, en su conjunto, de fácil y económica conservación, y su explotación es completamente regulada, ya que puede actuarse sobre las válvulas-compuertas para trabajar con un número determinado de colectores, según las necesidades.

nistros industriales, para abastecimiento de agua potable, sin necesidad de estaciones de depuración, como están siendo empleadas en Norteamérica y Europa, en ciudades como Endicott, Pakensburg, Mannheim, Hamburgo, Zürich, Belgrado, etc. Como ejemplo de algunas importantes instalaciones con este sistema, citamos las siguientes:

Abastecimiento de la ciudad de Pakensburg	13 000 m. ³ /día (1 pozo).
Abastecimiento de la ciudad de Endicott	34 000 » (1 pozo).
Fábrica de Dupont de Mémours, Indiana	470 000 » (6 pozos).
Fábrica de Dupont de Mémours, Minesota	210 000 » (4 pozos).
Abastecimiento de la ciudad de Mannheim	36 000 » (1 pozo).
Servicio de aguas de Hamburgo	19 200 » (1 pozo).
Abastecimiento de la ciudad de Zürich	9 600 » (1 pozo).
Abastecimiento de la ciudad de Belgrado	24 000 » (2 pozos).

5. Resumen.

Para estudios y tanteos en aprovechamientos de aguas subterráneas es conveniente considerar estos pozos con colectores radiales y compararlos con los ordinarios verticales, teniendo en cuenta las características siguientes:

1.^a La superficie de captación es de 30 a 40 veces superior a la de éstos.

2.^a La velocidad de filtración es de 20 a 30 veces más débil.

3.^a Los peligros de atarquinamiento e incrustación son eliminados.

4.^a El caudal obtenido es cuatro veces superior al de un pozo vertical ordinario.

5.^a La extracción de agua es completamente regulable.

6.^a El agua tiene la depuración debida a la muy lenta filtración.

El agua subterránea en potentes y extensas capas o de menor extensión y conectadas hidráulicamente con corrientes superficiales, son depósitos naturales disponibles y que se deben considerar. No se puede sentar un criterio general a favor de la solución superficial o de la subterránea, como tan alegremente se divulgó en la Prensa madrileña durante el año 1950, que precisamente fué seco, por algunos escritores y técnicos. Cada caso particular tiene su solución, y será la ideal cuando se hayan considerado todas las posibles.

En un país como Norteamérica, de grandes y caudalosos ríos, ante la necesidad de ampliar abastecimientos de aguas y el creciente consumo por aumento industrial, ha hecho tender a considerar el agua subterránea y aprovecharla en estos últimos años con gran intensidad. Sus posibilidades están bien expresadas por Mr. C. V. Youngquist, Ingeniero Jefe de Ohio Water Board, cuando dice: "Es de esperar que los Ingenieros se percatarán de las grandes posibilidades de utilización del agua subterránea, especialmente en depósitos filtrantes, y no permitirán que estas aguas permanezcan como un recurso de la Naturaleza olvidado o desdeñado".