Informes de la Construcción Vol. 20, nº 192
Julio de 1967

ESPAÑA

captación profunda
para el abastecimiento de aguas a Málaga

JOSE M.ª GARNICA NAVARRO, *ingeniero de caminos*

sinopsis 534-2

En el presente artículo se describe la captación por pozo radial profundo destinada a mejorar el abastecimiento de aguas a Málaga.

La obra está situada en la margen izquierda del río Guadalhorce, aprovechando el nivel subálveo de este río, así como una segunda capa acuífera semiartesiana situada a 60 m de profundidad.

La captación se hizo por el sistema RANNEY, con drenes horizontales y pozo formado por dos cajones de hormigón armado de distintos diámetro y longitud. El cajón exterior recoge el agua del subálveo y el interior se surte del caudal profundo.

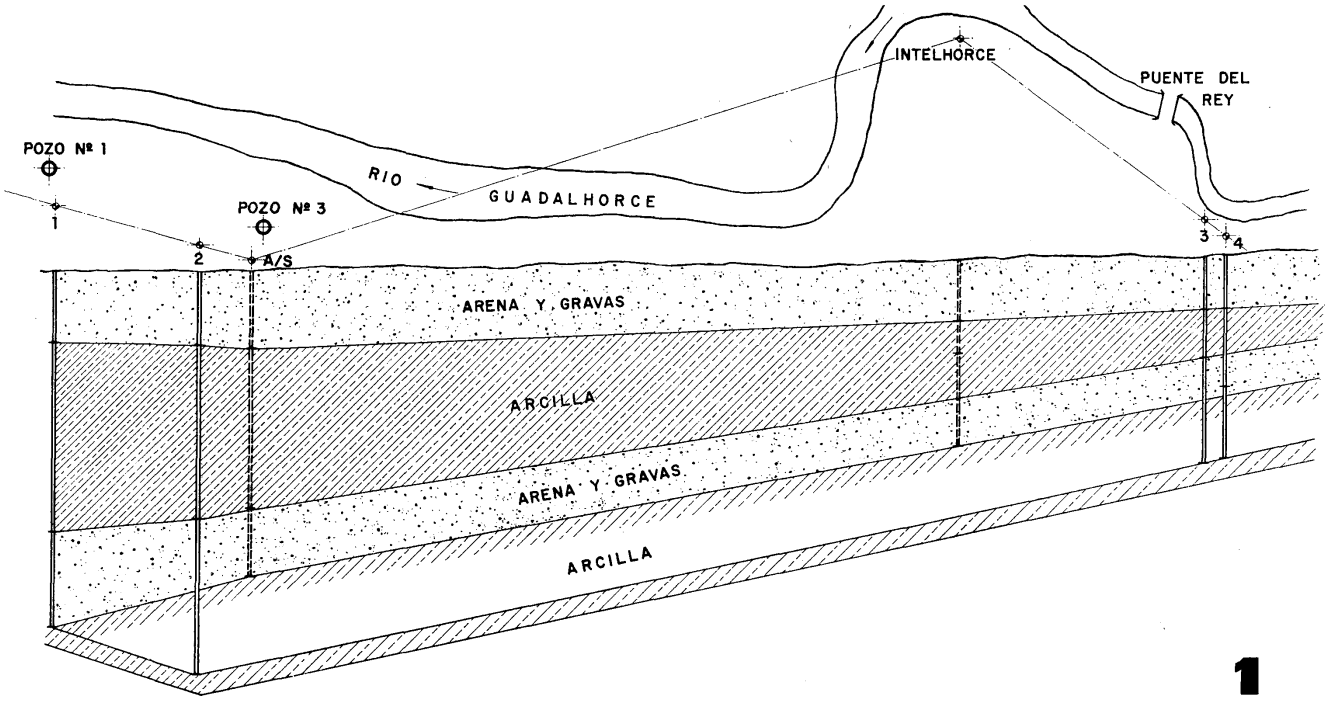
Completan la obra las instalaciones de superficie para alojamiento de cuadros de maniobras de bombas y subestación transformadora.

El pozo está dimensionado para obtener en una primera fase 100 l/s procedentes del subálveo y 300 l/s del acuífero inferior.

Generalidades

La población de Málaga ha venido abasteciéndose de agua, desde hace mucho tiempo, de los manantiales de Torremolinos. La conducción se realizaba con tubería de 1,20 m de diámetro, que cruza en sifón el río Guadalhorce para verter en un canal cubierto que alimenta por gravedad los depósitos de Teatinos y Fuente Olleta, con una capacidad total de 42.000 metros cúbicos.

El crecimiento normal de la capital y el extraordinario desarrollo turístico de la zona obligaron a tomar las medidas necesarias encaminadas a remediar la insuficiencia de la dotación de agua.



1

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Se planearon dos soluciones: una, a largo plazo, que consiste en derivar superficialmente las aguas del río Guadalhorce, y otra, de ejecución más rápida, con captaciones de las aguas subálveas de dicho río. La zona elegida se encuentra en las proximidades del sifón de Torremolinos, reduciendo al máximo la longitud de tuberías necesaria para injertar en la de servicio.

Los sondeos efectuados revelaron la existencia de un acuífero semiartesiano situado a 60 m de profundidad y separado del subálveo del río por una capa de arcilla de unos 40 m de espesor (fig. 1). Esta capa se va acuñando a medida que se remonta el río, por lo que se llegó a la conclusión de que dicho acuífero inferior estaba recargado aguas arriba por el río.

La captación de estas aguas subterráneas se podía hacer con batería de pozos filtrantes verticales o por pozos radiales. Un completo estudio de las ventajas e inconvenientes de ambas captaciones llevó a la conclusión de que los pozos radiales eran los más adecuados.

En efecto, en un pozo filtrante vertical se da el absurdo de que, para un mayor caudal, la superficie de infiltración disminuye proporcionalmente con el caudal bombeado, aumentando, por consiguiente, la velocidad de infiltración, que llega a ser excesiva.

En el pozo radial la superficie de infiltración permanece constante, e igualmente la altura de carga a lo largo del dren.

En total se han construido tres pozos radiales, todos ellos del tipo RANNEY. Los dos primeros permiten obtener un caudal de 80 a 100 litros/s y de 60 a 80 litros/s, con profundidades respectivas de 9 y 13 metros.

El tercero, que es el más importante y del que nos ocuparemos seguidamente, consiste en una captación RANNEY profunda.

Descripción de la obra

Está situada en la margen izquierda del río Guadalhorce, 800 m aguas arriba del sifón de Torremolinos.

La captación está formada por dos cajones circulares de hormigón armado de distinto diámetro. El cajón exterior, con un diámetro interno de 6,5 m y 0,40 m de espesor de paredes, atraviesa el subálveo del río y profundiza en la capa arcillosa que separa ambos acuíferos.

El cajón interior, de 3,5 m de diámetro interno y el mismo espesor que el exterior, atraviesa la capa arcillosa y los acarreos del acuífero inferior hasta clavarse en la arcilla base.

Los drenes de captación del acuífero superior, en número de cuatro, se colocan a una distancia de 0,75 m de la capa arcillosa. La longitud total de estos drenes es 200 metros.

Los drenes de captación del acuífero inferior se han dispuesto al tresbolillo en tres pisos separados entre sí 1,20 m, estando el más próximo al fondo a una distancia de 3 m de la cuchilla. En total se hincaron doce drenes en los tres niveles con una longitud de 219 metros.

Los drenes son de chapa de acero ranurada longitudinalmente, y su diámetro interno es de 200 mm. Cada dren va provisto de su correspondiente válvula, que se maneja desde una plataforma situada a la cota 1,60 bajo el nivel del terreno.

El sistema RANNEY adoptado presenta un proceso patentado de desarenado final de los drenes, creando en torno de ellos un potente filtro con superficie filtrante de hasta 6,28 m^2 por metro lineal de dren.

El pozo está preparado para obtener un caudal de 100 litros/s procedente del subálveo y 300 litros/s del acuífero inferior.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Equipo de bombeo

El equipo de bombeo está formado por tres electrobombas sumergidas, tipo PLEUGER de 125 HP, con caudal de 100 litros/s y altura manométrica de 65 metros.

El agua bombeada se vierte a una tubería de cemento sin presión que, por gravedad, conduce el agua hasta el pozo RANNEY número 1, donde está instalada la estación de impulsión a la red de servicio.

Posteriormente se instalaron dos nuevas electrobombas sumergidas de 240 CV, 100 litros de caudal y 130 m de altura manométrica, que impulsan directamente el agua, sin pasar por el pozo número 1. Estas bombas alimentan una tubería de fibrocemento de 500 mm de diámetro que, a su vez, se conecta, a través de una arqueta de rotura de carga, con una tubería de 400 mm que refuerza el abastecimiento de la zona O. de la capital.

Esta conducción de 400 mm alivia la carga del canal existente y permite en caso de necesidad poner en funcionamiento una nueva bomba de reserva en el pozo profundo sin sobrecargar la antigua conducción.

Para el servicio de la instalación de bombeo se ha construido una subestación transformadora alimentada con tensión primaria de 30.000 V con reducción a una tensión secundaria de 380/220 voltios.

La caseta de transformación aloja tres transformadores de 125 kVA, conectados en paralelo y dos de 300 kVA para la impulsión.

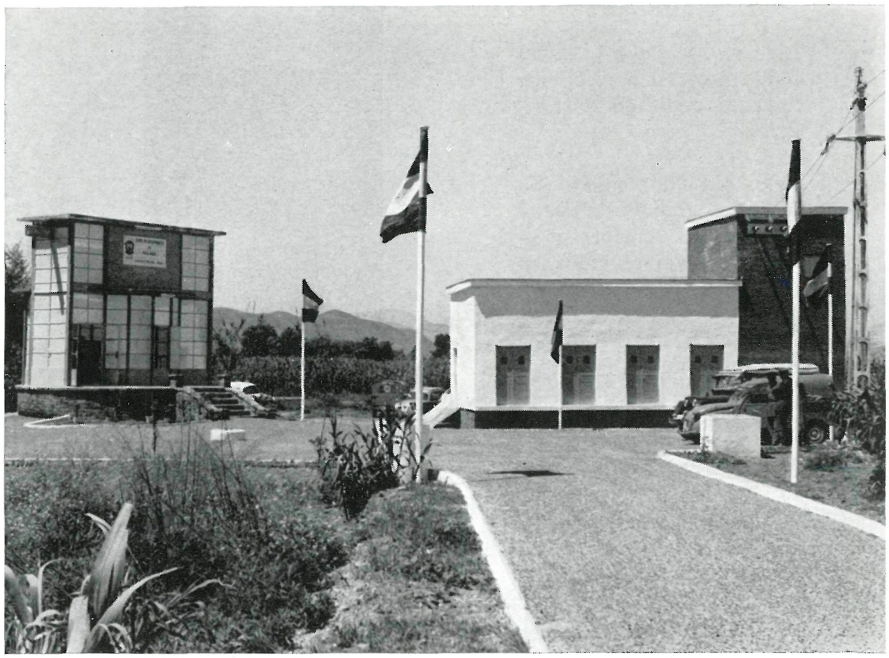
La estructura es de hormigón armado con cubierta de material cerámico y piso de hormigón (fig. 2).

Sobre los cajones se ha montado una estructura metálica con dos pisos, uno a nivel del terreno que aloja los cuadros de maniobra. El segundo, a 1,60 m bajo el nivel del terreno donde se encuentran los apoyos de bombas y el mando de las válvulas de cierre de colectores.

Bajo el techo del piso superior va instalado un puente-grúa para el montaje y desmontaje de las bombas.

El zócalo inferior de la estructura es de ladrillo enfoscado y el resto se cierra con ventanales metálicos y cristalería de tipo atérmico.

2



Fases de ejecución de la obra

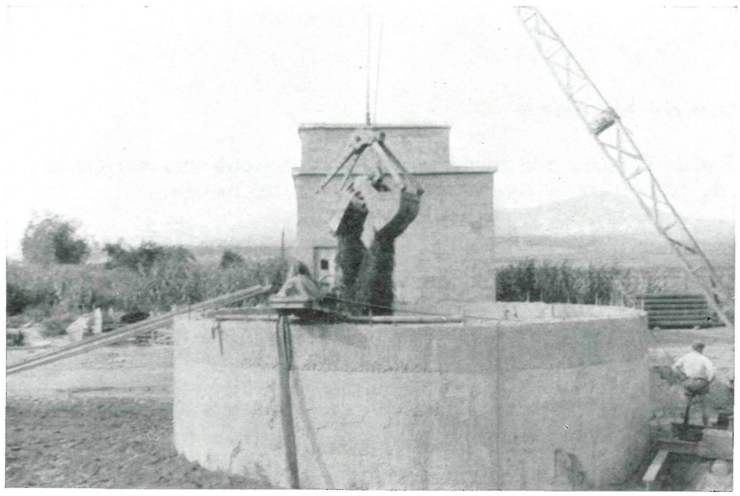
1.ª Fase (fig. 3):

Se profundizó por el sistema indio el primer cajón de 6,5 m de diámetro interno, llegando con él hasta la profundidad de 22,40 metros en que se producían fuertes corrimientos de tierras.

La capa de acarreos se atravesó sin ninguna dificultad; la profundización en la arcilla se realizó em-

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Fig. 4'. Detalle del relleno de arena del cajón exterior durante la construcción de la captación «Ranney» por pozo radial profundo.



pleando alternativamente el trépano y la cuchara bivalva, y además se empleó un dispositivo especial para excavar lateralmente por debajo de la cuchilla.

2.ª Fase (fig. 4):

Se continuó excavando en la arcilla hasta la cota 24 sin que el cajón descendiera más.

3.ª Fase (fig. 5):

Se procedió a rellenar con arena (fig. 4') la excavación total ejecutada hasta llegar por encima del nivel hidrostático del subálveo.

4.ª Fase (fig. 6):

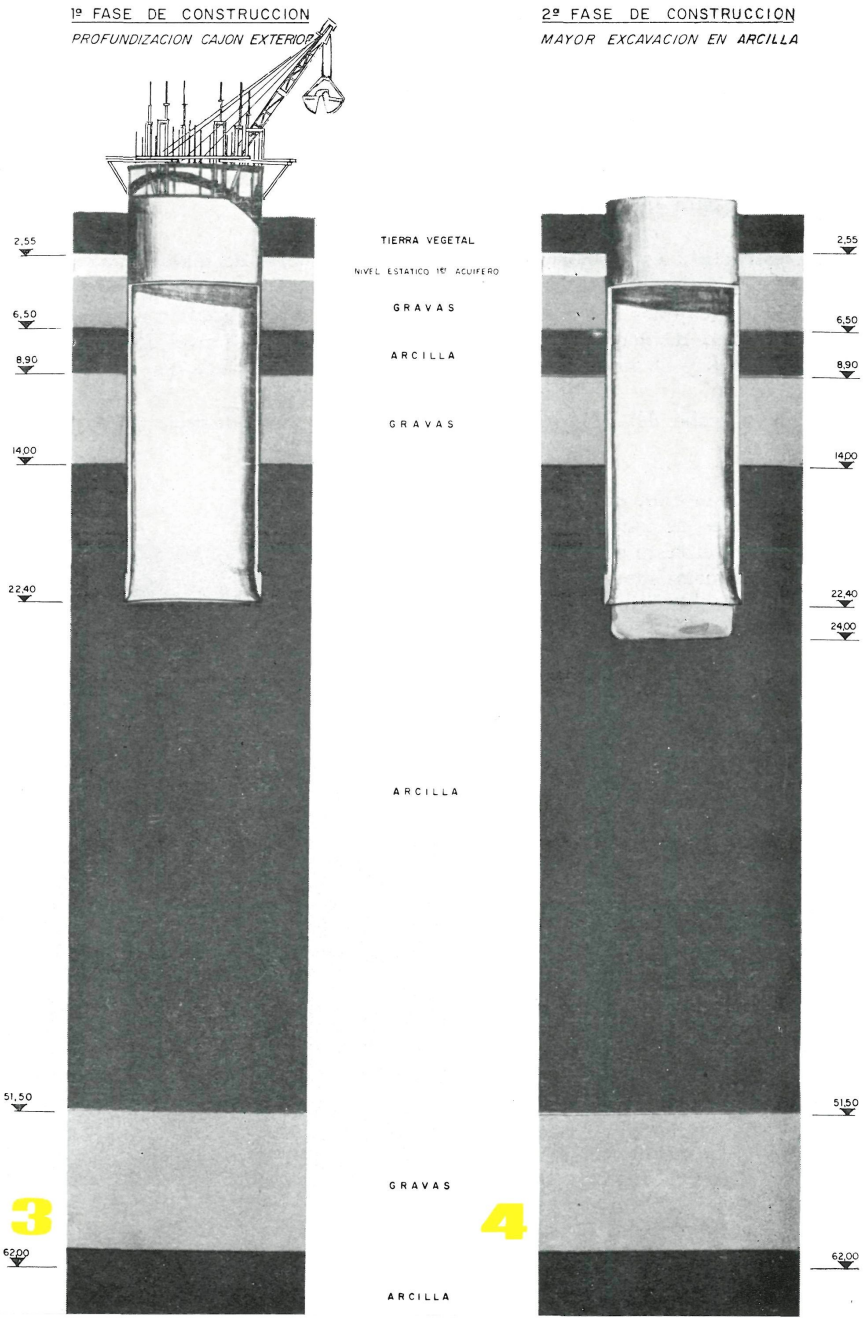
Se montó sobre el relleno de arena el primer anillo del segundo cajón, perfectamente centrado y se profundizó el cajón recreciendo al mismo tiempo en superficie (fig. 6').

El cajón se llevó hasta el fondo del relleno, completamente centrado y aplomado.

Este segundo cajón iba provisto también de cuchilla metálica cortante, y en él se dejaron alojados en tres pisos las camisas para la hinca de drenes, estando situado el piso más bajo a 3 m del borde de la cuchilla.

5.ª Fase (fig. 7):

Se continuó la profundización de este cajón en la arcilla y posteriormente en la masa de acarreos del acuífero inferior hasta clavarlo en la arcilla base.



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Durante esta fase se tropezó con dificultades al quedar el cajón colgado en dos ocasiones. En la primera, con una excavación de 9 m por debajo de la cuchilla, y en otra con 6 m de excavación.

En ambas ocasiones, el empleo del dispositivo lateral de recorte permitió descender el cajón que bajó suficientemente centrado, ya que la desviación máxima a la cota 62 m era solamente de 28 cm.

6.ª Fase (fig. 8):

Se preparó el alojamiento del tapón de sellado del fondo, al que se le dio un espesor de 3,30 m. Para la colocación del hormigón sumergido se emplearon cajones metálicos provistos de fondos móviles.

Se hicieron pruebas para determinar el efecto de deslavamiento que se producía al atravesarse con ellos una capa de agua de 60 m, observando que éste únicamente se producía en un espesor menor de 2 cm. Simultáneamente con el hormigonado del tapón se rellenó con arcilla el espacio anular entre cajones hasta la cota —15,40, y desde esta cota hasta la —13,5 se forjó un tapón anular de hormigón para evitar la comunicación entre ambos acuíferos. Sobre el tapón anular se construyeron ocho contrafuertes de hormigón armado de 0,80 de espesor por 2 m de altura, entre la pared interior del primer cajón y la exterior del segundo.

El objeto de estos contrafuertes es hacer solidarios ambos cajones. Llevan unos taladros para que circule el agua entre ellos.

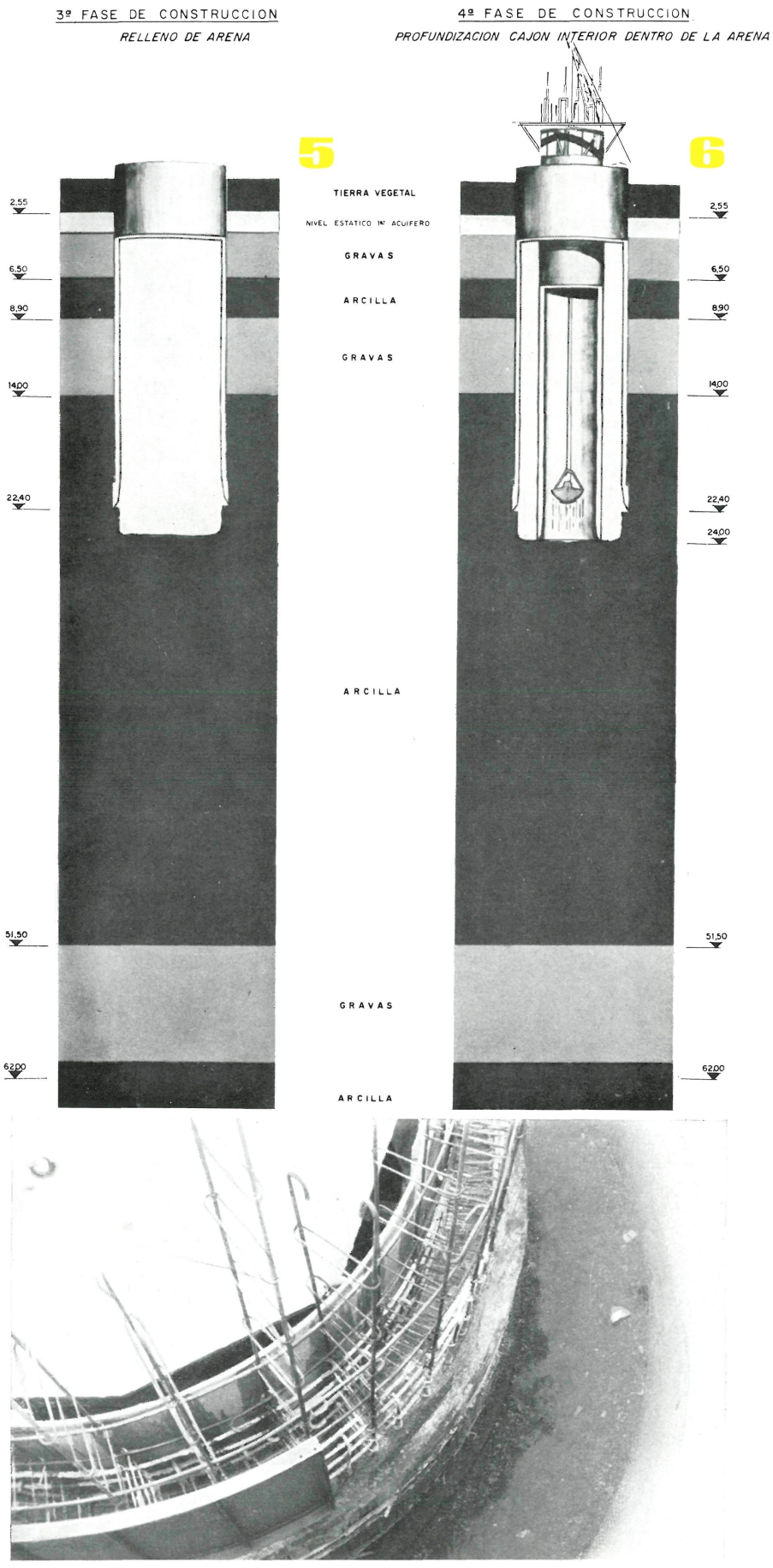


Fig. 6'. Detalle de la construcción del cajón interior en la captación «Ranney» por pozo radial profundo.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

7.ª Fase (fig. 9):

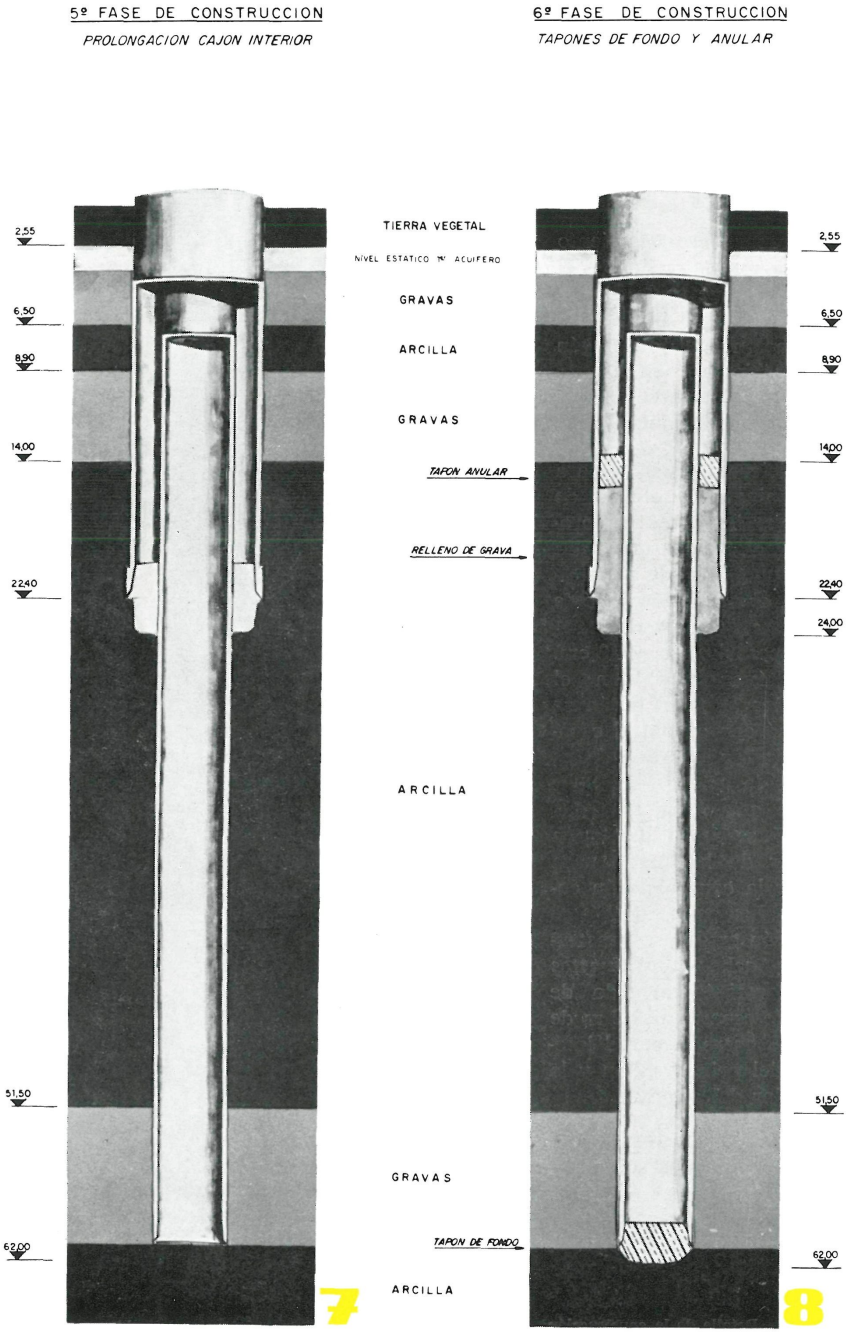
Una vez fraguado el tapón de fondo y el anular se hincaron los drenes en el acuífero inferior, después de haber desaguado el segundo cajón.

Durante la hinca de drenes se tropezó con las dificultades inherentes a la presión de 5 kg/cm² del acuífero, sobre todo las que afectaban a la salida a gran velocidad del agua y finos de la formación por la tubería de desarenado, durante la hinca y en las operaciones de roscado y destornillado de los tramos de dicha tubería.

Estas dificultades fueron resueltas con éxito por la empresa concesionaria del sistema RANNEY, tanto para las operaciones de hinca como para las posteriores de desarenado final de los drenes.

Se tropezó también con dificultades durante la hinca al tropezar el azuche de algún dren con núcleos de conglomerado, obligando a reducir su longitud.

Se hincaron doce drenes en tres niveles con una longitud total de 219 m, que fueron objeto de un enérgico desarenado.



8.ª Fase (fig. 10):

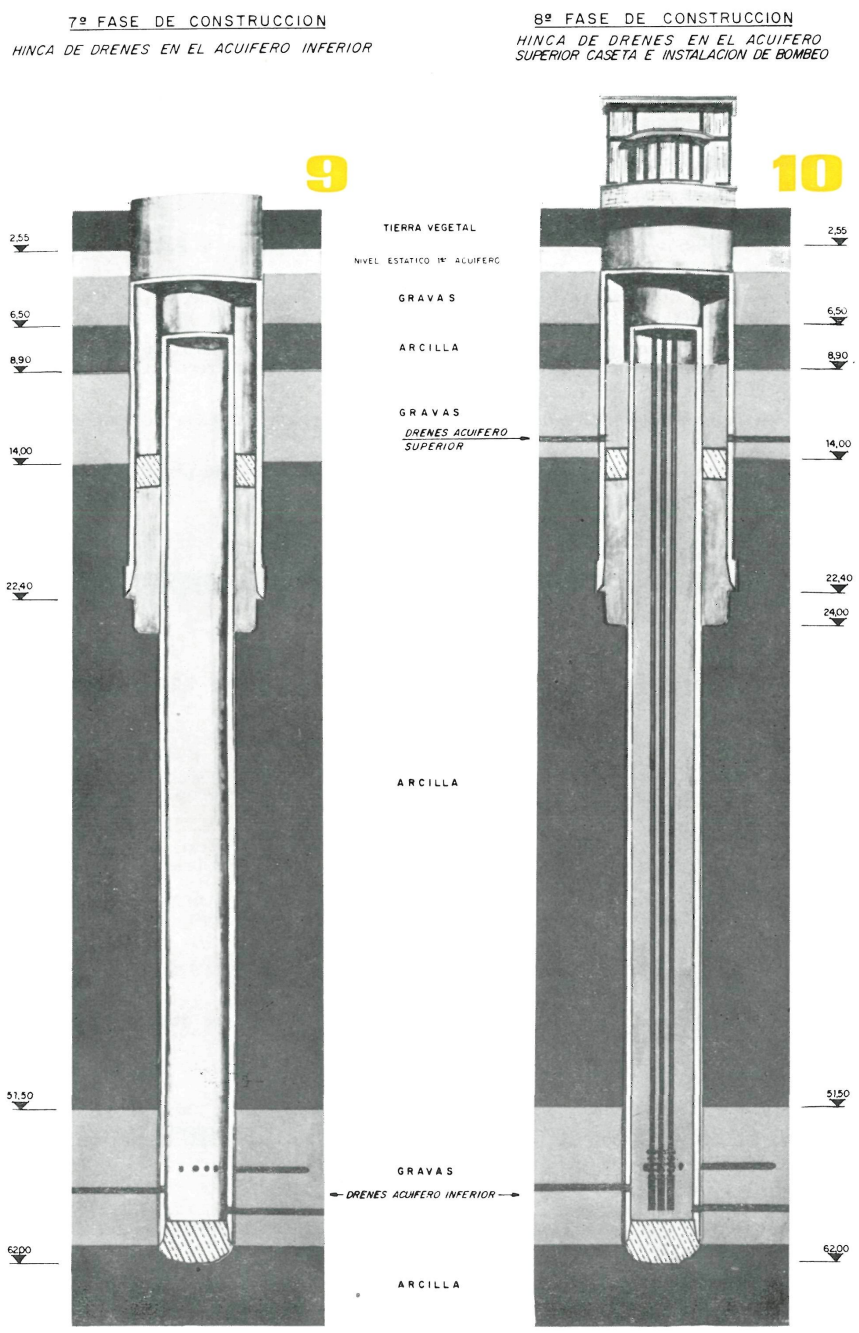
Se procedió en esta fase a la hinca de drenes en el acuífero del subálveo del río, para lo cual se construyó una plataforma provisional desde la que se procedió a la hinca atravesando los dos cajones.

Las válvulas de estos drenes se adosaron a la pared interior del primer cajón y se accionan desde la misma plataforma intermedia que los del acuífero inferior.

Estos drenes, en número de cuatro, con una longi-

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Fotos: PORTILLO y ARENAS



tud total de 200 m fueron sometidos a un intenso desarenado.

Las aguas del subálveo pueden verter en el segundo cajón a través de otras válvulas, accionadas también desde la plataforma intermedia, y se bombean conjuntamente con los del acuífero inferior.

El conjunto de las obras quedó terminado en enero de 1965 entrando inmediatamente en período de pruebas, habiéndose iniciado el bombeo en febrero del mismo año.

La continuada sequía hizo que en septiembre de 1966 fuese necesario extraer 650 litros/s con un descenso de 29,03 m bajo el nivel de partida del bombeo de 1965.

La reserva quedó estabilizada en 23 m de agua sobre los orificios de aspiración de bombas.

Estas obras completadas con el depósito regulador que se proyecta para 10.000 m³ de capacidad, suponen una mejora de un 100 por 100 sobre el caudal de que se disponía con anterioridad.

Adaptado por J. A. Piedra.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Captage profond pour le ravitaillement en eau de Malaga (Espagne)

José M.ª Garnica Navarro, ingénieur des Ponts et Chaussées

Cet article décrit le captage par puits radial profond destiné à l'amélioration du ravitaillement en eau de Malaga.

L'ouvrage est situé sur la rive gauche de la rivière Guadalhorce, utilisant le cours souterrain de cette rivière, ainsi qu'une seconde couche aquifère semi-artésienne située à 60 m de profondeur.

Le captage s'effectue par le système RANNEY à drains horizontaux et puits formé par deux caissons en béton armé de longueur et diamètre différents. Le caisson extérieur reçoit l'eau du sous-sol et le caisson intérieur celle du cours profond.

Cet ouvrage est complété par les installations de surface: tableaux de manoeuvre des pompes et sous-station transformatrice.

Le dimensionnement du puits est prévu pour obtenir dans une première phase 100 l/s provenant du sous-sol et 300 l/s de la couche aquifère inférieure.

Deep ground catchment works for the water supply of Malaga

Jose Maria Garnica Navarro, civil engineer

This article describes the catchment of water by means of deep radial wells, to improve the water supply of Malaga.

The project is located on the left bank of the Guadalhorce river, and takes advantage of the groundwater level in the river zone, as well as a second water layer, 60 m below the surface.

The Ranney system was adopted, with horizontal drains and deep wells, consisting of two reinforced concrete boxes of differing diameter and length. The external box collects the water from the upper water layer, and the inner one collects the deep water.

The project is completed by surface installations including the housing of pumping controls and the transformer substation.

The wells are designed to collect, in the first stage 100 l/sec from the upper water level, and 300 l/sec from the lower level.

Tiefe Wassergewinnung fuer die Wasserversorgung von Malaga

José María Garnica Navarra, Strassenbauingenieur

Im vorliegender Artikel wird die Wassergewinnung durch einen tiefen Radialschacht zwecks Verbesserung der Wasserversorgung Málagas beschrieben.

Die Anlage befindet sich am linken Ufer des Flusses Guadalhorce, wobei die Wasserschicht unter dem Flussbett, sowie eine zweite halbartesische, in 60 m Tiefe liegende Wasserschicht ausgebeutet werden.

Die Wassergewinnung erfolgte nach dem RANNEY-System mit horizontalen Rohrsträngen und einem von Eisenbetonkasten, deren Durchmesser un Länge verschieden sind, gebildetem Schacht. Der äussere Kasten fängt das Wasser unter dem Flussbett ein und der innere empfängt das Wasser aus der tiefen Wasserschicht.

Die Anlage wird durch Oberflächeneinrichtungen für die Aufnahme der Pumpenschalttafeln und die Transformer-Unterstation ergänzt.

In der ersten Etappe ist der Schacht für eine Förderung von 100 l/s aus der Schicht unter dem Flussbett und 300 l/s aus der inneren Wasserchicht ausgelegt.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es