



# REHABILITACIÓN Y LIMPIEZA MEDIANTE AQUA FREED® DEL SONDEO DE EL ZARCEJO EN ARCAS (CUENCA)

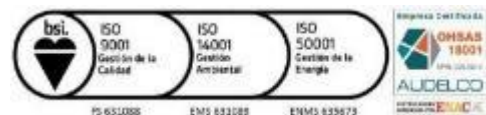
## - MEMORIA DE RESULTADOS -



Fecha: 20/04/2021

Edición: 01

**AQUATEC, PROYECTOS DEL SECTOR DEL AGUA, S.A.U.**  
Departamento de Hidrogeología y Captaciones Subterráneas



# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
<b>4. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA DEL ENTORNO .....</b>	<b>5</b>
4.1. GEOLOGÍA .....	5
4.2. HIDROGEOLOGÍA.....	7
<b>5. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE REHABILITACIÓN .....</b>	<b>10</b>
5.1. CEPILLADO DE PAREDES Y ELIMINACIÓN DE ADHERENCIAS.....	10
5.2. INYECCIÓN DE CO <sub>2</sub> LÍQUIDO.....	10
5.3. DESARROLLO Y PURGA MEDIANTE SWABBING.....	12
<b>6. REGISTRO VIDEOGRÁFICO .....</b>	<b>14</b>
<b>7. PRUEBA DE BOMBEO.....</b>	<b>19</b>
<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>21</b>
<b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>23</b>

## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En el presente informe se describen los trabajos de limpieza y desincrustación del pozo Zarcejo, propiedad del Excmo. Ayuntamiento de Arcas, efectuados por parte de AQUATEC, Proyectos para el sector del Agua, S.A.U. (en adelante AQUATEC), así como los resultados obtenidos.

En la actualidad, el Excmo. Ayuntamiento de Arcas, dispone de dos sondeos en explotación conectados a la red de abastecimiento municipal, pozos Raso 1 y Raso 2, y uno, el pozo Zarcejo, que ha estado fuera de uso varios años y no incluido en la infraestructura municipal.

Entre marzo y junio de 2020, el Ayuntamiento realizó un reconocimiento del interior del sondeo y una prueba de productividad del pozo Zarcejo, obteniendo los siguientes resultados:

### **Reconocimiento videográfico y testificación geofísica** (ver Figura 1)

1. **Fecha de ejecución:** marzo 2020
2. **Profundidad:** Se alcanza el fondo a los 59,7 m de profundidad. Se observa un relleno fangoso.
3. **Profundidad del nivel de agua:** 11,1 m
4. **Aspecto del agua:** El agua presenta turbidez
5. **Tubería de revestimiento y tramos ranurados:**
  - Tipo de tubería: chapa de acero de 350 mm de diámetro interior.
  - No se observan fallos estructurales que condicionen la explotación del sondeo.
  - En las paredes se observan pátinas de óxidos e hidróxidos de hierro que tapizan la totalidad de la tubería.
  - No se observa ningún tramo ranurado debido a este desarrollo de incrustaciones.
6. **Columna litológica:** arenas y conglomerados con intercalaciones de niveles de arcillas

### **Ensayo de bombeo**

El 23 de junio de 2020, la empresa BOINS, S.L. realiza un ensayo de bombeo para determinar la productividad del sondeo. Durante la prueba de bombeo se puso de manifiesto su baja capacidad al agotarse con un caudal inferior a 0,5 l/s tras una hora de extracción (ver Figura 2).

A la vista de los resultados de los registros realizados en marzo de 2020 y el ensayo de bombeo efectuado en junio de 2020, se determinó que la colmatación de los tramos filtrantes del sondeo era la causa de su baja productividad, recomendándole su limpieza y desincrustación.

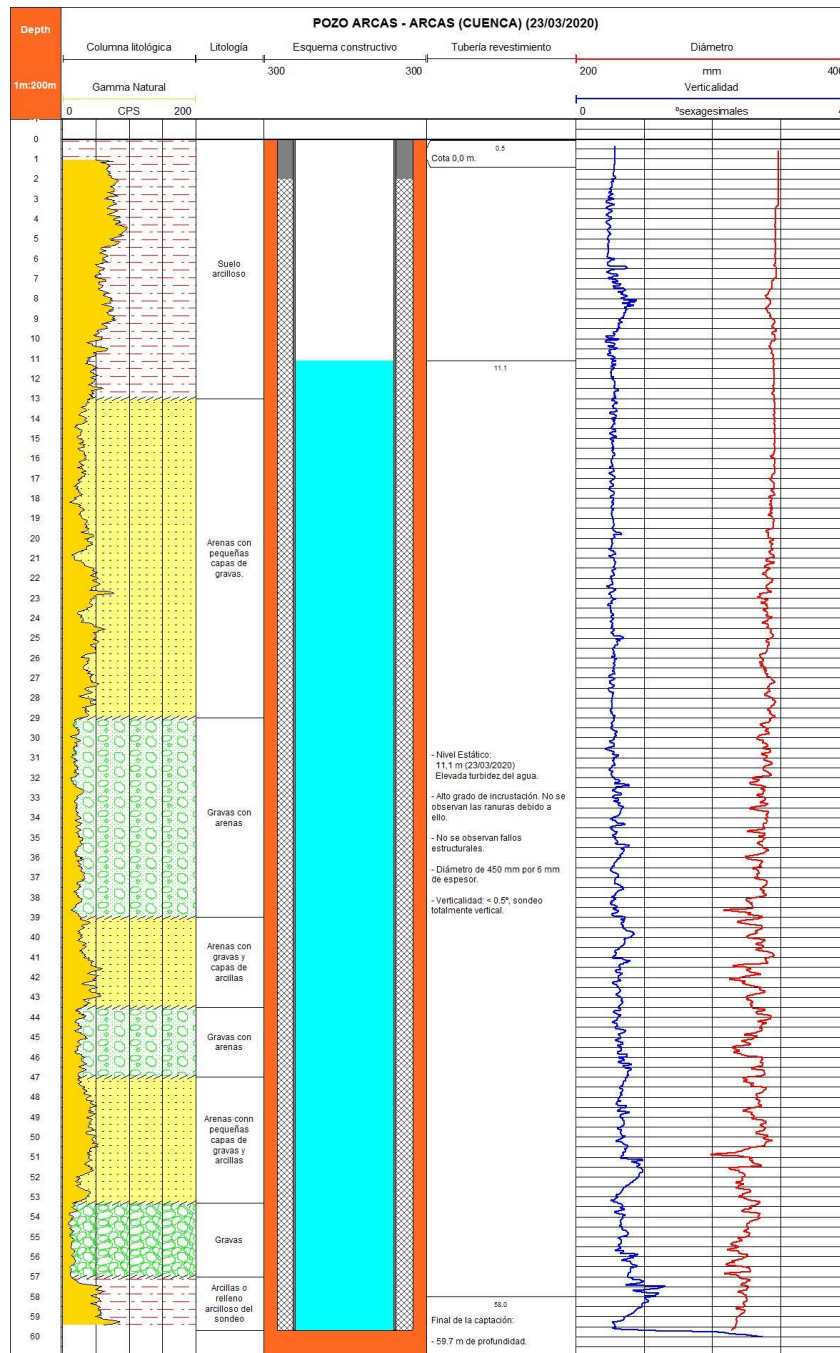


Figura 1. Croquis constructivo del Pozo El Zarcejo, Arcas (Cuenca) antes de su rehabilitación por parte de AQUATEC.



Pol. Ind. San Rafael - Par. 1 y 2 • Apartado 416  
Telf. 967 30 27 71 • Fax 967 30 46 36  
02400 HELLÍN (Albacete)

1º Escalon			
Hora	Q l/s	N.D. m.	
0m	NE	10,13	ND
5m	2	18,26	
10m	2	25,30	
15m	2	30,48	
20m	2	34,16	
25m	2	38,20	
30m	2	41,88	
45m	1	45,98	
60m	0,5	54,00	

Figura 2. Ensayo de bombeo previo.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo de los trabajos que a continuación se describen es aumentar la productividad del sondeo Zarcejo aplicando un tratamiento de limpieza y desincrustación, concretamente mediante la tecnología Aqua Freed®, basada en la inyección de CO<sub>2</sub> líquido.

El tratamiento de limpieza y desarrollo de pozos Aqua Freed®, se fundamenta en la inyección de CO<sub>2</sub> en fase líquida, que en una sola operación conjuga tres efectos diferentes: de tipo mecánico, asociado a pulsos de energía por paso de fase líquida a gas; efecto químico, por la formación de ácido carbónico, y efecto bacteriostático, por el choque térmico y de pH al que es sometido el pozo y su entorno, consiguiendo el desarrollo y limpieza del pozo en un radio de acción superior al de tratamientos tradicionales, superándolos en resultados, y con las ventajas añadidas de presentar una menor agresión a la integridad estructural de tuberías, no generar aguas ácidas durante la purga y actuar sobre la zona próxima del acuífero.

Además de la etapa de inyección de CO<sub>2</sub> líquido, la aplicación de Aqua Freed® lleva implícitas una fase de pre-tratamiento, consistente en el cepillado de las paredes del pozo y eliminación de adherencias, y una fase de post-tratamiento, consistente en el desarrollo a fondo de los tramos filtrantes del pozo y de los alrededores del acuífero mediante swabbing, una combinación de air-lift con obturadores y movimiento vertical oscilante del hisopo.

Las actuaciones propias para realizar la operación de limpieza y desarrollo son:

1. **Cepillado de paredes y eliminación de adherencias:** Cepillado intensivo del interior de la tubería de revestimiento, especialmente de los tramos de filtros, con objeto de facilitar el paso del CO<sub>2</sub> a la formación acuífera.



2. **Inyección de CO<sub>2</sub> líquido:**

- a. Preparación e instalación de equipo: tubería de inyección, cierre presurizado y válvulas de seguridad.
- b. Operación de inyección del CO<sub>2</sub> a condiciones de P y T<sup>a</sup> apropiadas.
- c. Espera de reacción (10 – 12 h).



3. **Desarrollo y limpieza de rejillas mediante swabbing:** Desarrollo por tramos con obturadores a efectos de maximizar la estimulación y penetración en el acuífero y extraer la mayor cantidad de partículas del entorno, se emplea una hora de desarrollo por metro de rejilla.



### 3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El sondeo El Zarcejo se encuentra en las inmediaciones del núcleo urbano de Arcas (Cuenca). Las coordenadas UTM (ETRS89-H31) y cota aproximada son las siguientes:

X UTM: 576.266; Y UTM: 4.427.368; Cota: 960 m.s.n.m.

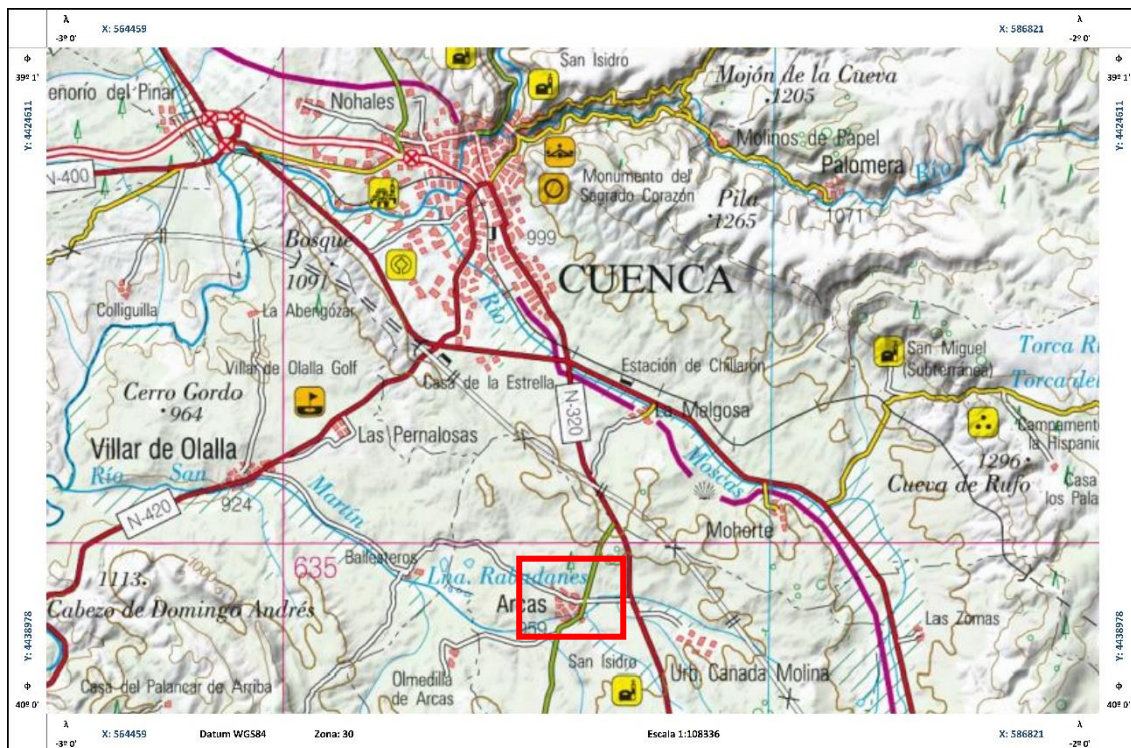


Figura 3. Localización geográfica del sondeo

## 4. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA DEL ENTORNO

### 4.1. Geología

El municipio de Arcas se ubica dentro de la Hoja 635 – Fuentes (Figura 5), la cual está enclavada en el borde suroccidental de la Cordillera Ibérica, al sur de la Serranía de Cuenca. El área está cubierta principalmente por sedimentos Cretácicos (ampliamente representados en la mitad oriental de la Hoja), Paleógeno (que aflora en la mitad occidental), Neógeno (un solo afloramiento en el extremo occidental) y Cuaternario.

El Cretácico está representado fundamentalmente por calizas, dolomías y margas. Los materiales más antiguos aflorantes son de edad Turoniense y pertenecen a la Fm. Dolomías de la Ciudad Encantada, con una potencia entre 20-30m. Por encima de estos, aparece un conjunto de calizas dolomíticas y margas tableadas de 15-20 m de espesor. De edad Coniaciense-Campaniense, afloran las formaciones Fm. Calizas dolomíticas del Pantano de la Tranquera y Fm. Brechas dolomíticas de Cuenca, que constan de una base de margas verdes de 1-10 m de espesor y 200 m de brechas dolomíticas con tramos no brechificados.

Encima de estas formaciones carbonatadas cretácicas aparece la Fm. Margas y arcillas de Villalba de la Sierra, de edad Campaniense–Eoceno (Garumniense), constituida por un conjunto de arcillas y margas con niveles de dolomía a base y yesos y calizas a techo en paquetes de hasta 10 m. Su espesor varía entre 50 y más de 150 m.

El Terciario ocupa la mayor parte de la zona. A base, está formado por yesos blancos masivos con intercalaciones de calizas dolomíticas de edad Paleocena. En la zona de Arcas, se intercala un tramo de arcillas verdes de 8 a 12 m de espesor. Por encima, de edad Eocena, aparecen arenas conglomeráticas y arcillas arenosas (de espesores en torno a los 100m.) con intercalaciones calizas. Evolucionan hacia techo a arcillas arenosas rojas de más de 50 m de espesor. El Oligoceno consta de una serie de términos arcilloso-arenosos, yesíferos y calizos.

El sondeo El Zarcejo está emboquillado en la formación de arenas conglomeráticas y arcillas arenosas del Eoceno (código  $T_{c2}^{Aa-Ab}$  de la Figura 5), bajo las cuales aparecen dos formaciones de muy baja permeabilidad constituidas por arcillas rojas y versicolores y yesos blancos y arcillas (ver Figura 4 – Perfil geológico). La formación arenosa de techo, sobre la que se emboquilla el sondeo, a priori, deben tener una permeabilidad baja a media

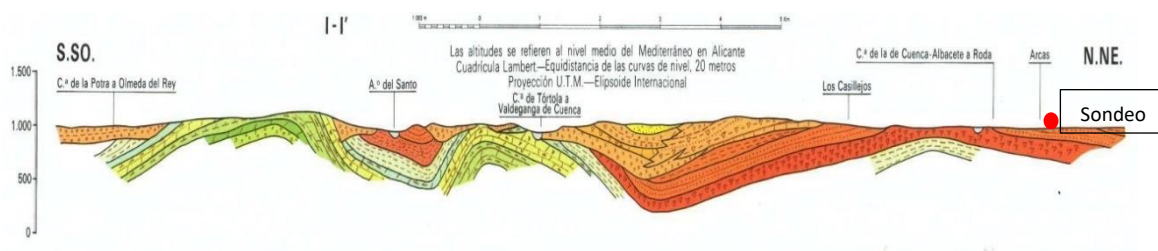


Figura 4. Perfil geológico de la zona de estudio. El punto el rojo muestra la ubicación de la captación de Arcas. Ver leyenda en la Figura 5. Fuente: IGME.

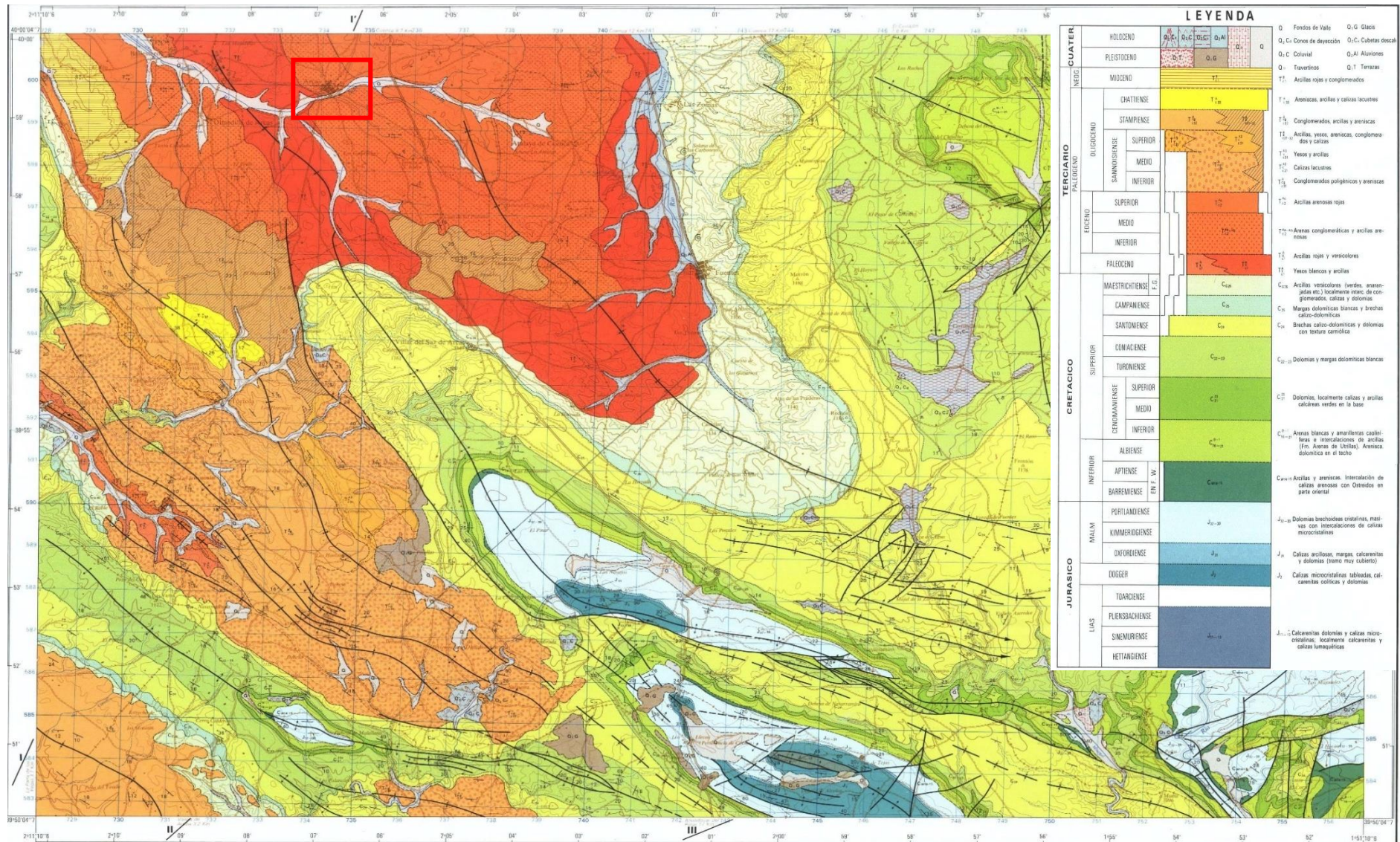


Figura 5. Mapa geológico. En rojo se marca la zona de estudio. Fuente: IGME.



## 4.2. Hidrogeología

El municipio se extiende en su totalidad sobre la Unidad Hidrogeológica 08.17 Serranía de Cuenca, enmarcada en la Cuenca Hidrográfica del Júcar. Asimismo, este municipio está incluido en la masa de agua 080.118 Cretácico de Cuenca Norte, que ocupa una extensión de 1.234,88 km<sup>2</sup>, todos en la provincia de Cuenca. La superficie de afloramientos permeables es de 1.231,19 km<sup>2</sup>.

Los acuíferos definidos en la MaSub están constituidos por calizas, dolomías, conglomerados, areniscas y detríticos terciarios y mesozoicos que, en conjunto, llegan a alcanzar un espesor de hasta 500 m. La piezometría de los distintos sistemas acuíferos oscila entre los 1.400 y los 770 m.s.n.m., siendo los ejes del río Júcar y Cabriel, los que condicionan el flujo subterráneo. La facies hidroquímica principal de este sistema acuífero es Bicarbonatada Cálcica, con una conductividad media de 528 µS/cm y una concentración de nitratos de 14 mg/l.

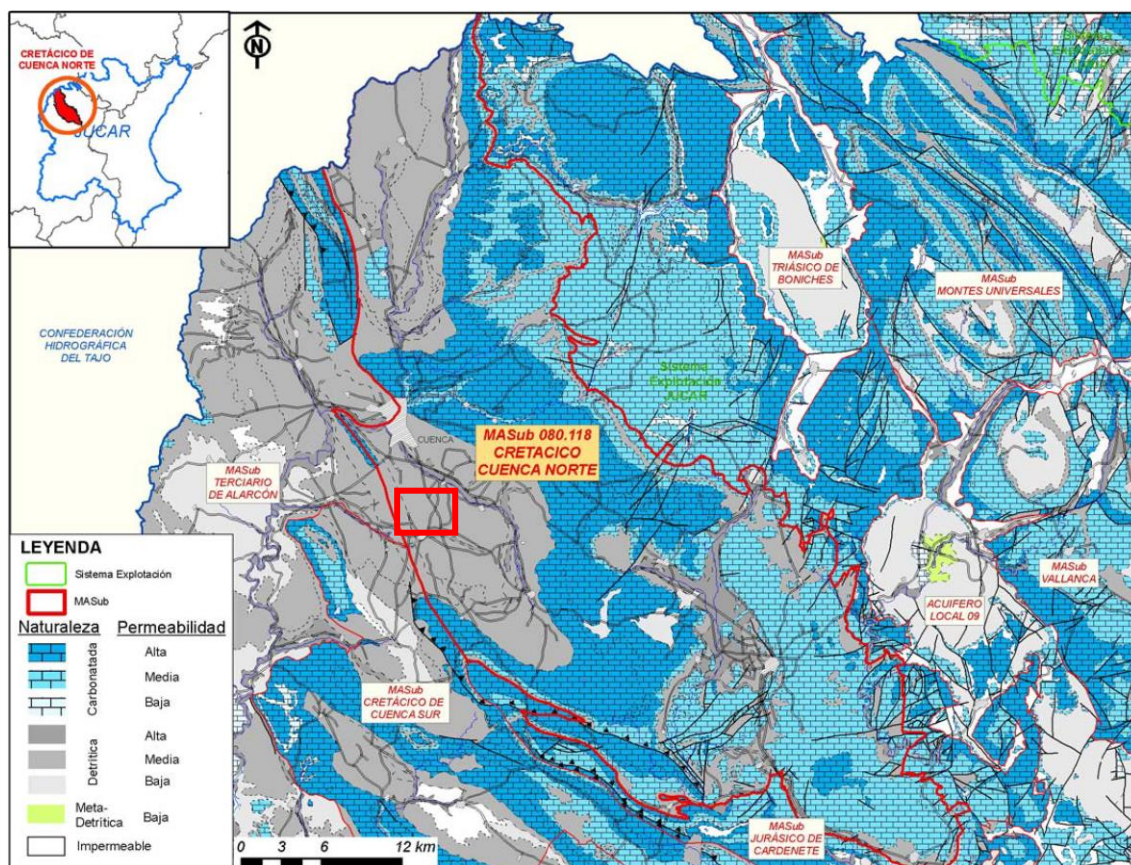


Figura 6. Contexto hidrogeológico de Arcas del Villar, en rojo se marca la ubicación del municipio. Fuente: Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) e IGME.

Concretamente se ha distinguido las siguientes formaciones las cuales constituyen los principales acuíferos (Eptisa 2006 e IGME 2007):

- Calizas y dolomías del Cretácico Superior
- Yesos y calizas del Garumniense
- Depósitos detríticos terciarios

A continuación, se expone una clasificación hidrogeológica de las distintas formaciones de la región, atendiendo a su permeabilidad:

Denominación	Litología	Espesor (m)		Edad	Comportamiento Hidrogeológico
		mín.	máx.		
Jurásico medio	Calizas con nódulos de sílex	35	60	Dogger	Permeabilidad media
Jurásico superior	Margas, calizas y margocalizas			Oxfordiense	Permeabilidad baja
Cretácico inferior (Facies Weald)	Arenas, areniscas, arcillas y calizas	123		Barremiense - Aptiense	Permeabilidad media
Cretácico inferior (F. Utrillas)	Arenas, arcillas, gravas y conglomerados	65	100	Gargasiense - Cenomaniense	Permeabilidad media
Cretácico inferior (Fm. Escucha)	Arenas y arcillas con lignitos			Aptiense - Albiense	Permeabilidad baja
Cretácico superior	Calizas, dolomías y margas	115		Cenomaniense - Turoniense	Permeabilidad media
Cretácico superior (Fm. Ciudad Encantada)	Dolomías masivas	20	30	Turoniense	Permeabilidad alta
Cretácico superior (Senoniense)	Calizas, dolomías, brechas dolomíticas y margas		210	Senoniense	Permeabilidad alta
Cretácico superior - Paleógeno (Garum)	Arcillas, margas, yesos masivos, arenas y gravas	50	150	Campaniense - Eoceno	Permeabilidad media
Paleógeno - Neógeno	Arcillas, gravas, conglomerados, areniscas, yesos y margas	80	105	Paleoceno - Aquitaniense	Permeabilidad baja
Mioceno	Calizas, calizas margosas y margas	20	30	Burdigaliense - Tortoniense	Permeabilidad baja
Cuaternario	Gravas, arenas, arcillas y limos		5	Pleistoceno - Holoceno	Permeabilidad alta

Figura 7. Clasificación hidrogeológica de las distintas formaciones de la M.A.S. 080.118. Fuente: Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) e IGME.

**Calizas y dolomías del Cretácico superior.** Constituyen el principal acuífero de la región, con transmisividades de unos 300 m<sup>2</sup>/día, siendo aflorante en el núcleo del anticlinal de Villar del Saz de Arcas. También aparecen como zócalo en las depresiones terciarias formadas por los sinclinales, concretamente, en la Depresión de Fuentes, sobre la que se asienta el núcleo urbano de Arcas del Villar, el sondeo perforado por INC alcanzó estas calizas a 250 m de profundidad. La calidad química de las aguas extraídas en el sondeo INC muestran una conductividad eléctrica de 861 µS/cm, y unas facies mixtas Sulfato-bicarbonatadas Cálcidas, con un contenido en sulfatos de 288 mg/l, superando el valor máximo recomendado en el R.D. 140/2003

**Calizas, gravas y yesos del Garumniense.** Esta formación, con espesores de hasta 150 m, se encuentra karstificada formando dolinas y hundimientos, con un nivel piezométrico alto (menos de 10 m). Dichas dolinas forman las lagunas situadas al noroeste del municipio de Arcas del Villar. No suponen un acuífero de interés para consumo humano debido a la mala calidad química de sus aguas. Esta formación ha sido atravesada en dos sondeos, Villar el Saz de Arcas y Las Lagunas, cuyas aguas presentan facies Sulfatadas Cálcidas, con contenidos en sulfatos de hasta 1.500 mg/l y conductividades eléctricas en torno a los 3.000 µS/cm.

**Depósitos detríticos terciarios.** Aunque son los más explotados en la zona, también son los más vulnerables debido a que su zona de recarga se corresponde con áreas cultivadas. Sus niveles piezométricos son muy someros, incluso surgentes. Este acuífero se ha reconocido en el Sondeo San Isidro, con una profundidad de 100 m, y en el sondeo El Raso, con una profundidad de 70

m. Está definido por una alternancia de areniscas, conglomerados y arcillas que, conforme se alejan del flanco del anticlinal hacia el Norte y el centro del sinclinal, aumentan su contenido en yesos. Las facies hidroquímicas predominantes son las Bicarbonatadas Cálcidas, pasando a Sulfatadas Cálcidas hacia el norte, con conductividades que van de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en las primeras hasta los 3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en las segundas.

En los alrededores del núcleo urbano de Arcas del Villar existen varios puntos (ver Figura 8), en su mayoría sondeos, aunque se ha catalogado un manantial. En la tabla adjunta se caracterizan estos puntos de agua.

PUNTOS DE AGUA			
ID	Prof. (m)	Acuífero	Estado
Sondeo INC	320	Calizas y dolomías del Cretácico	Fuera de servicio por colapso en 2003
Sondeo El Raso 1	70	Detrítico Terciario	En explotación
Sondeo El Raso 2	70	Detrítico Terciario	En explotación
Sondeo Las Lagunas	74	Garumniense	Fuera de servicio por mala calidad del agua
Sondeo San Isidro	100	Detrítico Terciario	Fuera de servicio por bajo caudal (2 l/s)
Sondeo El Zarcejo	69	Detrítico Terciario	Fuera de servicio
Manantial	-	Detrítico Terciario	En uso, pero fuera de la red de abastecimiento

Tabla 1. Puntos de agua en las inmediaciones de Arcas del Villar.

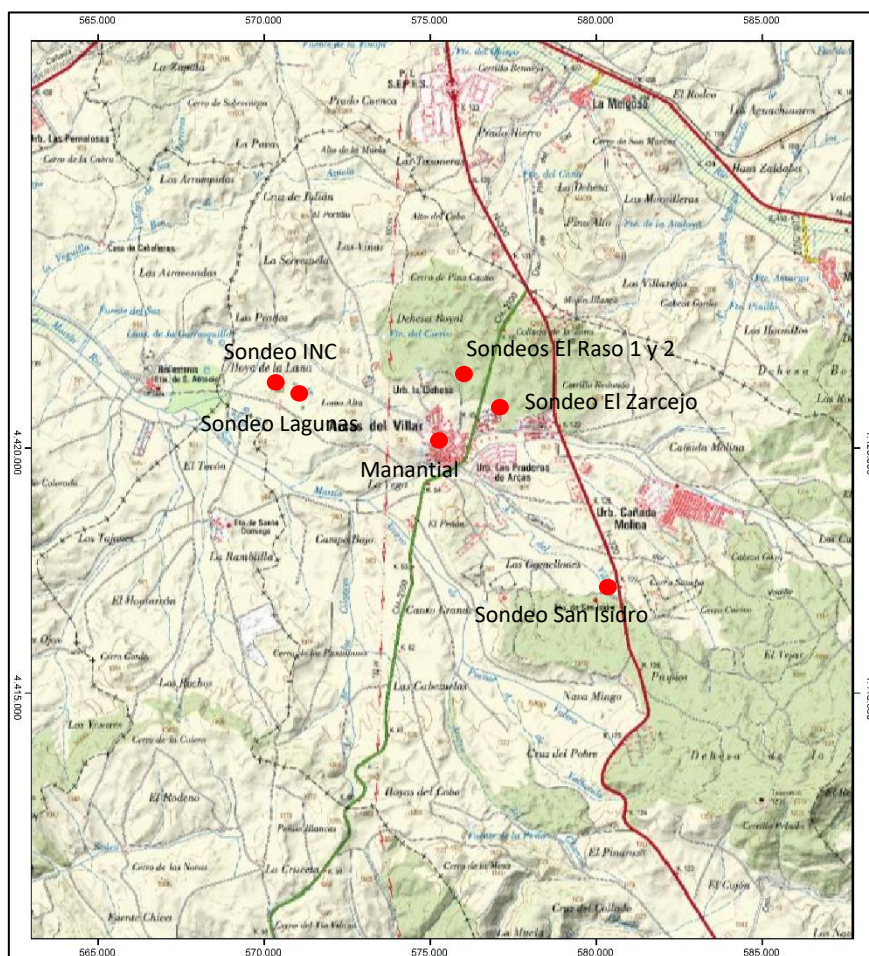


Figura 8. Puntos de agua del entorno de Arcas del Villar (Cuenca). Fuente: IGME y Diputación de Cuenca (DPC).

## 5. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE REHABILITACIÓN

Todas las operaciones de rehabilitación del sondeo El Zarcejo fueron realizadas entre los días 10 y 12 de marzo de 2021. A continuación, se describen una a una las distintas fases llevadas a cabo en la captación.

### 5.1. Cepillado de Paredes y Eliminación de Adherencias

Previo a las labores de cepillado, se procede a la descarga de los equipos de rehabilitación y al emplazamiento de la maquinaria sobre la vertical del sondeo.

Una vez instalada la maquinaria, se procede al cepillado con una cadencia de 5 m/h en los tramos ranurados y de 100 m/h en los ciegos.

Se emplea un cepillo mecánico de cerdas metálicas formado por un total de 8 mechones dispuestos en 4 filas al tresbolillo. La herramienta se introduce en el sondeo mediante varillaje de perforación de 4" de diámetro con uniones roscadas, ensamblado a la cabeza de rotación de la sonda de perforación.

CARACTERÍSTICAS CEPILLO			
Diámetro (mm)	Nº Mechones	Material	Disposición
360	8	Filamentos metálicos	Tresbolillo

Tabla 2. Características del cepillo.

A la sarta de maniobra se le aplica un movimiento vertical similar al del pistoneo, a la vez que se acciona la rotación, de forma que toda la sección de la tubería experimente la acción del cepillo. La operación finaliza al tocar el relleno del sondeo, constituido por la deposición de óxidos de hierro de la tubería ya cepillada y por la imposibilidad de seguir avanzando, al no ser el cepillo una herramienta de perforación.



Figura 9. Inicio del cepillado en pozo.



Figura 10. Restos de cable extraídos en el cepillo.

### 5.2. Inyección de CO<sub>2</sub> Líquido

Antes de la inyección se procede al cálculo de la cantidad de CO<sub>2</sub> necesaria de acuerdo con las características del pozo. Esta cantidad depende de los metros de rejilla y del diámetro interior, resultado un total de 5 toneladas de CO<sub>2</sub> líquido.

Los elementos que conforman el equipo de inyección de CO<sub>2</sub> son:

- **Equipo de inyección:** Camión cisterna dotado de depósito de CO<sub>2</sub> de 5 Tn, grupo electrógeno, gasificador, valvulería y sensorica para el control de la inyección en el sondeo.
- **Surgeblock:** Se trata de un obturador no hermetizante compuesto por discos de caucho de un diámetro aproximado al de la tubería de revestimiento. Éste se coloca por encima del tramo de tubería filtrante, con objeto de favorecer la salida del CO<sub>2</sub> hacia el acuífero a través de los filtros.
- **Tuberías de inyección de 1”:** Se utiliza para la inyección del CO<sub>2</sub> alcanzando la profundidad base de los tramos ranurados.
- **Cabezal de presurización:** Se trata de un cabezal soldado al borde superior de la tubería de revestimiento que hermetiza por completo el sondeo.

Durante los trabajos de inyección se controlan en todo momento las presiones generadas en el interior del sondeo, tanto debajo del surge-block como en el propio cabezal de presurización, además de las presiones de inyección para garantizar que el CO<sub>2</sub> atraviesa la columna de agua.



Figura 11. Dispositivo de inyección de CO<sub>2</sub> líquido.

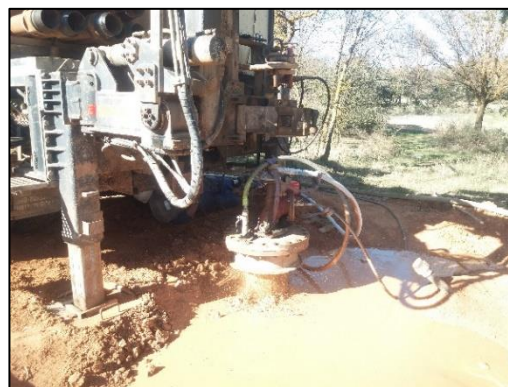


Figura 12. Cabezal de presurización.



Figura 13. Surgeblock.



Figura 14. Tubería de inyección.

El ritmo medio de inyección en el sondeo es de 1,0 t/h, siendo algo superior en las últimas horas del proceso. Finalizada la inyección, se deja el pozo en reposo con el cabezal presurizado durante toda la noche con objeto de favorecer la acción del CO<sub>2</sub>.

### 5.3. Desarrollo y purga mediante swabbing

Después de estas horas de reposo tras la inyección, se procede a la extracción de útiles de dicha etapa y a la introducción de las herramientas de desarrollo mediante la técnica de swabbing:

- *Doble obturador perforado*: cuya función es maximizar el flujo de entrada y salida por la tubería ranurada durante el desarrollo del sondeo.
- *Varillaje de 4" de diámetro*.
- *Tubería de 1" de inyección de aire*.
- *Cabezal de air-lift*.

El equipo se completa con un compresor de aire de 11 m<sup>3</sup>/min a 11 bares, mangueras de evacuación e inyección, accionador hidráulico, etc.

El swabbing consiste en el desarrollo del sondeo por tramos de 1 m de longitud de tubería ranurada mediante el bombeo con aire comprimido – air lift -, en tramos cerrados con doble obturador y con un movimiento vertical del mismo. De esta manera se consigue un efecto de pistoneo asociado al bombeo, que intensifica la movilización y succión de las partículas finas e incrustaciones existentes en el sondeo y en su entorno.

Durante esta etapa se van extrayendo las incrustaciones y los materiales finos y arenas del interior del pozo y su entorno. Destaca la gran cantidad de arenas finas y óxidos que se extraen por lo que para su mejor control se realiza una serie de medidas de arrastres y color del agua. Tras finalizar la limpieza el agua aún presenta cierto color anaranjado y se alcanzan los 69,0 m de profundidad recuperándose, por tanto, 10 metros de sondeo.



Figura 15. Doble obturador de swabbing.

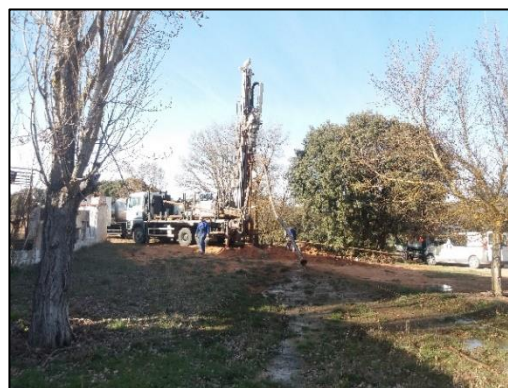


Figura 16. Dispositivo de swabbing.



Figura 17. Muestra de agua al inicio del swabbing.



Figura 18. Muestra de agua al final del swabbing



Figura 19. Material arenoso y óxidos extraídos del fondo del sondeo, entre los metros 60 y 69.



Figura 20. Agua extraída.

## 6. REGISTRO VIDEOGRÁFICO

Al finalizar la operación de limpieza y desincrustación del sondeo, se efectuó el reconocimiento de su interior con cámara de video para comprobar, por un lado, la efectividad del tratamiento y, de otro, localizar posibles desperfectos tras eliminar las pátinas que tapizaban las paredes del sondeo.

El registro se realizó el día 16 de marzo de 2021. La referencia de todas las profundidades que se citan en el informe corresponde al borde superior de tubería de revestimiento del sondeo. En la siguiente figura se indica la cota 0,0 m de referencia.



Figura 21. Inicio del reconocimiento videográfico del sondeo tras el Aqua Freed.



Figura 22. Emplazamiento de la URS de AQUATEC.

En el reconocimiento efectuado en marzo de 2020, antes de ejecutar los trabajos de limpieza y desincrustación, se alcanzaron los 59,7 m, mientras que tras estas se llega a los 69 m con las herramientas de perforación/limpieza y a los 67 m con la sonda videográfica debido a la falta de visibilidad por la elevada turbidez del agua.

Los aspectos que resaltar del reconocimiento efectuado tras la desincrustación del sondeo son los siguientes (ver Figura 45):

- Profundidad del nivel de agua: 14,4 m (ver Figura 27).
- Tramos ranurados:
  1. De 33,7 a 39,7 m: ranuras realizadas mediante soplete dispuestas al tresbolillo sin obstrucciones o colmataciones que limiten el acceso del agua al interior del sondeo (ver Figura 32).
  2. De 45,9 a 50,40 m: filtros tipo puentecillo sin incrustaciones o colmataciones que limiten el acceso del agua al interior del sondeo (ver Figuras 36 y 38).
- A los 32,7 m de profundidad se localiza una pequeña perforación en la tubería de revestimiento, de unos 2-3 cm de diámetro, posiblemente ocasionado por un proceso



de corrosión (ver Figura 30), que actualmente no debería ser un limitante para su puesta en marcha, pero que en el caso de que siga progresando podría inestabilizar las predes del sondeo y, en consecuencia, dar lugar al colapso e inutilización del sondeo.

A continuación, se incluye un reportaje fotográfico que compara el estado del interior sondeo antes y después del tratamiento aplicado.

IMÁGENES PRE-TRATAMIENTO 23/03/2020	IMÁGENES POST-TRATAMIENTO 16/03/2021
--	---

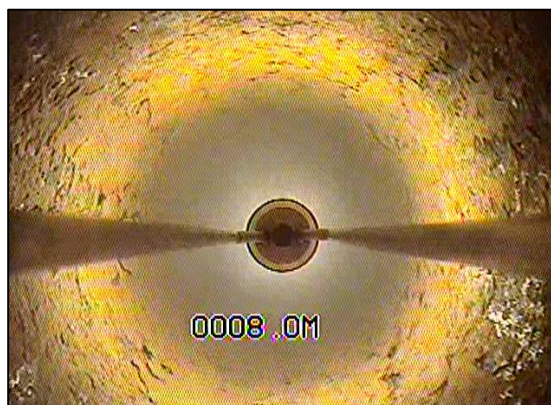


Figura 23. Tramo fuera del agua.



Figura 24. Tramo fuera del agua.

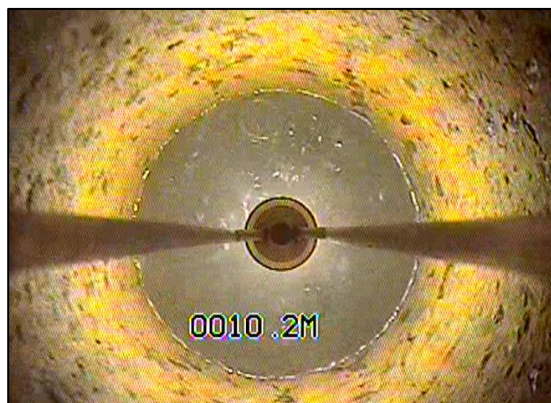


Figura 25. Nivel del agua.



Figura 26. Nivel del agua. Se observa a mayor profundidad.



Figura 27. Nivel estático en marzo de 2020.



Figura 28. Nivel estático en marzo de 2021.



Figura 29. Alto desarrollo de incrustaciones.



Figura 30. Pequeña corrosión.

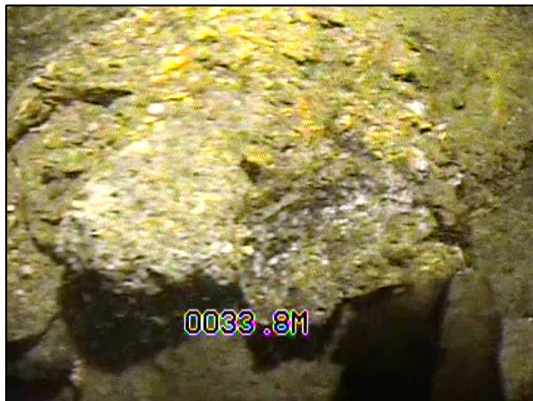


Figura 31. Tramo con gran desarrollo de óxidos.



Figura 32. Tramo ranurado echas mediante soplete.



Figura 33. Tubería completamente tapizada de óxidos.



Figura 34. Tubería limpia y con apenas óxidos.



Figura 35. Las ranuras no se observan por los óxidos.



Figura 36. Tramo ranurado de tipo puentecillo.



Figura 37. Tramo ranurado que no se observa por los óxidos.



Figura 38. Tramo ranurado de tipo puentecillo.



Figura 39. Tramo ciego.



Figura 40. Tramo ciego.



Figura 41. Tramo ranurado que no se observa por los óxidos.



Figura 42. Tramo ranurado, cuyas ranuras no se observan correctamente debido a la turbidez.



Figura 43. Tramo que estaba relleno por óxidos y arenas. La turbidez dificulta ver si es ranurado.



Figura 44. Tramo que estaba relleno por óxidos y arenas. Por la turbidez no se alcanzan los 69 m de profundidad que tiene el sondeo.

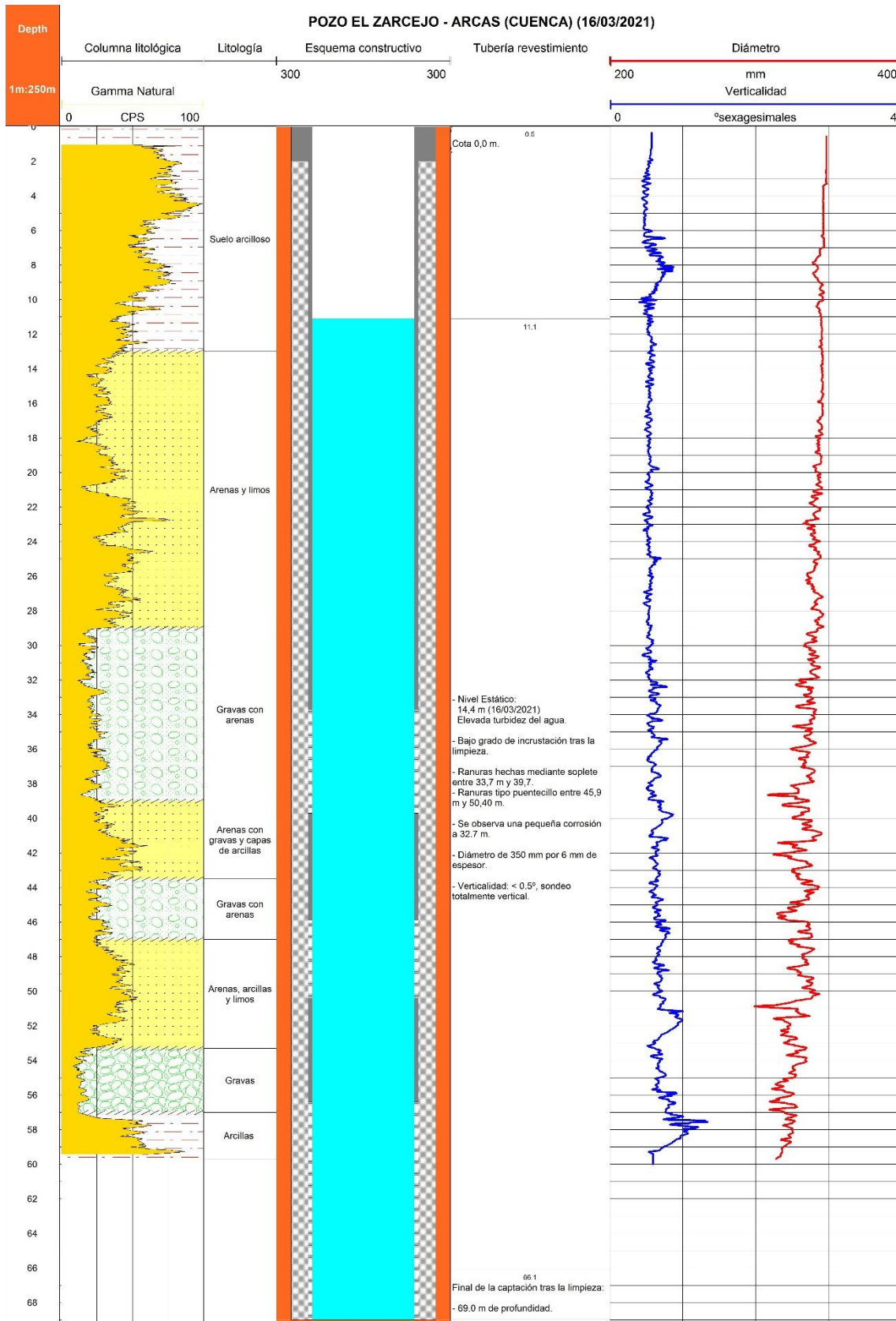


Figura 45. Croquis constructivo del Pozo El Zarcejo, Arcas (Cuenca) tras su rehabilitación.

## 7. PRUEBA DE BOMBEO

El día 8 de abril de 2021, con el nivel estático situado a 14,90 m de profundidad, se realiza una prueba de bombeo con el objetivo de cuantificar la capacidad productiva del sondeo tras la aplicación del tratamiento.

La prueba de bombeo tuvo dos fases, una primera de bombeo y otra de recuperación (ver Gráfico 1). La primera se inició con un caudal de extracción de 2 l/s, que se tuvo que reducir a 1,5 l/s tras 6 horas al descender el nivel de agua hasta la aspiración de la bomba, situada a 62,0 m de profundidad. Al reducir el caudal el nivel ascendió situándose a 59,5 m de profundidad al cabo de 15,5 horas de bombeo.

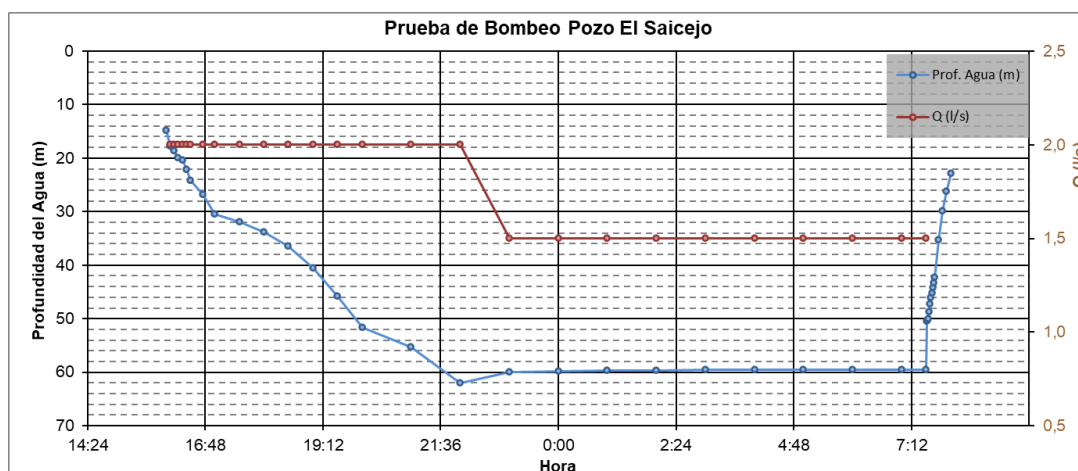


Gráfico 1. Evolución de caudales y niveles durante el ensayo de bombeo a caudal constante.

La interpretación gráfica de la evolución de descensos registrada durante la fase de bombeo (ver Gráfico 2) permite estimar una transmisividad del acuífero en el entorno del pozo de 0,75 m<sup>2</sup>/día.

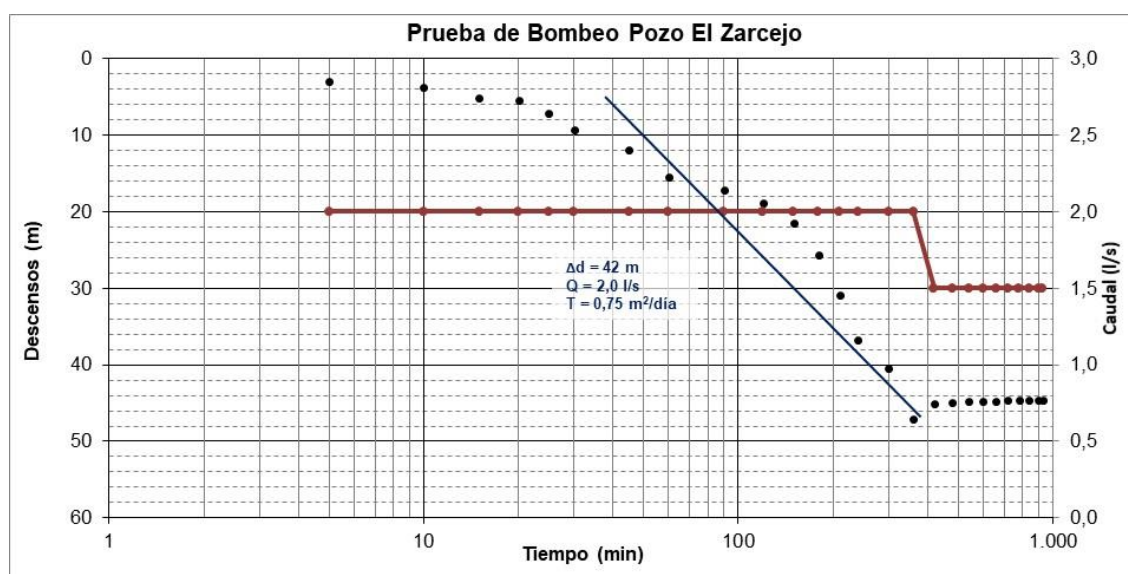


Gráfico 2. Interpretación gráfica de la fase de bombeo.

Posteriormente se realizó una prueba de recuperación, durante la que se registró el ascenso residual, cuya representación en un gráfico semi-logarítmico con respecto al tiempo permite determinar si:

1. La prolongación de la recta trazada pasa por el origen de coordenadas, se trataría de un acuífero extenso que recupera totalmente el nivel. El volumen extraído no afecta a las reservas del acuífero.
2. Si la prolongación de la recta trazada corta al eje "Y" de descensos, probable vaciado del acuífero. El acuífero no recupera el volumen extraído en el mismo tiempo de bombeo.
3. La prolongación de la recta trazada corta al eje "X" de tiempo corregido, un acuífero con buena recarga o posible recirculación del agua extraída durante el bombeo o proximidad de límite de recarga (río, embalse superficial...).

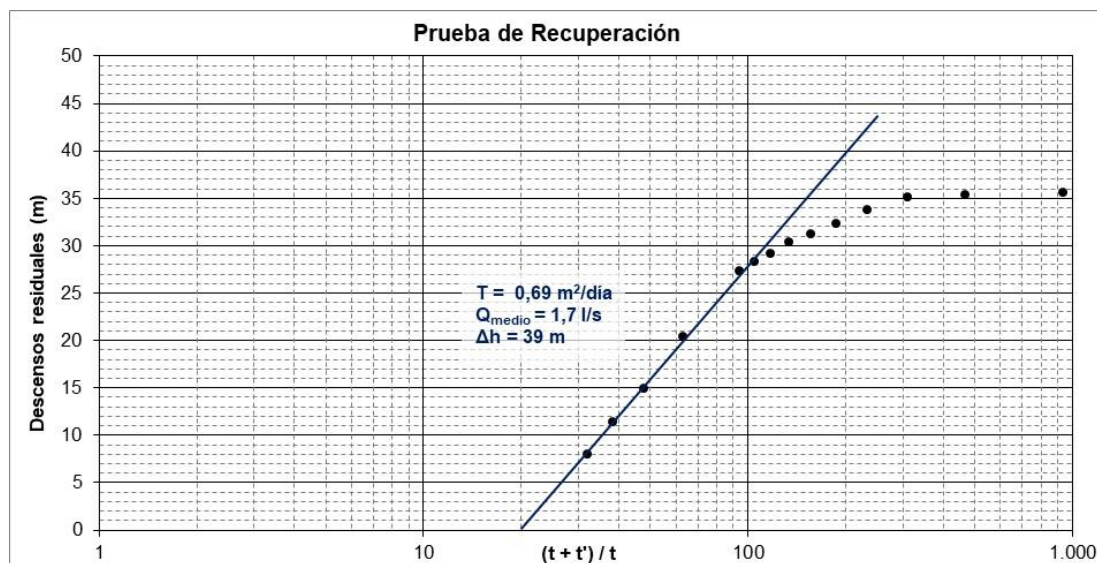


Gráfico 3. Interpretación del ensayo de recuperación.

De esta fase del ensayo (ver Gráfico 3), se deduce que no hay un efecto vaciado en el acuífero y que, además, utilizando la aproximación de Jacob, la transmisividad (T) del acuífero en el entorno del pozo es de  $0,7 \text{ m}^2/\text{día}$ , valor muy bajo atendiendo a la clasificación de acuíferos que hacen varios autores y que se muestra a continuación.

T ( $\text{m}^2/\text{día}$ )	Clasificación	$\Delta d$ (m)
< 10	Muy baja	Pozos de menos de 1 l/s con 10 m de descenso teórico
10 – 100	Baja	Pozos entre 1 y 10 l/s con 10 m de descenso teórico
100 – 500	Media – alta	Pozos entre 10 y 50 l/s con 10 m de descenso teórico
500 – 1000	Alta	Pozos entre 50 y 100 l/s con 10 m de descenso teórico
> 1000	Muy alta	Pozos superiores a 100 l/s con 10 m de descenso teórico

Tabla 3. Clasificación de los acuífero a partir de valores de transmisividad según varios autores.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente memoria recoge los resultados de los trabajos de limpieza y desincrustación del sondeo El Zarcejo, propiedad del Excmo. Ayuntamiento de Arcas del Villar (Cuenca).

En marzo de 2021 se aplicó la tecnología Aqua Freed® para desincrustar los tramos filtrantes y la formación acuífera próxima al pozo.

Finalizada la operación se realizó un reconocimiento videográfico y un ensayo de bombeo, con objeto de conocer los resultados de los trabajos realizados, que fueron los siguientes:

- Visualmente se aprecia una descolmatación y desincrustación de los tramos ranurados del pozo, quedando libre de obstrucciones que impidan o limiten el acceso del agua al interior del sondeo.
- El caudal específico y, en consecuencia, la capacidad productiva del pozo ha aumentado sustancialmente, incrementándose para un descenso equivalente (unos 40-45 m) el caudal instantáneo de bombeo, que ha pasado de ser inferior a 0,5 l/s, según el aforo realizado en junio de 2020, a 1,5 l/, como reveló el aforo realizado postratamiento.

Por lo anterior, **se concluye que la aplicación de la tecnología Aqua Freed® ha supuesto la recuperación de la capacidad productiva de la captación.** Sin embargo, el caudal instantáneo que puede aportar, 1,5 l/s equivalente a unos 130 m<sup>3</sup>/día y que complementarían el volumen extraído por los sondeos Raso 1 y Raso 2, unos 720 m<sup>3</sup>/día, quizás sea insuficiente como para justificar la inversión necesaria de conexión a la infraestructura del abastecimiento y de equipamiento de la captación.

En el municipio de Arcas del Villar se han caracterizado dos acuíferos con aguas de moderada salinidad: detrítico Terciario superficial y carbonatado del Cretácico superior, aunque las de este último presentan contenidos elevados de sulfatos, que superan el valor máximo recomendado en el R.D. 140/2003, en el que se regulan los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

El acuífero del Cretácico superior lo constituyen unas calizas y dolomías brechificadas con transmisividades que pueden rondar los a 300 m<sup>2</sup>/día. Los pozos que captan este acuífero llegan a aportar hasta caudales de 40 l/s, aunque debido a la gran profundidad a la que se pueden encontrar en el municipio, así como el hecho de que sería necesario atravesar una formación yesífera con agua de mala calidad, la ejecución de un sondeo tendría un coste elevado.

El acuífero detrítico Terciario es el más explotado en la zona, aunque la productividad de los sondeos que lo captan es baja y presenta una gran heterogeneidad, habiendo zonas con caudales de extracción de hasta 10 l/s y otras en la que apenas se alcanzan los 2 l/s.

Considerando la geología de la zona, como investigación del potencial del emplazamiento del pozo Zarcejo se podría llevar a cabo su reprofundización, al menos hasta los 125 m de profundidad o, en su caso, se corten formaciones permeables productivas.

La reprofundización se realizaría a 320 mm mediante el sistema de rotopercusión directa con martillo de fondo o, si las formaciones atravesadas son inestables e impiden el avance, a rotación inversa con lodos.

La entubación debería ser en chapa de acero al carbono con calidad S235JR de 200 o 260 mm diámetro nominal y 6 mm de espesor de pared, y los tramos filtrantes de tipo puentecillo con 1,5 mm de luz. Estos últimos quedarían enfrentados a las zonas productivas que se corten, por lo que será necesario efectuar un control hidrogeológico durante la perforación. El espacio anular entre la perforación y la tubería de revestimiento de acondicionaría con un empaque de grava silícea subredondeada y calibrada de tamaño 2-4 mm.

Además, durante la perforación será necesario efectuar un control y seguimiento geológico de las formaciones atravesadas, así como de la conductividad eléctrica de la emulsión agua-detritus extraída durante la perforación, con el fin de detectar posibles aportes de agua de mala calidad y proceder, en el caso que así sea, a dar por finalizada la investigación y sellar dicho tramo antes de su acondicionamiento para, posteriormente, efectuar una prueba de aforo que permita, por un lado, determinar la productividad del sondeo y, de otro, verificar la calidad el agua captada mediante la analítica correspondiente.

En Murcia, a 20 de abril de 2020

**Antonio J. Ramírez Bermúdez**  
Hidrogeólogo Col. Nº. 7.417



## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Confederación Hidrográfica del Júcar (2015). Plan Hidrológico de la demarcación del Júcar. Ciclo de planificación hidrológica 2015 – 2021. Memoria y Anejos.
- IGME (2007). Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento público de agua potable a la localidad de Arcas del Villar (Cuenca).
- IGME (2008). Informe final del sondeo de investigación para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Arcas del Villar (Cuenca) y propuesta de perímetros de protección.
- EPTISA (2006). Actualización de la situación actual de los sistemas de abastecimiento urbano de 10 municipio en la provincia de Cuenca.
- IGME (2003). Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de agua potable a la localidad de Arcas del Villar (Cuenca).
- IGME (2003). Informe final de los sondeos para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Arcas del Villar (Cuenca).
- IGME (2003). Nota técnica sobre el sondeo perforado para abastecimiento en Arcas del Villar (Cuenca).
- IGME (1975). Mapa geológico de España 1:50.000, Hoja nº 635.