



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

62339



JUNTA DE ANDALUCÍA  
Consejería de Obras Públicas y Transportes

CONVENIO DE COLABORACIÓN CON LA  
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES  
PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE  
ASISTENCIA EN  
AGUAS SUBTERRÁNEAS  
PARA ABASTECIMIENTOS

1996-2000

**ACTIVIDAD Nº 13.** PLAN DE INTEGRACIÓN DE LOS  
RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN LOS  
SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO DE  
ANDALUCÍA. SECTOR DE ACUÍFEROS EN RELACIÓN  
CON EL ABASTECIMIENTO DE LA COMARCA DE LA  
SIERRA DE SEGURA (JAÉN).

**Documento 13.12.-** Sondeo y ensayo de bombeo para la mejora del  
abastecimiento de los Atascaderos. Santiago-Pontones (Jaén).



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



JUNTA DE ANDALUCÍA  
Consejería de Obras Públicas y Transportes

**ACTIVIDAD Nº 13. PLAN DE INTEGRACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO DE ANDALUCÍA. SECTOR DE ACUÍFEROS EN RELACIÓN CON EL ABASTECIMIENTO DE LA COMARCA DE LA SIERRA DE SEGURA (JAÉN).**

**Documento 13.12.-** Sondeo y ensayo de bombeo para la mejora del abastecimiento de los Atascaderos. Santiago-Pontones (Jaén).

## ÍNDICE

	<u>Página</u>
1.- INTRODUCCIÓN.	1
2.- OBJETIVOS Y ANTECEDENTES.	2
3.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.	4
4.- DEMANDA HÍDRICA.	8
5.- ABASTECIMIENTO ACTUAL.	10
6.- ENCUADRE GEOLÓGICO.	11
6.1.- Geología regional.	11
6.2.- Tectónica y estructura.	15
6.3.- Geología local.	16
7.- CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO.	17
7.1.- Comportamiento hidrogeológico de los materiales.	17
7.2.- Funcionamiento hidrogeológico.	19
7.3.- Calidad de las aguas subterráneas.	22
8.- SONDEO.	24
8.1.- Justificación hidrogeológica del emplazamiento del sondeo.	24
8.2.- Columna litológica.	28
8.3.- Método de perforación.	32
8.4.- Diámetros de perforación y entubación. Estimación de caudal.	33
8.5.- Engravillado y cementación.	35

	<u>Página</u>
<b>9.- ENSAYO DE BOMBEO.</b>	<b>36</b>
<b>9.1.- Equipo técnico.</b>	<b>36</b>
<b>9.2.- Incidencias.</b>	<b>38</b>
<b>9.3.- Ensayo de bombeo escalonado.</b>	<b>40</b>
<b>9.4.- Ensayo de bombeo a caudal constante.</b>	<b>48</b>
<b>9.5.- Conclusiones.</b>	<b>60</b>
<b>10.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS E INCIDENCIAS.</b>	<b>61</b>
<b>11.- CONCLUSIONES.</b>	<b>64</b>
<b>12.- RECOMENDACIONES.</b>	<b>69</b>
<b>REPORTAJE FOTOGRÁFICO.</b>	<b>71</b>

## 1.- INTRODUCCIÓN.

El presente informe resume los trabajos de dirección, asesoramiento técnico y seguimiento llevados a cabo para la realización de un sondeo y un ensayo bombeo en la pedanía de Los Atascaderos del término municipal de Santiago-Pontones (Jaén), con el fin de mejorar el abastecimiento de este núcleo de población.

Este sondeo se ha realizado en el marco de un convenio establecido entre el **Instituto Tecnológico Geominero de España** y la **Excelentísima Diputación Provincial de Jaén**, y en el que la **Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía** ha actuado como financiadora de las obras y asesora en múltiples aspectos relacionados con el proyecto.

Los trabajos realizados forma parte del **Proyecto para la mejora de la infraestructura hidrogeológica como apoyo técnico a las diputaciones provinciales de Jaén y Granada (1995-1996)**, y está contemplado dentro de los planes de asesoramiento a las diferentes administraciones públicas en materia de aguas subterráneas, que desarrolla el Instituto Tecnológico Geominero de España, al efecto de cumplimentar el mandato de la Disposición adicional 6ª de la Ley 29/1985 de Aguas.

Las obras se han adjudicado a la empresa **HIDROELECTRO DE CAZORLA, S.C.A.**, mediante un **procedimiento de urgencia**. El período de sequía que ha perdurado hasta finales de 1995 ha motivado esta modalidad de adjudicación.

El asesoramiento técnico, el seguimiento y la dirección de los sondeos y el ensayo de bombeo ha sido labor de la persona que firma el presente informe, en colaboración el ITGE y la COPYT.

Ha sido fundamental en todo momento la cooperación de **D. Pablo**, de **HIDROELECTRO DE CAZORLA, S.C.A.**

## 2.- OBJETIVOS Y ANTECEDENTES.

El último período de sequía ha ocasionado un déficit hídrico en el municipio de Santiago-Pontones, por lo que la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía se ha visto obligada a realizar obras que alivien la demanda. Ante la escasez de regulación superficial, las investigaciones se han centrado en la **explotación subterránea de los acuíferos carbonatados del la Sierra de Segura.**

El proyecto encargado por la COPYT ha consistido en ejecutar **un sondeo**, por la técnica de rotopercusión, y **un ensayo de bombeo**. Se ha denominado **SONDEO ATASCADEROS**, por ser éste el núcleo de población más próximo. El diámetro mínimo final debe ser de 315 mm y la entubación de 250 mm en tubería metálica.

La finalidad del sondeo es sustituir las actuales captaciones de manantiales existentes, incapaces de garantizar el suministro en períodos prolongados de sequía.

El Excelentísimo Ayuntamiento de Santiago-Pontones ha facilitado los permisos del terreno. Ha sido necesario explanar una superficie de unos 200 m<sup>2</sup>. También ha ayudado a conocer y suministrar datos sobre los puntos de agua del municipio de Santiago-Pontones.

La perforación se han marcado tras un estudio geológico de campo, basado en las secuencias estratigráficas y las correlaciones de los diferentes materiales aflorantes. También se ha tenido en cuenta las estructuras geológicas y la fracturación. Tal investigación ha sido realizada por el geólogo **D. Antonio Molina Molina** de la empresa **TEcnología Y GEoambiente (TEYGESA).**

HIDROELECTRO DE CAZORLA S.C.A. ha subcontratado las labores de perforación y entubación a **SONDEOS Y PERFORACIONES ANDALUCÍA, S.L.**, de Vélez Málaga, que fueron ejecutadas entre el 8 y el 21 de mayo de 1996.

El ensayo de bombeo fue dirigido por el autor del presente informe entre el día 22 y 23 de mayo de 1996. La instalación del equipo, la medición de los niveles y la ejecución del mismo se subcontrató con **AFORMHIDRO**.

La localización de la perforación se encuentra relativamente próxima a las líneas de conducción eléctrica, a los depósitos reguladores y a la población.

### 3.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

La localización del SONDEO ATASCADEROS se ilustra en las figuras 1, 2 y 3 a escalas 1:500.000, 1:50.000 y 1:10.000, respectivamente.

Para acceder a él desde Santiago de la Espada se debe tomar la carretera comarcal 321 hacia el sur. A unos 2 km se debe girar hacia el SO por la carretera rural que conduce a diversas pedanías, como Las Nogueras, La Matea, Los Atascaderos, Los Teatinos, El Cerezo, etc. Cuando se pase por La Matea hay que tomar el primer desvío, a 1 km, aproximadamente. Se debe pasar los núcleos de Los Teatinos y Los Atascaderos y dirigirse, hacia el NO, al Arroyo de las Hazadillas. A unos 600 m de esta última pedanía se encuentra la perforación, entre el cauce del Arroyo y el camino.

Este sondeo se enmarca en la esquina suroriental de la Hoja 3-2 a escala 1:10.000, editada por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía, perteneciente a uno de los 16 mapas en que se divide la Hoja 908 (22-36), SANTIAGO DE LA ESPADA, a escala 1:50.000 del M.T.N..

Las coordenadas UTM del SONDEO ATASCADEROS son las siguientes:

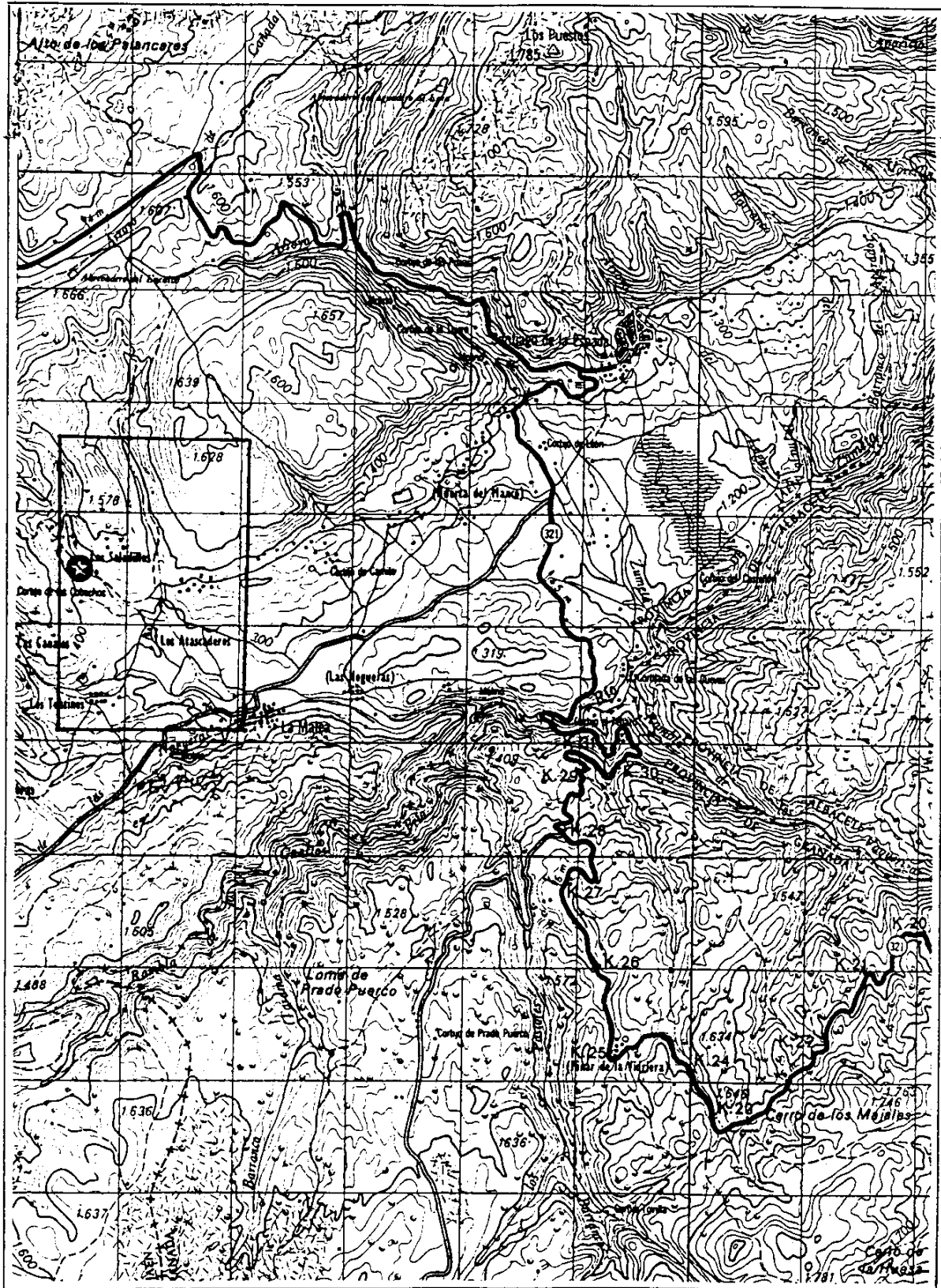
**X = 534.775      Y = 4.216.350      Z = 1.318**

El paisaje de las sierras está poblado de vegetación natural de monte bajo, con un encinar poco desarrollado, donde pastorea el ganado ovino. En los valles domina el cultivo de regadío y de secano.

Predomina la meteorización cárstica. Se pueden encontrar todas diversas formas de modelado: dolinas, uvalas, cavernas, simas, lapiaces, etc.







**Figura 2.-** Localización del SONDEO ATASCADEROS. Santiago-Pontones (Jaén). Escala 1:50.000.



#### 4.- DEMANDA HÍDRICA.

El objetivo del proyecto es mejorar el abastecimiento de las pedanías de Los Atascaderos y Los Teatinos. La distribución de la población de ambos núcleos se recoge en la tabla I, según el Censo de 1991 del Instituto Nacional de Estadística.

TABLA I. POBLACIÓN DE LOS ATASCADEROS Y LOS TEATINOS (SANTIAGO-PONTONES, JAÉN).

Núcleo	Población estable	Población máxima	Media anual ponderada
Los Atascaderos	74	148	87
Los Teatinos	151	302	177
TOTAL	225	450	264

Los datos facilitados por el Excelentísimo Ayuntamiento de Santiago-Pontones suman una población ligeramente inferior, pues según la tendencia de los últimos años (1981-1991), es decreciente de -1,72 habitantes. La población aumenta estacionalmente por tratarse de una zona rural, con el retorno de emigrantes o estancias de familiares en verano.

Por tanto, el SONDEO ATASCADEROS necesita abastecer una población estable de **225 habitantes y 450 habitantes como máximo.**

La dotación máxima recomendada por el Ministerio de Obras Públicas (Orden de 24 de septiembre de 1992) para núcleos de población inferior a 10.000 habitantes con baja actividad industrial es de 220 l/hab./día. Debido al incremento por el consumo de ganadería ovina estabulada, se ha incrementado la dotación máxima a **250 l/hab./día.**

Según estas consideraciones, la demanda hídrica de la población de Los Atascaderos y Los Teatinos se recoge en la tabla II.

TABLA II. DEMANDA HÍDRICA DE LA POBLACIÓN DE LOS ATASCADEROS Y LOS TEATINOS (SANTIAGO-PONTONES, JAÉN).

Núcleo	Demanda media anual (m <sup>3</sup> /día)	Demanda punta (m <sup>3</sup> /día)
Los Atascaderos	21,75	37
Los Teatinos	44,25	75,5
TOTAL	66	112,5

El consumo de estos dos núcleos de población, hace que se catalogue como viable al SONDEO ATASCADEROS con un caudal superior a 2 l/s, teniendo en cuenta que el caudal necesario para estas dos poblaciones es de 1,3 l/s.

## 5.- ABASTECIMIENTO ACTUAL.

Los dos núcleos rurales para los que se pretenden aprovechar el SONDEO ATASCADEROS son dos: Los Atascaderos y Los Teatinos. El primero se abastece actualmente del manantial del Jardín con un caudal aproximado de **0,6 l/s**. La capacidad del depósito de regulación es de **52 m<sup>3</sup>**.

Los Teatinos se abastece de la fuente de **Las Mesillas**, con un caudal inferior a **0,1 l/s**. El depósito de regulación almacena **50 m<sup>3</sup>** como máximo. El caudal de esta fuente es insuficiente y se complementa con el suministro de camiones cisterna.

Como se puede deducir, **el abastecimiento no se encuentra garantizado** para estas dos pedanías.

## 6.- ENCUADRE GEOLÓGICO.

En este punto se va a tratar brevemente el aspecto tectónico-regional y se va a comentar la geología del lugar del emplazamiento de los sondeos. La figura 4 ilustra una cartografía geológica de la zona a escala 1:50.000.

### 6.1.- Geología regional.

Desde un punto de vista geológico-regional, el SONDEO ATASCADEROS se engloba en la **Zona Prebética** de las Cordilleras Béticas. Más concretamente se incluye dentro de la **Unidad de la Sierra del Segura**, de edad jurásica y cretácica, sobre el substrato de la Formación Hornos-Siles. A techo, se han depositado materiales paleógenos y neógenos marinos.

Si se analizan los materiales más próximos a la zona del sondeo se pueden distinguir los siguientes términos, reconocidos con sus respectivas siglas en la cartografía geológica del IGME (1975), recogida en la figura 4:

a) *Margas y/o arenas (o lutitas) con calizas (C<sub>11-15</sub>)*, dispuestas de forma alternante, de color gris y potencia de 300 m en toda la serie. Una pequeña extensión aflora en el Arroyo de la Venancia. Se han datado como Neocomiense-Aptiense.

b) *Arenas, limos, arcillas y margas, con esporádicas intercalaciones de arcillas (C<sub>1d</sub>)*, de color blanco, rojizos o amarillentos. Se asemejan a la las "Facies Utrillas". Están comprendidas entre el Aptiense y el Albiense.





c) *Calizas amarillentas, alternantes con margas o limos amarillo-verdosos* ( $C_{16-21}^{3-1}$ ). La edad está entre el Albiense superior y el Cenomaniense inferior. Cartográficamente son difíciles de separar de los materiales anteriores. Ambos términos litológicos se han reconocido al noroeste del Cortijo de Venancia, El Cerezo y Los Cañuelos.

d) *Materiales carbonatados indiferenciados* ( $C_2$ ), del Cretácico superior. Afloran ampliamente en la base de la Sierra de Almorchón.

e) *Margocalizas y margas grisáceas* ( $C_{23-26}$ ), del Senoniense, con una potencia inferior a 40 ó 50 metros. Se reconocen al sur y sureste del sondeo.

f) *Calizas pulverulentas y recristalizadas, con cierto contenido margoso* ( $C_{26}$ ). Se han datado como Maastrichtiense. Se han detectado en las laderas de los relieves localizados al sureste del sondeo.

g) *Calizas con nummulites y areniscas de color crema* ( $Ts^A_2$ ). La edad deducida es Ypresiense-Luteciense (Eoceno medio). Pertenecen a la Formación Nablanca (Dabrio, 1972).

h) *Calizas con nummulites de color crema* ( $Tc_2^A$ ), de la misma edad que los materiales anteriores. El contacto estratigráfico entre ambas es concordante, con indentación lateral. Se incluyen en la Formación de Cañada de Hermosa (Dabrio, 1972).

i) *Calizas y arenas* ( $T_{3,1}^{A-Bb}$ ), aflorantes en puntos muy localizados. Se han datado como Oligoceno-Mioceno inferior.

j) *Arénas y limos rojizos y amarillentos* ( $Ts_1^{Bb}$ ), del Mioceno medio.

k) *Calizas bioclásticas y/o calizas de algas* ( $Tc_1^{Bb}$ ), datadas en el Mioceno medio.

l) *Calizas y margocalizas detríticas grisáceas* ( $T_{1-11}^{Bb-Bc}$ ), de edad comprendida entre el Mioceno medio y el Tortoniense.

m) *Calizas con algas coralináceas y briozos* ( $Tc_{1,^{Bc}}$ ), del Tortoniense, con 30 m de potencia.

n) *Arenas y limos rojizos* ( $Ts_{1,^{Bc}}$ ), en cambio lateral de facies con los materiales anteriores.

ñ) *Margas grises con intercalaciones de margocalizas* ( $Tm_{1,^{Bc}}$ ), en concordancia con los materiales anteriores y potencia superior a los 30 ó 40 m. Estos tres últimos términos se incluyen en la Formación Don Domingo (Dabrio, 1972), del Tortoniense.

o) *Alternancia de conglomerados y arenas* ( $T_{1,^{Bc}}$ ), del Mioceno superior.

p) *Depósitos de pie de monte* ( $Q_1$ ), del Cuaternario en las laderas de la Sierra de Almorchón.

q) *Arcillas de descalcificación ("terra rossa") y depósitos fluviales* ( $Q$ ), formados recientemente.

Los materiales de la Unidad de la Sierra del Segura (a, b, c, d, e y f) presentan facies de mares poco profundos, frecuentes lagunas estratigráficas y cambios de facies. Se extiende desde el Río Guadalquivir hacia el Este.

Los materiales con las letras g, h, i, j, k y l son terrenos terciarios pre-orogénicos. Con las letras m, n, ñ y o se reconocen los depósitos terciarios post-orogénicos. Las letras p y q identifican el Cuaternario.

## 6.2.- Tectónica y estructura.

La tectónica de la región se caracteriza por el desarrollo de pliegues y fallas. Los pliegues, relativamente suaves, tienen una dirección comprendidas entre N20°E y N30°E. Suelen presentar vergencia hacia el Oeste, aumentando su intensidad en el mismo sentido.

Las fallas inversas tienen una dirección N35-40°E, vergentes hacia el Oeste. La de la Sierra de Almorchón, que es la que afecta a la zona del sondeo, destaca con un salto de 2-3 km. El trazado de las fallas inversas se interrumpe y desplaza por las grandes fallas de desgarre, de dirección N110-120°E. Son prácticamente perpendiculares a los pliegues y fallas inversas, a los que desplazan en movimientos dextrógiros. Sus superficies de fractura son verticales.

Las fallas normales son de descompresión y se agrupan en dos sistemas: uno, el principal, paralelo a los pliegues y, el otro, transversal.

### 6.3.- Geología local.

Las consideraciones geológicas de este apartado se van a realizar tomando como referencia la zona de los alrededores del sondeo y la litología perforada.

El SONDEO ATASCADEROS se ha marcado sobre los **conglomerados y arenas** del Arroyo de las Hazadillas. Se han reconocido hasta 3 metros de profundidad. Debajo se han perforado gravas y arenas carbonatadas de derrubios de ladera entre el metro 3 y 10.

Según la cartografía geológica del IGME (1975), se encuentra sobre unos terrenos del Cretácico superior, de composición dolomítica y caliza, de tonos grises, identificados en este informe como materiales d.

Aguas arriba del arroyo, se detectan unas areniscas calcáreas bioclásticas (material c), en contacto discordante sobre los anteriores. Cartográficamente son difíciles de separar de unas arenas y margas muy cementadas con intercalaciones de calizas (material b o "Facies Utrillas"), que se encuentran topográficamente más arriba.

A 300 metros al SE del sondeo, existe una falla normal de dirección N20-25°E y buzamiento hacia el SE, que separa mecánicamente materiales cretácicos de diversos materiales terciarios y cuaternarios. Esta cartografía geológica se recoge en la figura 4.

El SONDEO ATASCADEROS ha atravesado una **serie de margas, calizas, arenas y limos** de tonos grises, desde el metro 10 hasta el final (117 m), en los que se ha detectado varios niveles con agua. La gran cantidad de limos en suspensión, que se han apreciado durante los trabajos de perforación y entubación, reflejan el carácter detrítico de granulometría fina de la serie. Los metros más superficiales son gravas fluviales.

## 7.- CONTEXTO HIDROLÓGICO.

Los manantiales de la Sierra de Segura se asocian a la existencia de **abundantes acuíferos colgados**, a diferentes cotas, desarrollados sobre materiales permeables, con una base estratigráfica impermeable. Este efecto se detecta a diversas escalas, en los contactos de distintas formaciones e incluso dentro de ellas. El rango de los manantiales, en cuanto a caudal, depende de la potencia de los acuíferos.

Las fuentes y manantiales tienen caudales variables y están afectados por las sequías estivales. La ganadería de la región depende de los pequeños manantiales diseminados por toda la Sierra.

### 7.1.- Comportamiento hidrogeológico de los materiales.

Los materiales que afloran en la cartografía geológica de la figura 4, presentan un comportamiento hidrogeológico muy diverso:

Los materiales identificados con las letras **d, f, h, i, k y m** tienen un **permeabilidad media-alta o alta**. Son **acuíferos** carbonatados cretácicos o terciarios, de interés para la explotación hidrogeológica. Se trata de rocas carbonatadas, permeables por carstificación y/o fisuración. Las rocas cretácicas son principalmente calizas y dolomías; las litologías terciarias están formadas por calizas pre y post-orogénicas.

Existen otros tipos de materiales de **permeabilidad media-alta**. Se trata de rocas cuaternarias detríticas (gravas y arenas). Esta permeabilidad se debe a la porosidad intergranular. En el punto 6.1., se identifican con las letras **p** y **q**. El escaso volumen relativo de estos **acuíferos**, aporta bajos recursos hídricos.

Las rocas de **permeabilidad media** de la zona, son areniscas y calizas terciarias pre-orogénicas (material **g**). El contenido limoso y arcilloso de la matriz disminuye la permeabilidad. El escaso volumen de esta formación, no supone un **acuifero** de recursos elevados.

Los materiales **a**, **c**, **j**, **l** y **n** tienen una **permeabilidad media-baja**. Se trata de sedimentos detríticos con cierta porosidad intergranular, materiales detríticos finos con intercalaciones carbonatadas de diverso rango y materiales carbonatados con incipiente desarrollo cárstico. Estos materiales son formaciones cretácicas y terciarias. No aportan recursos hídricos explotables.

Se pueden considerar **acuicludos** los materiales margosos y arenosos cretácicos **b** y **e** y los terciarios post-orogénicos **ñ** y **o**. Son sedimentos detríticos finos, con porosidad intergranular pequeña. Constituyen los límites impermeables de los acuíferos. Los manantiales de la Sierra de Segura se localizan en el contacto con los materiales permeables. La permeabilidad de estas rocas es **baja o muy baja**.

## 7.2.- Funcionamiento hidrogeológico.

La zona donde se emplaza el SONDEO ATASCADEROS se incluye dentro de la **Unidad Hidrogeológica de Quesada-Castril**, según el ITGE. Esta unidad se caracteriza por su amplia extensión y un funcionamiento complejo.

En las sierras próximas al sondeo se pueden destacar dos sistemas de inferior rango con funcionamiento hidrogeológico independiente (ITGE, 1990): la Subunidad de Almorchón y la Subunidad de Arroyo Frío.

**La Subunidad de Almorchón** se extiende desde el Río Zumeta, junto a Santiago de la Espada, hasta Los Cañuelos. Abarca la ladera meridional de la Sierra de Almorchón. Tiene una longitud de 6 km y una extensión aproximada de 8 Km<sup>2</sup>.

Está formada por materiales carbonatados cretácicos de edad Albiense-Turolense y por un volumen menos patente de calizas miocenas. La base impermeable está constituida por las margas arenosas de la Formación Utrillas (material b).

El límite noroccidental es una falla inversa de dirección N20°E, vergente al NO, que pone en contacto los materiales cretácicos con los miocenos, en las cumbres de la Sierra de Almorchón. Por el SE, limita con una falla normal de dirección N60°E y buzamiento hacia el NO; pone en contacto materiales cretácicos y plio-cuaternarios de la depresión de Santiago de la Espada.

Los dos puntos de descarga más importantes son la Fuente de los Molinos, en el Arroyo de Zumeta, y la Fuente del Saltador. Existen también múltiples manantiales de pequeño caudal por donde descarga esta unidad, en épocas de pluviometría normal. Se localizan a lo largo de todo el borde SE. Entre ellas destacan las Fuentes de Sancho y Las Quebradas. La tabla III recoge algunos datos de estos y otros puntos de agua.

TABLA III. PUNTOS DE DESCARGA DE LA SUBUNIDAD HIDROGEOLÓGICA DE ALMORCHÓN (SANTIAGO-PONTONES, JAÉN).

Denominación	Cota	Caudal (l/s)		Utilidad
		Medio	De estiaje	
Fuente de los Molinos	1.380	20	6-7	Abto. Santiago de la Espada
Fuente del Saltador	1.320	5	0,8	Regadío
Fuente de Sancho	1.310	3	0,25	Regadío
Las Quebradas	1.360		<0,2	Regadío
Poyo Catalán	1.360		0	Regadío
Fuente Juan Romero	1.420	1	0,25	Regadío
Cortijo Viejo	1.310		0	Regadío
Los Ruices	1.300		0	Regadío
Fuente Santiago	1.320		0	Abto. Santiago de la Espada
Los Cañuelos	1.400	0,5	<0,1	Regadío
El Fontarrón	1.440		0,6	Abto. El Cerezo, regadío
El Pantano	1.420		<1	
Fuente Recelos	1.380		<0,5	Regadío

Las diferencias de cota desde 1.440 m (El Fontarrón) a 1.300 m (Los Ruices), indica una cierta compartimentación. Los recursos medios se pueden estimar en 1 ó 1,5 Hm<sup>3</sup>/año.

La Subunidad de Arroyo Frío se extiende por gran parte de la cabecera del Arroyo Frío, con una extensión de unos 37 Km<sup>2</sup>. Comienza al Sur de La Matea. Está formada por dolomías masivas grises de edad Cenomaniense-Turoniense y, en menor medida, por calizas del Senoniense y del Mioceno. En las series abundan intercalaciones margosas que restringen su funcionamiento

El límite del NO se establece por el recubrimiento de materiales pliocenos y cuaternarios. No se ha definido el límite suroccidental con otros sistemas y su continuidad al Sur de la falla de desgarre de la Puebla de Don Fadrique parece probable. El término de la Subunidad por el SE, se ha establecido por el tránsito de los niveles margocalizos del Senoniense.



Los principales puntos de descarga son la Fuente del Berral, el Nacimiento de Arroyo Frío y el Manantial del Muso. Los tres manantiales totalizan una descarga de 11 Hm<sup>3</sup>/año, lo que sugiere importantes aportaciones externas. Posiblemente pueden proceder de las calizas terciarias del sinclinal de la Vidriera o de sectores más meridionales. La tabla IV recoge algunos datos sobre estos tres puntos de agua.

**TABLA IV. PUNTOS DE DESCARGA DE LA SUBUNIDAD HIDROGEOLÓGICA DE ARROYO FRÍO (SANTIAGO-PONTONES, JAÉN).**

Denominación	Cota	Caudal (l/s)		Utilidad
		Medio	De estiaje	
Fuente del Berral	1.280	110	70	Abto. Santiago de la Espada
Nacimiento de Arroyo Frío	1.370		150	
Manantial del Muso	1.310	110	15	Abto. Matea + Nogueros, regadío

La Fuente del Berral presenta una gran estabilidad de caudal a lo largo de cada año; no ha llegado a secarse durante la última sequía. Este fenómeno se explica como el resultado de la salida de agua a presión a través de una fractura estrecha que no permite la circulación de caudales mayores. De esta forma, cuando se incrementan los niveles piezométricos, los otros dos manantiales y otros muchos de menor entidad, registran la crecida o brotan nuevamente.

La base impermeable de esta Subunidad es también la Formación Utrillas. Las diferencias de cotas (de 1.280 a 1370) reflejan cierto grado de compartimentación, relacionadas con las fracturas NE-SO que se han formado entre ambos puntos.

### 7.3.- Calidad de las aguas subterráneas.

En líneas generales se puede afirmar que las aguas subterráneas de la Sierra de Segura no están muy mineralizadas. El quimismo refleja un débil contenido en sales. Presentan invariablemente **facies bicarbonatadas cálcico magnésicas**. Las conductividades están comprendidas en un intervalo **entre 250 y 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$** . La tabla V recoge los valores de conductividad de cada uno de los manantiales recogidos anteriormente.

TABLA V. CONDUCTIVIDADES DE LOS MANANTIALES DE LAS SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DE ALMORCHÓN Y ARROYO FRÍO (SANTIAGO-PONTONES, JAÉN).

Denominación	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
Fuente de los Molinos	335
Fuente del Saltador	305
Fuente de Sancho	355
Las Quebradas	335
Poyo Catalán	400
Fuente Juan Romero	375
Cortijo Viejo	425
Los Ruices	465
Fuente Santiago	350
Los Cañuelos	265
El Fontarrón	350
El Pantano	455
Fuente Recelos	
Fuente del Berral	330
Nacimiento de Arroyo Frío	350
Manantial del Muso	340

Según la reglamentación técnico-sanitaria vigente, todas las aguas de las Sierras colindantes al SONDEO ATASCADEROS son potables y presentan excelente calidad. No se ha detectado contaminación alguna en los acuíferos de la zona.

## **8.- SONDEO.**

Se ha realizado una perforación con el objetivo de mejorar el abastecimiento de Los Atascaderos y Los Teatinos, del término municipal de Santiago-Pontones (Jaén). Se ha denominado **SONDEO ATASCADEROS** y se localiza en el **Arroyo de las Hazadillas**.

La perforación comenzó el día **8 de mayo de 1996** y finalizó el **21 de mayo**. La figura 5 ilustra el esquema del SONDEO ATASCADEROS. En ella se recoge los diámetros de perforación finales, los tramos de entubación, las características de la misma y la columna litológica gráfica y descrita. Los rasgos más destacables de la obra se especifican con más detalle en los apartados siguientes.

### **8.1.- Justificación hidrogeológica del emplazamiento de los sondeos.**

El municipio de Santiago-Pontones se extiende por terrenos carbonatados jurásicos, cretácicos y terciarios de la Sierra de Segura. Estos materiales se caracterizan por formar **acuíferos compartimentados y colgados** a diferentes cotas. Normalmente las calizas y dolomías forman los acuíferos y la base impermeable son las intercalaciones de margas o arcillas.

La Subunidad de Arroyo Frío no ofrece emplazamientos para perforar en las proximidades de los núcleos de población. No se aconseja perforar, por el momento, en este sistema hidrogeológico porque dispone de una buena regulación natural. Además, las presiones sociales de las comunidades de regantes son muy elevadas en esta zona. Pero por otro lado, sus abundantes recursos no se afectarían en consideración con una pequeña explotación para abastecer a un número reducido de población.

La Subunidad de Almorchón presenta menor capacidad de regulación natural. Las surgencias se aprovechan para abastecer a la población que se pretende suministrar el agua de la obra propuesta. Una ventaja es que los posibles emplazamientos se encuentran próximos y a cota superior a las pedanías. Cualquier actuación sobre el sistema puede afectar a los manantiales, Las necesidades de agua son inferiores a un caudal de 2 l/s, cantidad que no alcanzaría a afectar al conjunto del acuífero.

El SONDEO ATASCADEROS ha sido marcado por D. Antonio Molina, geólogo de la empresa TEYGESA, tras un trabajo geológico, en base a un estudio detallado de las secuencias estratigráficas y de correlaciones. Los materiales acuíferos de la Sierra de Almorchón con mayores posibilidades son los niveles calcáreos del Albiense-Cenomaniense, como el del reciente sondeo del Cerezo, y las dolomías masivas del Cenomaniense-Turonense.

Esta empresa ha propuesto dos alternativas para mejorar el abastecimiento de Los Teatinos y de Los Atascaderos. Su situación se muestra en la figura 5.

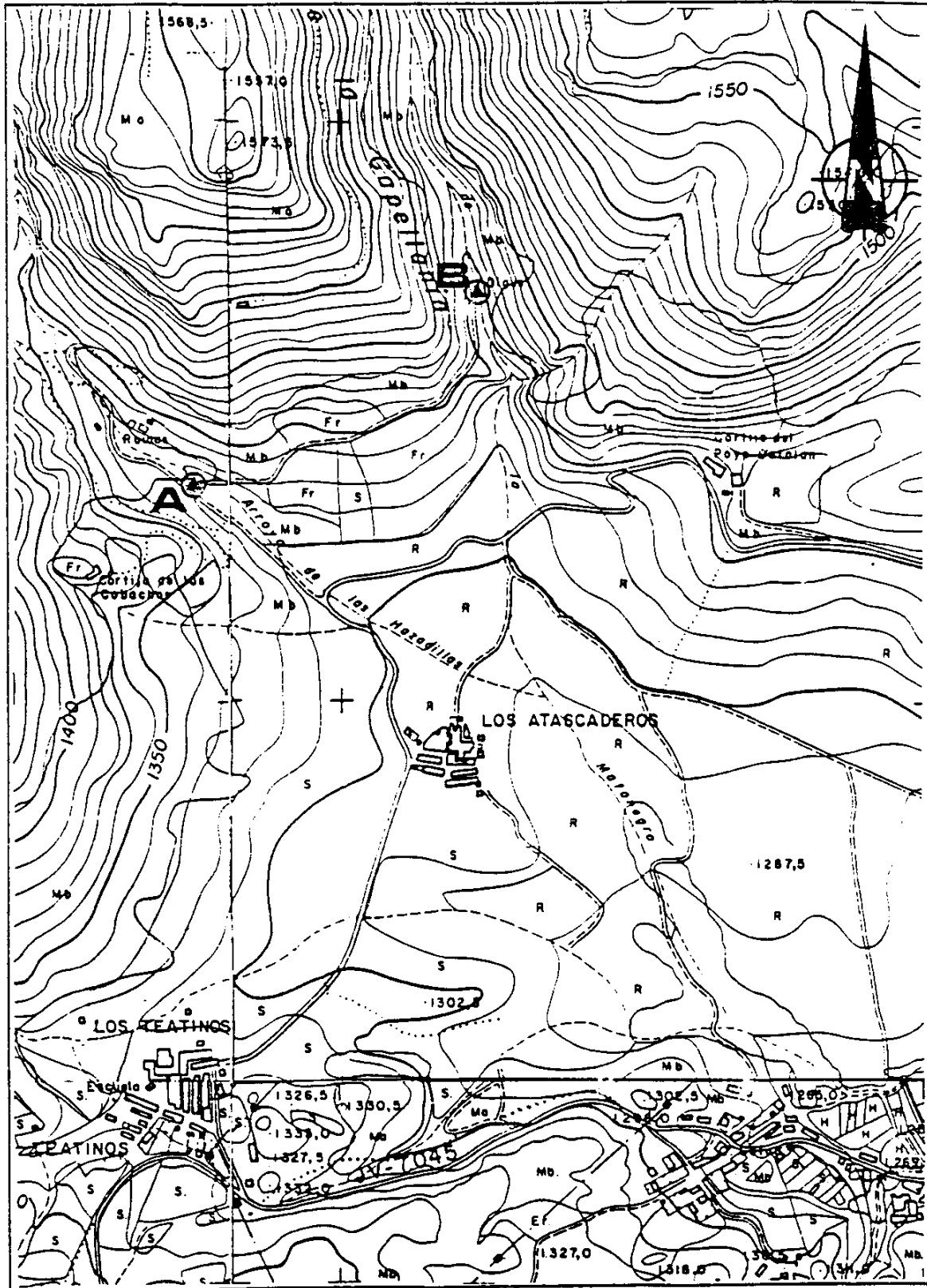
#### **ALTERNATIVA A: Arroyo de las Hazadillas.**

Ha sido la opción que se ha ejecutado con el SONDEO ATASCADEROS. La columna prevista en un principio no era muy favorable porque se podría alcanzar la base impermeable a escasa profundidad. Sin embargo, ofrece las ventajas del buen acceso y emplazamiento, y la proximidad a los núcleos de población y los depósitos reguladores.

**SITUACION DE LOS EMPLAZAMIENTOS PROPUESTOS:**

**A: Arroyo de las Hazadillas**

**B: Arroyo de la Matanegra**



**Escala 1:10.000**

**Figura 5.-** Alternativas de perforación presentadas por TEYGESA para el abastecimiento de Los Teatinos y Los Atascaderos (Santiago-Pontones, Jaén).

Se recomendó alcanzar las arenas margosas de la Formación Utrillas y perforarlas 15 ó 20 metros, porque constituye el muro impermeable de la Subunidad del Almorchón. El caudal esperado podría rondar los 10 ó 20 l/s, que excede las necesidades de la población que se pretende abastecer.

**ALTERNATIVA B: Arroyo de la Matanegra.**

Esta alternativa ofrece diversos inconvenientes: se debe reparar y ensanchar un carril de acceso; no hay espacio para que se emplace y trabaje el equipo de perforación, por lo que habría que explanar una superficie, que por su orografía tendría muchas dificultades y sería costoso; y se opondría a esta obra una comunidad de regantes que se abastece del caudal del Arroyo de la Matanegra.

Por tales razones se propuso en segundo lugar. Sin embargo, la columna litológica prevista es mucho más idónea. Se atraviesa una mayor potencia carbonatada con diferentes litologías: calizas bioclásticas (0 a 20 m), dolomías masivas grises (20 a 120 m), calizas y margocalizas (120 a 190 m) y calizas con intercalaciones de margas y arenas (desde los 190 m).

El tramo más productivo lo forman las dolomías grises masivas de tamaño de grano grueso, de edad Cenomaniense-Turonense. Se debería profundizar hasta los tramos con intercalaciones margosas. Se espera un caudal de explotación entre 20 ó 25 l/s.

## 8.2.- Columna litológica.

En líneas generales se puede decir que el sondeo se ha perforado en una serie carbonatada de calizas y margas arenosas con un sello de gravas cuaternarias a techo.

Se han recogido y testificado muestras cada 3 metros. Se han descrito en seco y en húmedo, a simple vista y con lupa de mano de diferentes aumentos.

El SONDEO ATASCADEROS ha alcanzado una profundidad de **117 metros** en investigación (**220 mm** de diámetro).

Se han ensanchado **111 metros** a un diámetro de **350 mm**. Los 6 metros finales no se reperforaron por la naturaleza impermeable de los materiales en los tramos últimos y por el riesgo de desprendimientos.

La descripción litológica que a continuación se presenta en la tabla VI se corresponde con las muestras recogidas en la investigación inicial de 117 metros.

TABLA VI. DESCRIPCIÓN DE LA LITOLOGÍA DEL SONDEO ATASCADEROS.  
SANTIAGO-PONTONES (JAÉN).

METRO	LITOLOGÍA
De 0 a 1 m	Material removilizado en las obras del emplazamiento. Gravas y arcillas oscuras.
De 1 a 3 m	Gravas y arenas fluviales. Coloraciones grises y marrones.
De 3 a 10 m	Derrubios de ladera. Gravas y arena gruesa de tono beige-marrón, con trama caliza y matriz margosa. Nivel de agua a 7 m con caudal inferior a 0,5 l/s.
De 10 a 15 m	Margocaliza micrítica, arena y marga gris. Diaclasas de recristalización.
De 15 a 18 m	Caliza micrítica de grano grueso, poco margosa, gris, de textura brechoide. Diaclasas recristalizadas. Hueco a los 18 m.

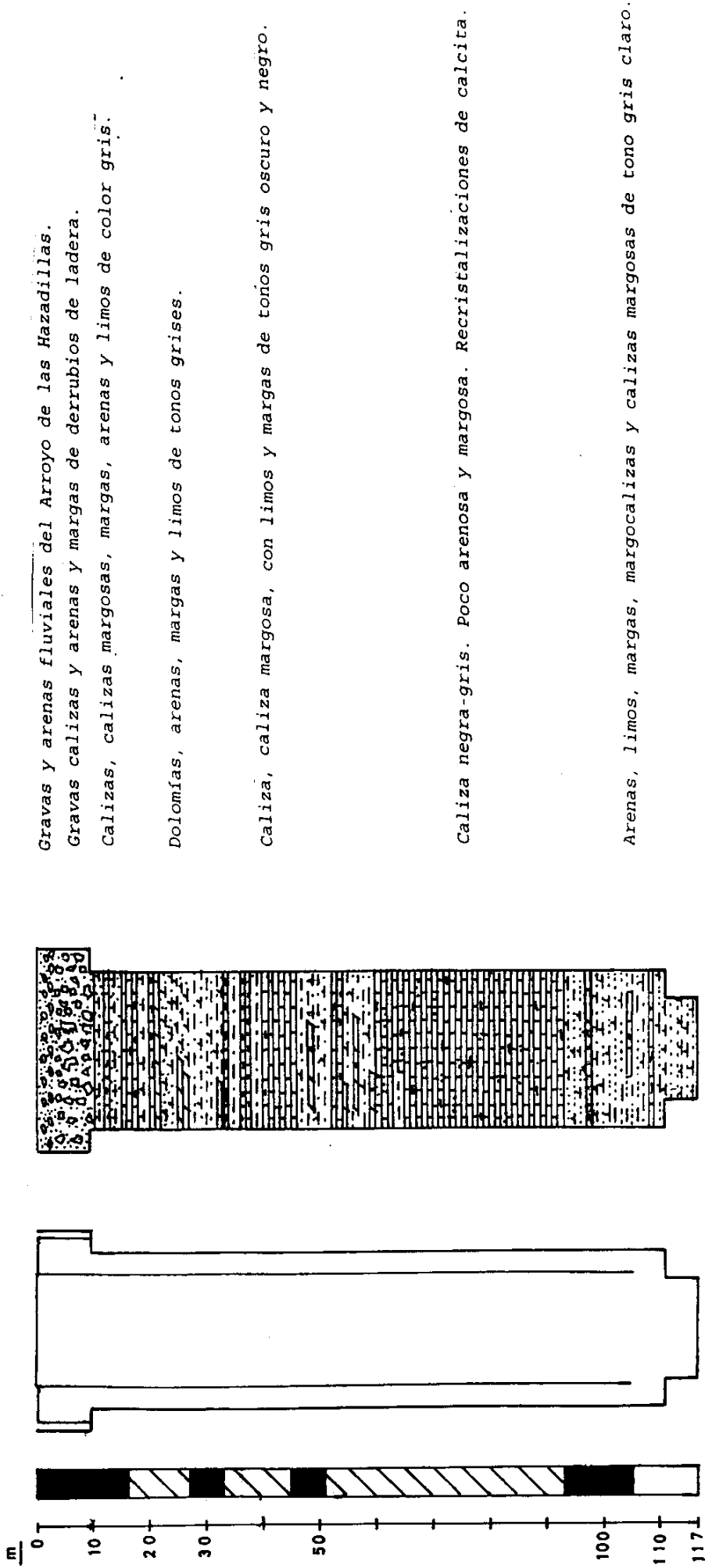


**SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN).**

ESQUEMA DE ENTUBACIÓN Y PERFORACIÓN.

COLUMNA

LITOLOGÍA



Tubería ciega

Tubería de filtro de puentecillo

sin entubar

Esca horizontal 1/12,5  
Esca vertical 1/1.000

**Figura 6.** - SONDEO ATASCADEROS. Santiago-Pontones (Jaén).  
Columna litológica y esquema de perforación y entubación.

METRO	LITOLOGÍA
De 18 a 21 m	Caliza, caliza margosa y marga gris, un poco arenosa. Diaclasas blancas recristalizadas. Textura brechoide de clastos gruesos.
De 21 a 24 m	Dolomía, arena, limo, marga gris. Caudal de 0,5 l/s a los 22 m.
De 24 a 27 m	Marga dolomítica con arena, limos y dolomía gris. Zona de fractura.
De 27 a 30 m	Arena-limo margoso y dolomía gris.
De 30 a 33 m	Arena-limo-marga gris oscura. Zona de fractura.
De 33 a 41 m	Caliza con arena-limo-marga gris oscura. Caudal de 1 l/s a 34 m.
De 41 a 46 m	Caliza y caliza margosa de tono gris oscuro-negro. Zona de fractura. Caudal de 2 l/s. Textura brechoide de grano grueso.
De 46 a 51 m	Arena, limo, marga, dolomía negra.
De 51 a 54 m	Caliza y caliza margosa gris oscura, un poco arenosa. Textura brechoide.
De 54 a 60 m	Arena-limo, marga y dolomía de tono gris-negro.
De 60 a 63 m	Caliza negra-gris, arenosa. Vetas centimétricas de calcita blanca. Textura brechoide.
De 63 a 93 m	Caliza gris-negra, poco margosa y arenosa. Algunos clastos de tonos verdes. Vetas rellenas de calcita blanca. Textura grosera brechoide.
De 93 a 96 m	Arena y marga gris, con poca margocaliza.
De 96 a 99 m	Caliza margosa y arena-limo gris.
De 99 a 102 m	Arena-limo margoso, con poca caliza. Vetas de calcita blanca.
De 102 a 111 m	Arena-limo-marga y caliza.
De 111 a 117 m	Margas y arenas gris claro.

La figura 6 sintetiza estas litologías y otras actuaciones de la obra.

A los dos días siguientes de haber finalizado la entubación surgía artesianamente por la boca del sondeo un caudal de **3,1 l/s**. Durante el ensanche de los 111 metros, se estimó una **productividad de 8 ó 10 l/s**, según el ascenso por la acción del aire del compresor.

Recientemente, mientras se realiza el presente informe, se ha conocido que el SONDEO ATASCADEROS ha dejado de tener un comportamiento surgente.

### **8.3.- Método de perforación.**

La empresa que ha ejecutado el SONDEO ha sido SONDEOS ANDALUCÍA, S.L. de Vélez Málaga. Se han realizado con la técnica de **rotopercusión con martillo en fondo**. Se ha utilizado una máquina **SEGOQUI 1900**, con posibilidad de perforar también a circulación inversa. Lleva instalado un motor Mercedes de 300 CV. Está capacitada para perforar más de 1.000 metros. Va montada sobre un camión Pegaso. El peso de la máquina es de 36 Tm.

El compresor es un **INGERSOLL - RAND 900** de **30 kg/cm<sup>2</sup>** y con un desarrollo de caudal de **27 m<sup>3</sup>**. Las varillas de perforación miden 6 m de longitud y 140 mm de diámetro.

#### **8.4.- Diámetros de perforación y entubación. Estimación de caudal.**

Los diámetros de perforación, con sus respectivas profundidades, fueron los siguientes:

- De 0 a 9,53 m: 450 mm (emboquille).
- De 9,53 a 111 m: 350 mm.
- De 111 a 117 m: 220 mm.

Hay que tener en cuenta que los 20 metros finales del sondeo han sufrido desprendimientos, por lo que a efectos de explotabilidad hay que descontarlos. También se han formado algunos huecos alrededor del sondeo, sobre todo en los metros más superficiales, por los desprendimientos de las paredes inestables y por la fuerte presión de aire con que se ha trabajado. No se puede calcular con exactitud el volumen de los mismos.

Se entubaron 105 m con tubería metálica de 5 mm de espesor de chapa y 250 mm de diámetro. Las profundidades y tipo de tubería son las siguientes:

- De 0 a 16 m: tubería ciega.
- De 16 a 27 m: tubería de filtro de puentecillo de 1,5 mm de abertura.
- De 27 a 33 m: tubería ciega.
- De 33 a 36 m: tubería de filtro de puentecillo de 1,5 mm de abertura.
- De 36 a 39 m: tubería de filtro de puentecillo de 2 mm de abertura.
- De 39 a 45 m: tubería de filtro de puentecillo de 1,5 mm de abertura.
- De 45 a 51 m: tubería ciega.
- De 51 a 93 m: tubería de filtro de puentecillo de 1,5 mm de abertura.
- De 93 a 105 m: tubería ciega.

A los metros anteriores hay que añadir 0,50 m de tubería ciega de 250 mm de diámetro que sobresale por encima de la superficie del terreno.

También se entubaron en ciego **9,53 m** del emboquille del sondeo, más **0,47 m** que sobresale de la superficie, con un diámetro de **415 mm** y un espesor de chapa de **6 mm**.

En resumen los metros totales de entubación han sido:

- **40,5 m** de tubería ciega de **250 mm** de diámetro y **5 mm** de espesor de chapa.
- **61,5 m** de filtro de puentecillo de **1,5 mm** de abertura, **5 mm** de espesor de chapa y **250 mm** de diámetro.
- **3 m** de filtro de puentecillo de **2 mm** de abertura, **5 mm** de espesor de chapa y **250 mm** de diámetro.
- **10 m** de tubería ciega de emboquille, de **415 mm** de diámetro y **6 mm** de espesor de chapa.

Los últimos 27 metros hubo que introducirlos inyectando una presión de aire de **30 kg/cm<sup>2</sup>**, para extraer el material de los desprendimientos, además de presionar la tubería con la cabeza de rotación.

Hay que destacar negativamente hacia la empresa de sondeos, que la tubería fabricada por ellos mismos no estaba en las condiciones de calidad idónea. No tenían forma perfectamente cilíndrica, sino que la sección de la tubería era ovoide. Posiblemente esta deformación fue provocada por el efecto del peso del almacenamiento. Para hacer coincidir estas secciones hubo que moldearlas con una maza y soldarlas al mismo tiempo.

El caudal óptimo de explotación se indica en el apartado del ensayo de bombeo. Cuando finalizó la obra, surgía por la boca del sondeo un caudal de unos **3,1 l/s** con un **comportamiento artesiano**. Según el caudal bombeaba el aire del compresor, se puede estimar la productividad del sondeo entre **8 y 10 l/s**.

### 8.5.- Engravillado y cementación.

Se rellenó el cilindro de corona circular entre la tubería y la pared del sondeo con **grava silícea de 3 a 6 mm**, traída desde Huelva. Al observar en detalle este material, se apreció que no se ha tamizado y seleccionado con rigor. Había clastos inferiores a 2 mm, pero en poca proporción.

Calculando al alza el volumen engravillado, se estima que se han empleado **11,8 Tm**. La base del cilindro anular del sondeo tiene  $0,0471 \text{ m}^2$ . Si se considera un relleno entre los 111 y 14,80 m, la altura del cilindro de corona anular es de 96,2 m, lo que equivale a un volumen de **4,533 m<sup>3</sup>**. Este volumen multiplicado por la densidad de la sílice, se corresponde con el peso de gravilla utilizada.

Entre los metros 14,80 y 10,50 m se utilizó **grava calcárea de 6-12 mm**, de una cantera próxima, por haberse agotado la silícea.

El resto del anular del sondeo, de 10,50 m a la superficie, **se cementó**. Entre el metro 10,50 y el 4,30 se introdujeron **3,5 m<sup>3</sup> de hormigón**, lo que refleja el volumen de desprendimientos en las gravas fluviales más superficiales.

El diseño de la entubación y del engravillado se realizó en función de la columna litológica atravesada, con el objetivo de retener los abundantes limos en suspensión que emanaban del sondeo durante las labores de perforación y entubación.

Los desprendimientos de las paredes han tapado la parte final del sondeo, y han llegado hasta los 100,5 m. Esta profundidad se ha medido cuando se realizó el ensayo de bombeo.

También se utilizó un camión de grava sin seleccionar par encauzar el agua extraída del sondeo durante la perforación.

## 9.- ENSAYO DE BOMBEO.

El ensayo de bombeo del SONDEO ATASCADEROS se realizó entre los días 22 y 23 de mayo de 1996. El tiempo total del ensayo de bombeo, incluyendo las recuperaciones, ha sido de **23 horas y 37 minutos**.

Las características de la columna litológica del acuífero y la evolución de los niveles hacían prever una transmisividad (T) baja, entre 10 y 20 m<sup>2</sup>/día. La permeabilidad (K) también deben ser bajas, entorno a 1 m/día.

### 9.1.- Equipo técnico.

A continuación se recoge una ficha con todas las características técnicas del equipo que se instaló para el ensayo de bombeo:

Empresa de aforo: AFORMHIDRO

Cliente: HIDROELECTRO DE CAZORLA, S.C.A.

Sondeo: ATASCADEROS

Término municipal: Santiago-Pontones

Provincia: Jaén

Comienzo:

Día: 22-05-96

Hora: 17,45

N.E.: 0 m (surgente)



Terminación:

- Día: 23-05-96
- Hora: 17,22
- N.D.: 0 m (surgente)

Grupo generador:

- Marca: AVK
- KVA: 400
- Motor: C.A.T.
- Potencia: 500 CV

Grupo motobomba:

- Marca: ATURIA
- Tensión: 380 V
- Tipo: XN6
- Potencia: 50 CV

Perforación:

- Profundidad total: 117 m
- Ø perforación: 450 mm, de 0 a 16 m; 350 mm de 16 a 111 m; 220 mm de 111 a 117 m. Desprendimientos.
- Profundidad de la entubación: 105 m
- Ø Entubación: 250 mm
- Profundidad rejilla: 93,20 m
- Caudal medido con: tubo de pitot
- Niveles medidos con: sonda
- Ø Tubería piezométrica: 125 mm

**Se recomienda instalar la rejilla de la bomba a 93,5 m, enfrentada a un tramo de tubería ciega. La bomba quedará junto a tubería de filtro de puentecillo; así se conseguirá una refrigeración de la bomba.**

**Se puede conseguir un caudal óptimo de explotación alrededor de los 9 l/s, según se puede deducir de la figura del ensayo de bombeo escalonado.**

## 9.2.- Incidencias.

El SONDEO ATASCADEROS tubo un comportamiento **surgente** a las 12 horas de finalizar la entubación. A las 24 horas emanaba 1 l/s de caudal y a los 2 días, 3,1 l/s. Hay que tener en cuenta que se entubó inyectando un elevado caudal de aire, con dos compresores en serie, por lo que hubo de pasar un tiempo para que recuperara el acuífero.

El ensayo de bombeo se inició el 22 de mayo de 1996 a las 17,45 horas y finalizó el día 23 a las 17,22 horas.

No se pudo utilizar la bomba encargada inicialmente a AFORMHIDRO porque la tubería mide de diámetro interior 246 mm y 256 mm de exterior (menos de lo proyectado). Entonces se optó por introducir otra bomba de menores dimensiones, capaz de desarrollar 20 l/s como máximo.

En cuanto al propio ensayo, no existieron incidencias dignas de resaltar. Se realizaron los siguientes pasos:

- 1º- un **ensayo de bombeo a caudal variable de 3 escalones** (5, 10 y 15 l/s) y con una duración de 30, 45 y 30 minutos, respectivamente.
- 2º- una **recuperación de 58 minutos** (48 minutos hasta que volvió a surgir el agua por la boca del sondeo, más 10 minutos para recuperar las pérdidas del acuífero.
- 3º- un **ensayo de bombeo de 720 minutos a caudal constante de 7 l/s.**
- 4º- una **recuperación de 50 minutos**, hasta que el agua volvió a surgir
- 5º- un **ensayo de bombeo final de 390 minutos a caudal constante de 9 l/s.**

6°- una **recuperación final de 82 minutos**, hasta que el sondeo volvió a ser surgente.

El agua del sondeo no está contaminada de limos aparentemente, tanto la que surge como la que se ha bombeado, ha estado siempre clara. Se han conseguido retener con el diseño de la entubación y del engravillado.

### 9.3.- Ensayo de bombeo escalonado.

Este ensayo de bombeo se ha compuesto de 3 escalones de diversa duración. Los caudales se han incrementado progresivamente: **5, 10 y 15 l/s**, respectivamente. Al final de 105 minutos de bombeo, el nivel del agua descendió hasta **27,09 m**. Las tablas VII, VIII y IX recogen los datos de los tres escalones de este ensayo de bombeo a caudal variable.

**El primer escalón** ha deprimido **3,62 metros**. Desde el primer instante del ensayo de bombeo, el sondeo dejó de ser surgente. Esto demuestra que el caudal óptimo de explotación no será muy elevado.

**TABLA VII. ENSAYO DE BOMBEO ESCALONADO. PRIMER ESCALÓN. SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN).**

TOPONIMIA: SONDEO ATASCADEROS. Santiago-Pontones  
INICIADO: 22-05-96      FINALIZADO: 23-05-96  
NIVEL ESTÁTICO: 0 m

Día	Hora	Minuto	N. Dinámico (m)	Depresión (m)	Caudal (l/s)	Observaciones
22-05-96		0	0	0	5	Surgente
"		1	1,84	1,84	"	Agua clara
"		3	2,33	2,33	"	"
"		5	2,79	2,79	"	"
"		10	2,84	2,84	"	"
"		15	2,89	2,89	"	"
"		20	3,20	3,20	"	"
"		25	3,41	3,41	"	"
"	½	30	3,62	3,62	"	"

**El segundo escalón** ha variado entre 3,62 m y 15,88 m, es decir, una depresión de **12,26 m** en 45 minutos.

**TABLA VIII. ENSAYO DE BOMBEO ESCALONADO. SEGUNDO ESCALÓN. SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN).**

TOPONIMIA: SONDEO ATASCADEROS. Santiago-Pontones (Jaén).  
 INICIADO: 22-05-96      FINALIZADO: 23-05-96  
 NIVEL ESTÁTICO: 0 m

Día	Hora	Minuto	N. Dinámico (m)	Depresión (m)	Caudal (l/s)	Observaciones
22-05-96		0	3,62	3,62	10	Agua clara
"		1	5,87	5,87	"	"
"		3	7,30	7,30	"	"
"		5	8,43	8,43	"	"
"		10	10,46	10,46	"	"
"		15	11,90	11,90	"	"
"		20	12,96	12,96	"	"
"		25	13,80	13,80	"	"
"	½	30	14,39	14,39	"	"
"		45	15,88	15,88	"	"

**El tercer escalón ha variado entre 15,88 m y 27,09 m, es decir, una depresión de 11,21 m en 30 minutos.**

**TABLA IX. ENSAYO DE BOMBEO ESCALONADO. TERCER ESCALÓN. SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN).**

TOPONIMIA: SONDEO ATASCADEROS. Santiago-Pontones (Jaén).  
 INICIADO: 22-05-96 FINALIZADO: 23-05-96  
 NIVEL ESTÁTICO: 0 m

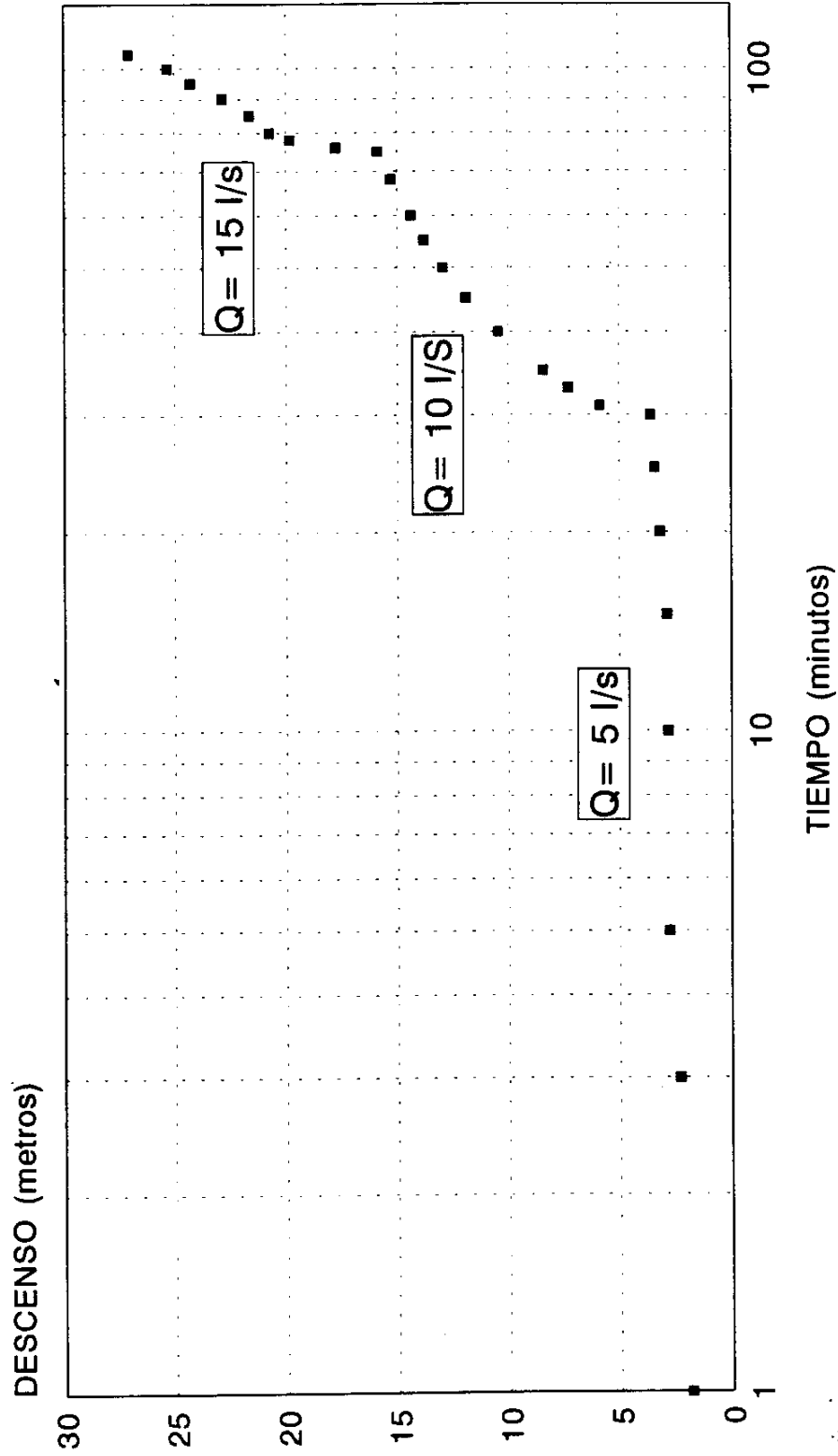
Día	Hora	Minuto	N. Dinámico (m)	Depresión (m)	Caudal (l/s)	Observaciones
22-05-96		0	15,88	15,88	15	Agua clara
"		1	17,75	17,75	"	"
"		3	19,82	19,82	"	"
"		5	20,73	20,73	"	"
"		10	21,65	21,65	"	"
"		15	22,86	22,86	"	"
"		20	24,29	24,29	"	"
"		25	25,32	25,32	"	"
"	½	30	27,09	27,09	"	"

En la siguiente página se recoge un gráfico semilogarítmico TIEMPO-DESCENSO (figura 7). No se observa falta de desarrollo en ninguno de los escalones. Hay que tener en cuenta que durante la perforación y la entubación se ha sobreexplotado el acuífero; se ha sometido a grandes presiones de aire, que habrán limpiado todas las fisuras. Otro hecho que confirma esto, es que el agua en todo momento del ensayo de bombeo ha salido clara.

Existe una casi total estabilización del nivel con el caudal de 5 l/s. La curva del bombeo de 10 l/s tiene una tendencia a la horizontalidad en las últimas medidas. Sin embargo, con 15 l/s, no se aprecia ninguna tendencia a estabilizar. En éste último escalón se ha generado un régimen turbulento.

La ecuación del pozo no se puede obtener, ya que el valor de n, dentro de la fórmula general  $d = A \times Q + B \times Q^n$ , no se puede calcular. Para ello debería de haber estabilizado el tercer escalón y haber conocido su depresión. Solamente se conocen los tres caudales y las dos depresiones siguientes:

# ENSAYO DE BOMBEO ESCALONADO SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN).



$Q_m = 864 \text{ m}^3/\text{día}$   
Figura nº 7

$$\begin{array}{ll} Q_1 = 432 \text{ m}^3/\text{día} & d_1 = 3,7 \text{ m} \\ Q_2 = 864 \text{ m}^3/\text{día} & d_2 = 1,29 \text{ m} \\ Q_3 = 1.296 \text{ m}^3/\text{día} & \end{array}$$

Además, el sondeo es surgente y no se conoce el nivel estático inicial, por lo que el valor de  $d_1$  no es exacto.

Por la misma razón, no se puede diseñar la curva característica del sondeo. Por tanto, no se puede obtener el caudal máximo de explotación, ni las pérdidas de carga. Tampoco se puede elaborar una tabla con los descensos a diferentes caudales.

Después de estos tres escalones, se ha previsto medir los niveles de recuperación durante 60 minutos. Pero el SONDEO ATASCADEROS volvió a emanar agua por su boca a los 48 minutos. De todas formas, para recuperar el acuífero, se esperó 58 minutos.

La tabla X recoge la variación de niveles con el tiempo.



TABLA X. ENSAYO DE RECUPERACIÓN TRAS EL ENSAYO DE BOMBEO ESCALONADO. SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN).

TOPONIMIA: SONDEO ATASCADEROS. Santiago-Pontones (Jaén).  
 INICIADO: 22-05-96 FINALIZADO: 23-05-96  
 NIVEL ESTÁTICO: 0 m

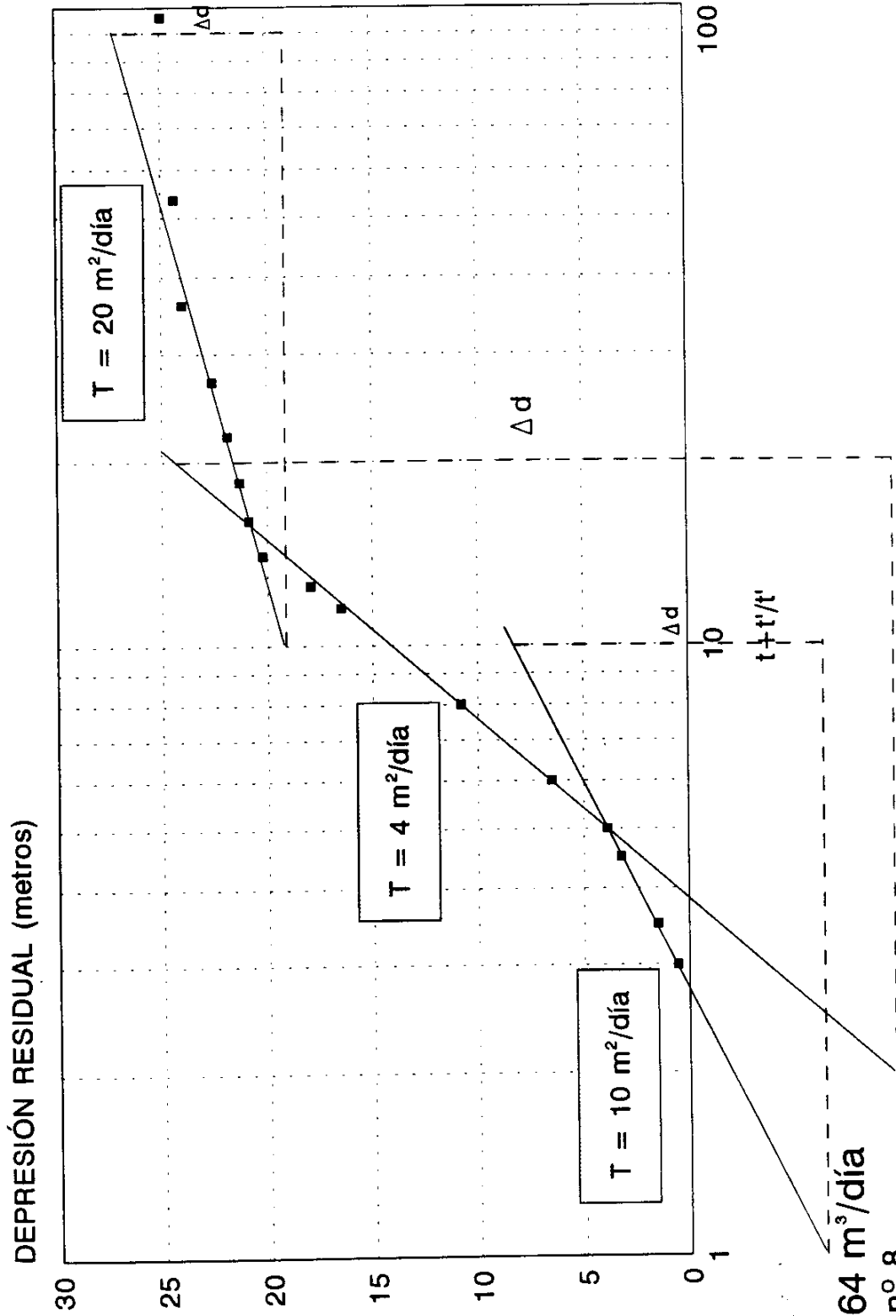
Día	Hora	Minuto	$t+t'/T'$	Nivel (m)	Dep. residual (m)	Observaciones
22-05-96		0		27,90	27,90	
"		1	106	24,93	24,93	
"		2	53,5	24,38	24,38	
"		3	36	24,00	24,00	
"		4	27,25	22,60	22,60	
"		5	22	21,89	21,89	
"		6	18,5	21,31	21,31	
"		7	16	20,88	20,88	
"		8	14,12	20,23	20,23	
"		9	12,67	17,95	17,95	
"		10	11,5	16,51	16,51	
"		15	8	10,80	10,80	
"		20	6,25	6,52	6,52	
"		25	5,2	3,89	3,89	
"	½	30	4,5	3,24	3,24	
"		40	3,62	1,50	1,50	
"		48	3,19	0,55	0,55	Surgente

Nota: Se dejó recuperar el sondeo durante 58 minutos, antes de iniciar un ensayo de bombeo a caudal constante.

La recuperación del bombeo escalonado se ha representado en el gráfico semilogarítmico  $t+t'/t$ /DEPRESIÓN RESIDUAL de la figura 8. Se pueden ajustar tres rectas que permiten obtener las transmisividades mediante el método de Jacob:

# RECUPERACIÓN DEL ENSAYO DE BOMBEO ESCALONADO

## SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN)



$Q_m = 864 \text{ m}^3/\text{día}$

Figura nº 8

$$T_1 = 20 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$T_2 = 4 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$T_3 = 10 \text{ m}^2/\text{día}$$

Se obtienen tres valores de transmisividad porque reflejan la existencia de intercalaciones dolomíticas, margosas y calizas con diferentes permeabilidades. Esto provoca en el acuífero un **efecto multicapa**, que posiblemente origine la surgencia por la boca del sondeo.

Las rectas de los momentos finales de la recuperación, es decir, las de transmisividades de 4 y 10 m<sup>2</sup>/día, cortan al eje de abscisas (X). Esto implica que el sondeo sufre un **efecto de recarga**, posiblemente motivado ser un acuífero multicapa, por el comportamiento surgente y, en menor medida, por la infiltración del agua del el Arroyo de las Hazadillas.

El valor más bajo de  $T_2 = 4 \text{ m}^2/\text{día}$  se debe al efecto de recarga en un tramo margoso.

#### 9.4.- Ensayos de bombeo a caudal constante.

Inicialmente se estableció un ensayo de bombeo a caudal contante de **7 l/s**. Como puede comprobarse en la tabla XI no llegó a estabilizar el nivel, pero los débiles descensos finales pueden considerarlo así, a efectos prácticos. Siempre se ha bombeado con un régimen de flujo laminar.

Este ensayo de bombeo se inició durante la tarde del 22 de mayo de 1996 y finalizó a las 8,30 horas del día 23. La duración total fue de **720 minutos**. El sondeo evolucionó desde un comportamiento surgente, hasta deprimir **14,69 metros**. La tabla XI recoge la evolución de los niveles de este primer ensayo de bombeo a caudal contante de 7 l/s. En la primera medida, el sondeo dejó de ser surgente. Esto demuestra que el caudal óptimo de explotación no será muy elevado.

TABLA XI. PRIMER ENSAYO DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE. SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN).

TOPONIMIA: SONDEO ATASCADEROS. Santiago-Pontones (Jaén).

INICIADO: 22-05-96 FINALIZADO: 23-05-96

NIVEL ESTÁTICO: 0 m

Día	Hora	Minuto	N. Dinámico (m)	Depresión (m)	Caudal (l/s)	Observaciones
22-05-96		0	0	0	7	Surgente
"		1	3,46	3,46	"	Agua clara
"		3	3,80	3,80	"	"
"		5	4,59	4,59	"	"
"		10	5,91	5,91	"	"
"		15	6,86	6,86	"	"
"		20	7,56	7,56	"	"
"		25	8,15	8,15	"	"
"	½	30	8,57	8,57	"	"
"		45	9,42	9,42	"	"
"	1	60	10,25	10,25	"	"
"	1½	90	10,95	10,95	"	"
23-05-96	2	120	11,63	11,63	"	"
"	2½	150	12,00	12,00	"	"
"	3	180	12,55	12,55	"	"
"	3½	210	12,65	12,65	"	"
"	4	240	12,83	12,83	"	"
"	5	300	13,19	13,19	"	"
"	6	360	13,61	13,61	"	"
"	7	420	14,24	14,24	"	"
"	8	480	14,37	14,37	"	"
"	9	540	14,41	14,41	"	"
"	10	600	14,56	14,56	"	"
"	11	660	14,64	14,64	"	"
"	12	720	14,69	14,69	"	"

La figura semilogarítmica nº 9 recoge los descensos (metros) con respecto al tiempo (minutos). Se ha ajustado una recta con un valor de transmisividad de:

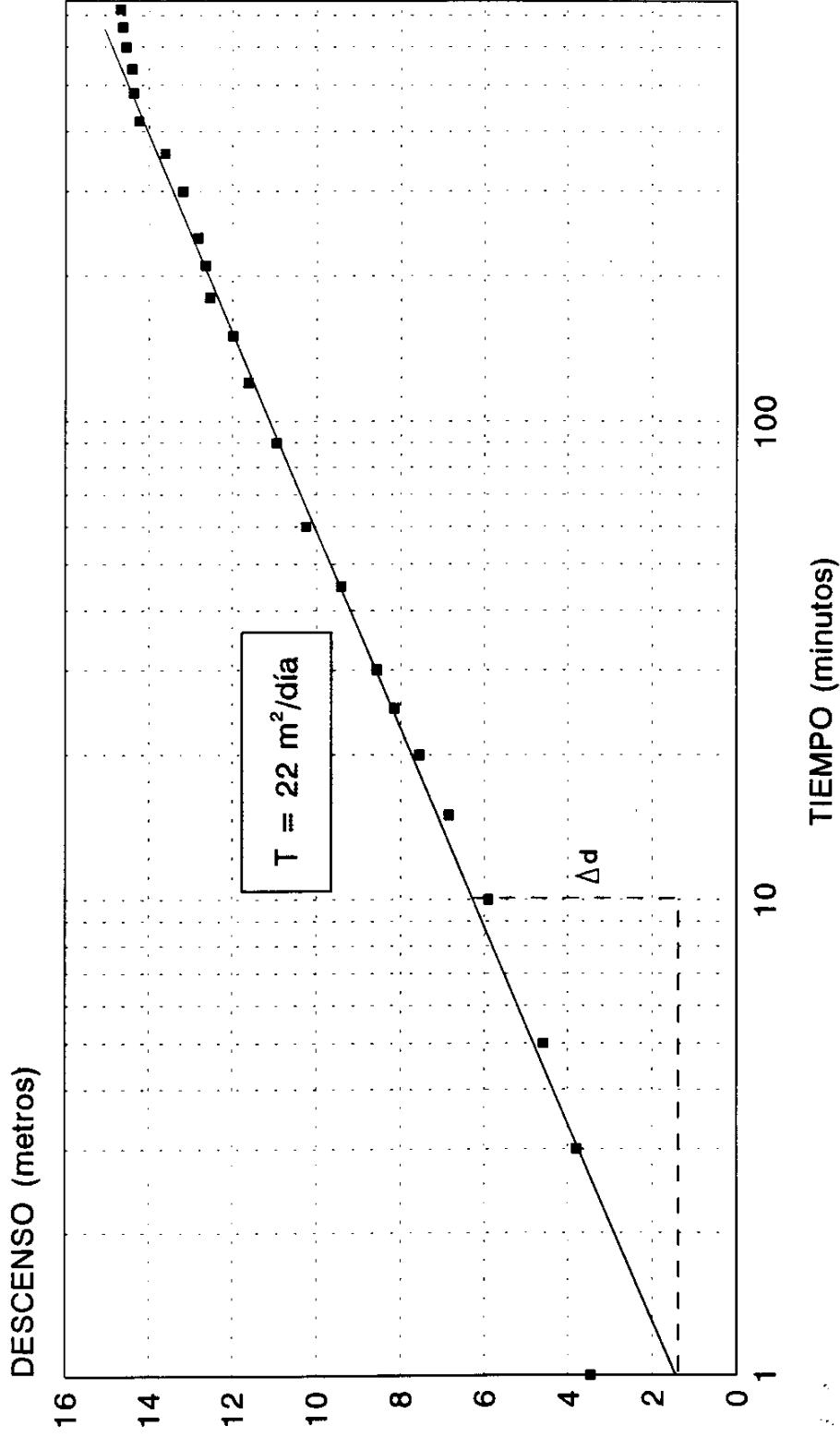
$$T_4 = 22 \text{ m}^2/\text{día}.$$

Este valor de T es fiable porque se ha bombeado durante más tiempo y afecta a una zona del acuífero más extensa.

Después del escaso descenso del nivel con respecto a la profundidad total del sondeo, y la tendencia a la estabilización, se ha decidido realizar otro ensayo a caudal constante un poco más elevado. Antes se ha medido los niveles de recuperación durante 50 minutos. El SONDEO ATASCADEROS volvió a emanar agua por su boca después de este tiempo. La tabla XII recoge la variación de niveles con el tiempo.

# PRIMER ENSAYO DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE

## SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN)



$Q_m = 604,8 \text{ m}^3/\text{día}$   
Figura nº 9

TABLA XII. ENSAYO DE RECUPERACIÓN TRAS EL PRIMER ENSAYO DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE. SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN).

TOPONIMIA: SONDEO ATASCADEROS. Santiago-Pontones (Jaén).  
 INICIADO: 22-05-96 FINALIZADO: 23-05-96  
 NIVEL ESTÁTICO: 0 m

Día	Hora	Minuto	$t+t'/T'$	Nivel (m)	Dep. residual (m)	Observaciones
23-05-96		0		14,69	14,69	
"		1	886	12,13	12,13	
"		2	443,5	11,08	11,08	
"		3	296	10,03	10,03	
"		4	222,2	9,15	9,15	
"		5	178	8,33	8,33	
"		6	148,5	7,52	7,52	
"		7	127,4	6,87	6,87	
"		8	111,6	6,28	6,28	
"		9	99,33	5,73	5,73	
"		10	89,5	5,16	5,16	
"		15	60	4,13	4,13	
"		20	45,25	3,28	3,28	
"		25	36,4	2,60	2,60	
"	½	30	30,5	2,06	2,06	
"		40	23,12	1,18	1,18	
"		50	18,7	0,55	0,55	Surgente

La recuperación del primer bombeo a caudal constante se ilustra en la figura 10. Las dos rectas trazadas permiten calcular dos transmisividades:

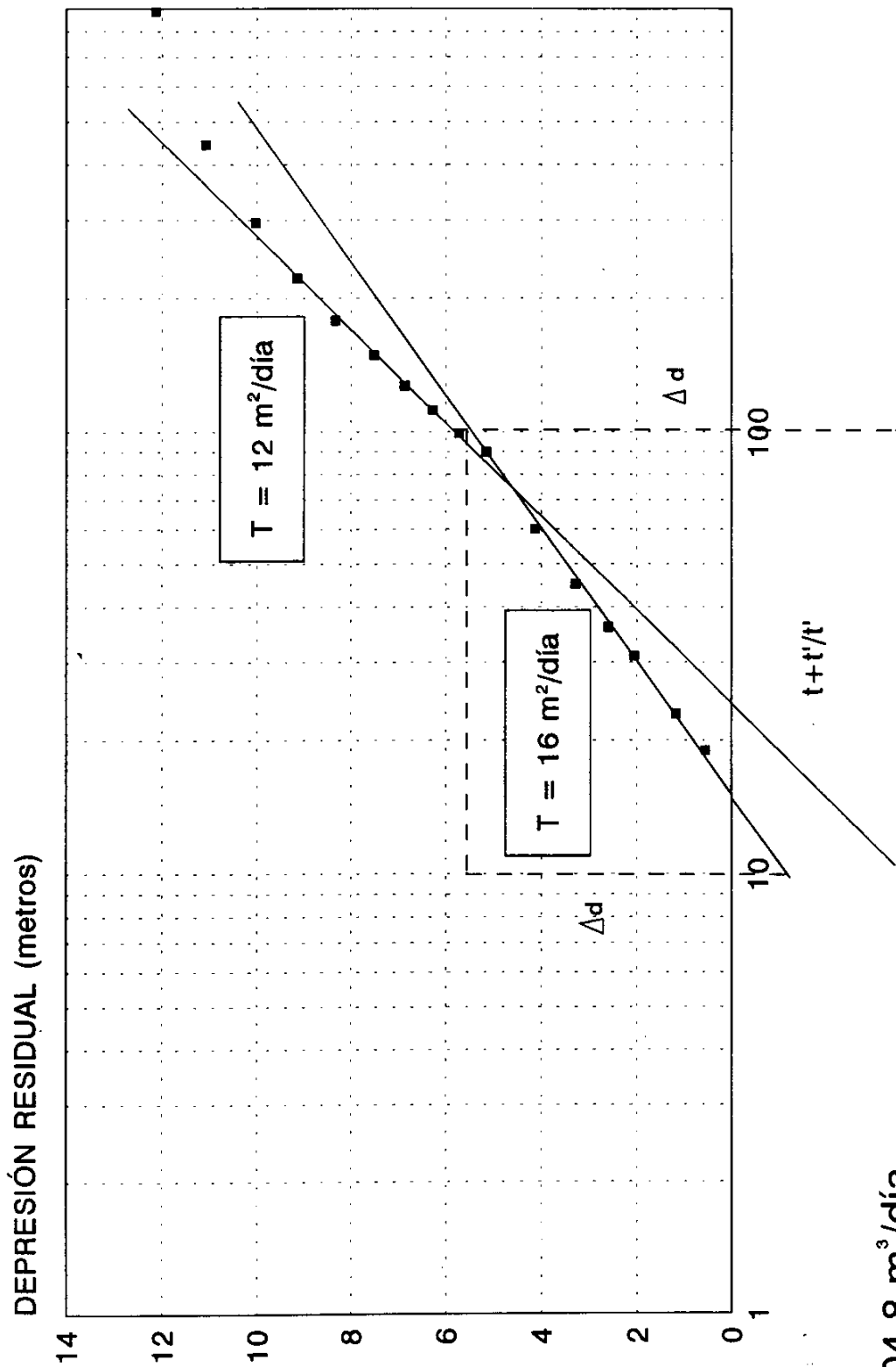
$$T_s = 12 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$T_o = 16 \text{ m}^2/\text{día}$$



# RECUPERACIÓN DEL PRIMER BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE

SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN)



$Q_m = 604,8 \text{ m}^3/\text{día}$   
 Figura nº 10

De estos dos valores, es más fiable  $T_6$ , que se corresponde con un mayor período de recuperación y se aproxima más al valor de  $T_4$  del bombeo. Los diferentes pendientes reflejan unas recargas en niveles de distinta litología carbonatada. Igualmente, las rectas cortan al eje X, lo que explica la recarga del acuífero por el efecto multicapa, la surgencia del sondeo y la infiltración desde el arroyo.

Se continuó con un ensayo de caudal constante de **9 l/s durante 390 minutos**. Como puede comprobarse en la tabla XIII no llegó a estabilizar el nivel, pero la tendencia era a no variar en pocas horas.

Se inició a las 9,30 horas, aproximadamente, del día 23. La duración total ha sido **390 minutos**. El sondeo evolucionó desde un comportamiento surgente hasta deprimir **22,53 metros**. La tabla XIII recoge la evolución de los niveles del ensayo de bombeo final con el tiempo, a caudal constante de 9 l/s.

TABLA XIII. ENSAYO DE BOMBEO FINAL A CAUDAL CONSTANTE. SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN).

TOPONIMIA: SONDEO ATASCADEROS. Santiago-Pontones (Jaén).  
 INICIADO: 22-05-96 FINALIZADO: 23-05-96  
 NIVEL ESTÁTICO: 0 m

Día	Hora	Minuto	N. Dinámico (m)	Dapresión (m)	Caudal (l/s)	Observaciones
23-05-96		0	0	0	9	Surgente
"		5	6,60	6,60	"	Agua clara
"		10	8,79	8,79	"	"
"		15	10,40	10,40	"	"
"		20	11,60	11,60	"	"
"		25	12,71	12,71	"	"
"	½	30	13,33	13,33	"	"
"		45	14,83	14,83	"	"
"	1	60	16,31	16,31	"	"
"	1½	90	17,76	17,76	"	"
"	2	120	18,43	18,43	"	"
"	2½	150	19,26	19,26	"	"
"	3	180	20,14	20,14	"	"
"	3½	210	20,76	20,76	"	"
"	4	240	20,91	20,91	"	"
"	5	300	21,77	21,77	"	"
"	6	360	22,25	22,25	"	"
"	6½	390	22,53	22,53	"	"

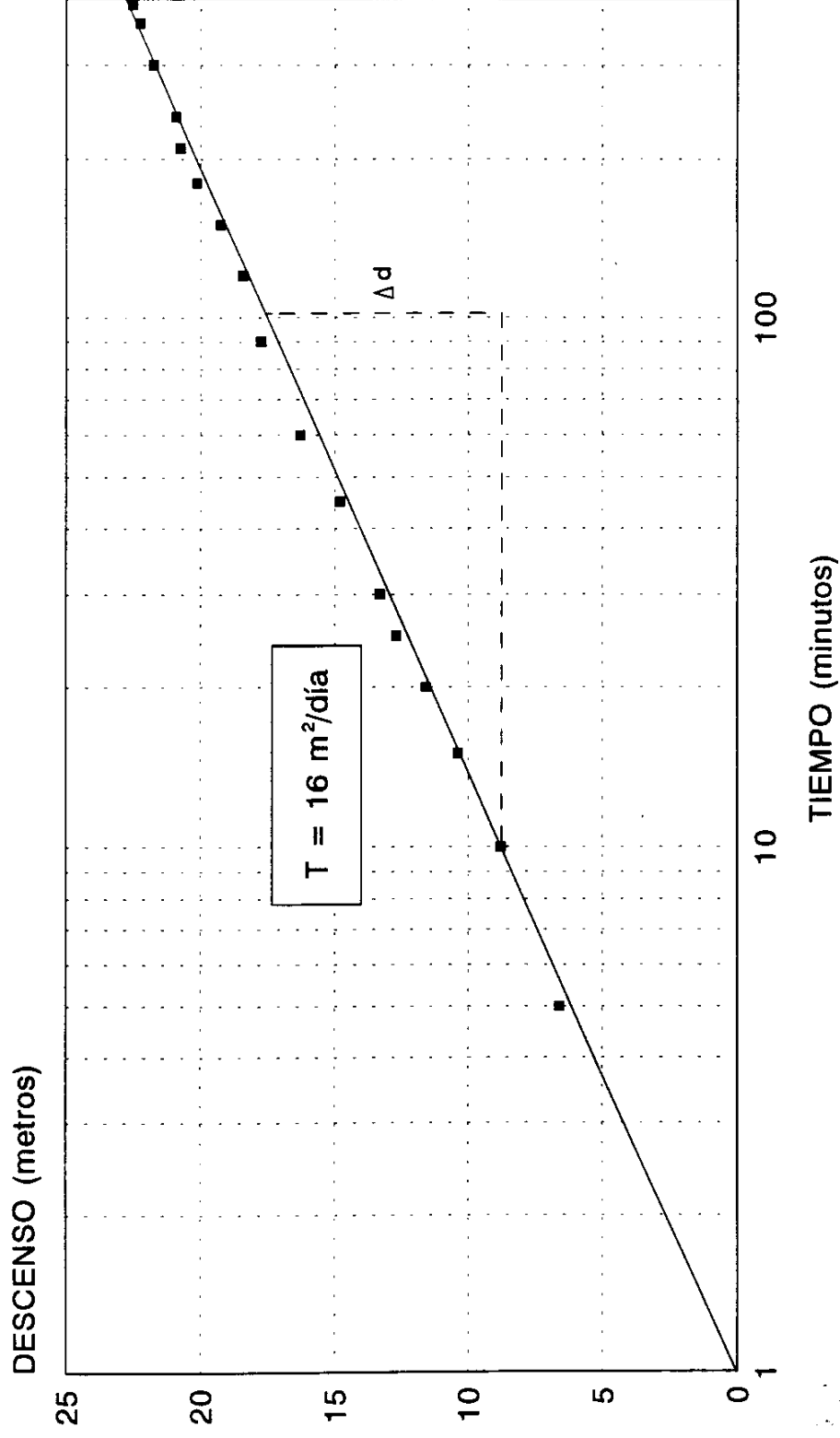
Aplicando Jacob (figura 11), se ha obtenido un valor de transmisividad de:

$$T_7 = 16 \text{ m}^2/\text{día}$$

Este valor se asemeja al de  $T_4$  y es igual al de  $T_6$ ; por tal razón es un valor muy fiable.

# ENSAYO DE BOMBEO FINAL A CAUDAL CONSTANTE

## SONDEO ATASCADROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN)



$Q_m = 777,6 \text{ m}^3/\text{día}$   
Figura nº 11

La recuperación de niveles finales duró solamente **82 minutos**, ya que volvió a surgir el agua. La tabla XIV recoge la evolución del ascenso de los mismos.

**TABLA XIV. ENSAYO DE RECUPERACIÓN FINAL TRAS EL ENSAYO DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE. SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN).**

TOPONIMIA: SONDEO ATASCADEROS. Santiago-Pontones (Jaén).

INICIADO: 22-05-96 FINALIZADO: 23-05-96

NIVEL ESTÁTICO: 0 m

Día	Hora	Minuto	t+t'/t'	Nivel (m)	Dep. residual (m)	Observaciones
23-05-96		0		22,53	22,53	
"		1	1326	21,62	21,62	
"		2	663,5	21,19	21,19	
"		3	442,6	20,81	20,81	
"		4	332,2	20,11	20,11	
"		5	266	18,46	18,46	
"		6	221,8	17,24	17,24	
"		7	190,3	16,32	16,32	
"		8	166,6	15,40	15,40	
"		9	148,2	14,52	14,52	
"		10	133,5	13,72	13,72	
"		15	89,33	10,46	10,46	
"		20	67,25	7,86	7,86	
"		25	54	5,97	5,97	
"	½	30	45,17	4,32	4,32	
"		40	34,12	3,43	3,43	
"		50	27,5	2,44	2,44	
"	1	60	23,08	1,72	1,72	
"		70	19,93	1,10	1,10	
"		80	17,56	0,65	0,65	
"		82	17,16	0,55	0,55	Surgente

Se han trazado dos rectas en la figura 12, que han servido para obtener las siguientes transmisividades:

$$T_8 = 7 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$T_9 = 15 \text{ m}^2/\text{día}$$

El primer valor se corresponde con la recuperación en una zona margosa del acuífero (más impermeable). La segunda transmisividad se aproxima a las más acordes dentro del acuífero, e indica una recarga en un tramo más permeable. Este gráfico también indica el efecto de recarga.

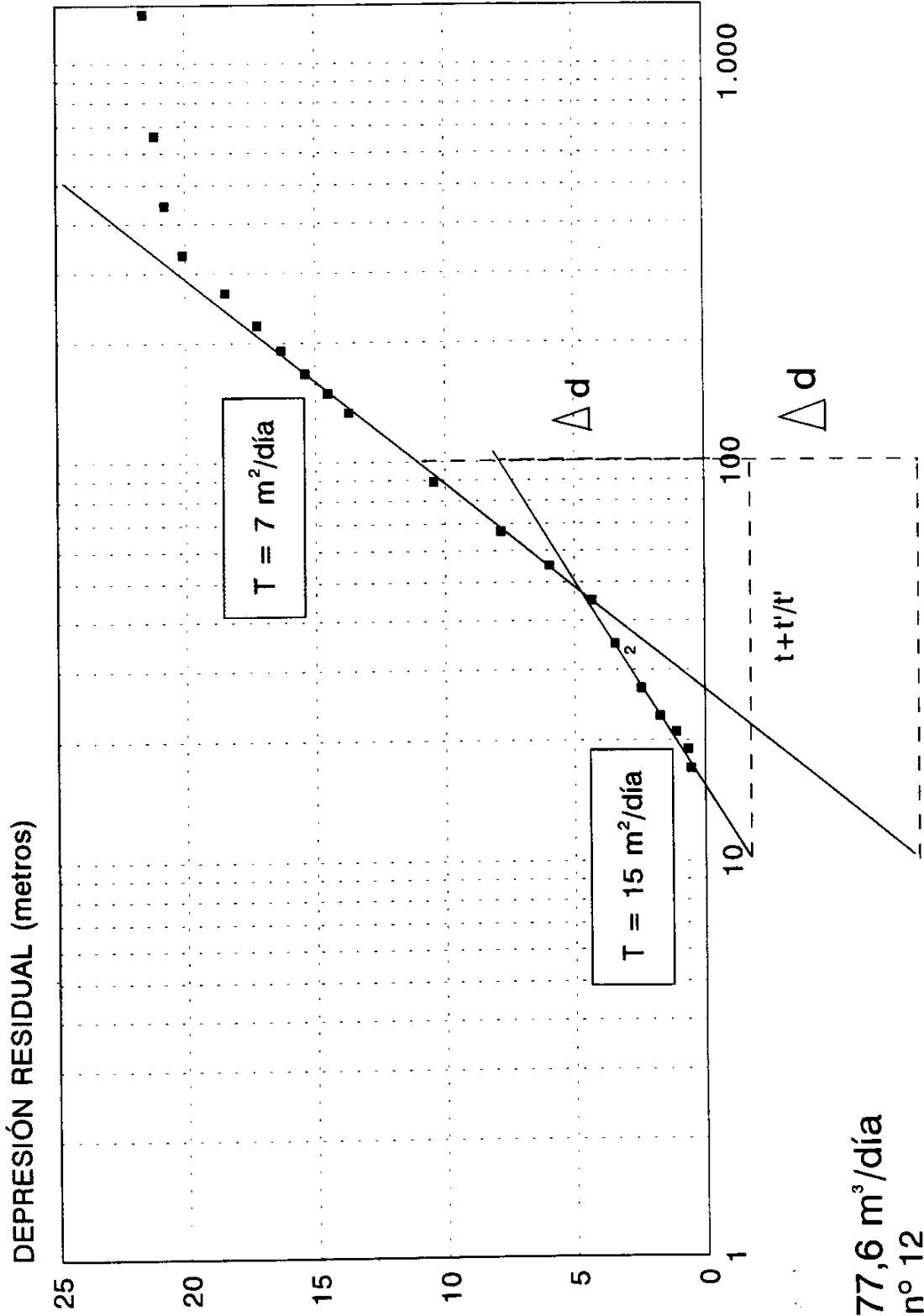
El caudal surgente a las 24 horas después de haberse iniciado el ensayo de bombeo es de 2,1 l/s, es decir, 1 l/s menos que justo antes de haber comenzado.

Durante el ensayo de bombeo no se recogió ninguna muestra para un análisis bacteriológico y físico-químico oficial. Se debe avisar al organismo competente para realizarlo.

Dadas las características de la litología perforada es de esperar unas facies bicarbonatadas cálcico-magnésicas. La conductividad prevista estará entre 250 y 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que demuestra una baja mineralización. No es previsible ninguna contaminación orgánica, ya que no se ha detectado en ninguno de los manantiales de la Sierra de Segura. Los limos en suspensión no es previsible que se detecten en el análisis, ya que el agua se ha observado siempre clara durante el ensayo de bombeo.

# RECUPERACIÓN DEL ENSAYO DE BOMBEO FINAL A CAUDAL CONSTANTE

## SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN)



$Q_m = 777,6 \text{ m}^3/\text{día}$   
 Figura nº 12

## **9.5.- Conclusiones.**

El ensayo de bombeo del SONDEO ATASCADEROS ha durado **23 horas y 37 minutos.**

La empresa que ha ejecutado el mismo ha sido AFORMHIDRO para la empresa adjudicataria de la obra HIDROELECTRO DE CAZORLA, S.C.A.

Estas labores se han compuesto de un ensayo de bombeo escalonado con incremento progresivo de caudal, y dos bombeos a caudales constantes de 7 y 9 l/s, con sus respectivas recuperaciones.

El diseño de la entubación y del engravillado ha conseguido retener los limos en suspensión, que se detectaron durante las labores de perforación.

No se ha podido diseñar la curva característica del sondeo, ni elaborar una tabla definitiva de descenso con respecto a diferentes caudales. Se debe a por la falta de estabilidad del tercer escalón y por el carácter surgente del sondeo.

La transmisividad más fiable del acuífero esta comprendida ente **16 y 22 m<sup>2</sup>/día.**

Por las características de evolución de los niveles, se puede afirmar que el acuífero es capaz de soportar una explotación de **8 l/s en régimen continuo.**

Se recomienda instalar la rejilla de la bomba definitiva a **93,5 m**, que es la misma profundidad a la que se ha instalado la del ensayo de bombeo.

Se debe realizar un análisis físico-químico y bacteriológico oficial del agua del sondeo.

Las facies de las aguas deben ser **bicarbonatadas cálcico-magnésicas.**



## 10.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS E INCIDENCIAS.

El SONDEO ATASCADEROS se inició el 8 de mayo de 1996 a las 13,00 horas. Los primeros 10,5 metros de perforación fueron muy lentos, hasta que se sobrepasaron las gravas y arenas fluviales y de pie de monte. Hubo que emboquillarlos con una tubería auxiliar de revestimiento de 250 mm de diámetro. El diámetro interior de investigación se inició con 220 mm.

Se detectó el primer nivel de agua a los 7 metros, dentro de las gravas, pero aportaba un caudal inferior a 0,5 l/s. A los 10,5 m se atravesó el contacto entre estos depósitos cuaternarios y los materiales carbonatados cretácicos (margocalizas con margas arenosas grises). A los 18 metros se apreció la existencia de un hueco.

El caudal se incrementó a 1 l/s a los 34 m, coincidiendo con una fractura. A los 42 m se elevó a 2 l/s. En estos instantes la contaminación de limos en suspensión era muy notable. A los 44 y 48 m se detectaron una serie de huecos. La máquina se movió un poco a los 57 m cuando se sometió a sobrepresión en un golpe del compresor, pero se corrigió la posición.

El día finalizó con 63 m perforados, con una estimación de caudal de 2,5 l/s, con el agua contaminada de limos grises en suspensión.

Al principio de la mañana del día 9 se continuó con la perforación. Antes de iniciarla se limpiaron 7 u 8 m de desprendimientos con el aire del compresor y el martillo. Cuando se llevaban perforados 66 m se instaló un segundo compresor.

Fue necesario traer un camión de grava de una cantera próxima para conducir el agua del sondeo y evitar que se encharcara el camino colindante.

Estos trabajos se abandonaron a las 5 de la madrugada del día 18 porque no se conseguía descender la tubería. La gran presión de aire hizo abrir un gran hueco entre los 10,5 m más superficiales de gravas, tal y como se podía comprobar en el detritus.

Se continuó trabajando el día 20. Se empezó por sacar un tramo de tubería de filtro de puentecillo que estaba deformado y se continuó descendiendo lentamente. A las 20 horas se finaliza la entubación hasta 105 m y se inicia el engravillado silíceo (3-6 mm) a continuación.

El día 21 se terminó de engravillar el sondeo, entre el metro 14,80 y el 10,50 con grava calcárea (3-6 mm) de una cantera próxima. Se cementó el anular, en el que ha cabido 3,5 m<sup>3</sup> de hormigón, entre el metro 10,50 y 4,30.

El ensayo de bombeo del SONDEO ATASCADEROS se inicia el día 22 de mayo de 1996 a las 17,48 horas. Las incidencias del mismo se recogen en el apartado 9.2. Hay que destacar que al medir la profundidad de la perforación con una sonda se comprueba que este solamente tiene 100,5 m. Esto indica que los materiales margosos han entrado por el interior del tubo hasta esta profundidad.

No se pudo iniciar el ensayo con la bomba contratada porque la tubería tiene un diámetro inferior al encargado en el proyecto. Concretamente, se había señalado un diámetro interior de 250 mm y la tubería tiene 246 mm de interior y 256 de exterior. Se introdujo una bomba de 20 l/s.

El ensayo finaliza con la recuperación del segundo bombeo a caudal contante, a las 17 horas y 23 minutos. El caudal surgente a las 24 horas después de iniciar el ensayo es de 2,1 l/s

## 11.- CONCLUSIONES.

- El SONDEO ATASCADEROS ha sido una obra adjudicada por un procedimiento de urgencia. Los organismos públicos, empresas y personal técnico que han intervenido se recogen en la tabla XV.

**TABLA XV. LABORES Y FUNCIONES DE LOS ORGANISMOS PÚBLICOS, EMPRESAS Y PERSONAL TÉCNICO EN EL SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (JAÉN).**

ORGANISMO PÚBLICO	EMPRESA	PERSONAL TÉCNICO	LABORES Y FUNCIONES
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES	-	-	Financiación y coordinación de las obras. Memoria final y propuesta de explotación. Convenio COPYT-ITGE.
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA (ITGE)	-	-	Coordinación y financiación en el proyecto de investigación dentro del convenio Diputación-ITGE. Control técnico de las obras. Memoria final y propuesta de explotación. Convenio COPYT-ITGE.
EXCELENTÍSIMO AYUNTAMIENTO DE SANTIAGO-PONTONES	-	-	Archivo de datos y otros tipos de ayudas.
EXCELENTÍSIMA DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE JAÉN	-	-	Coordinación y financiación en el proyecto de investigación dentro del convenio Diputación-ITGE.
-	HIDROELECTRO DE CAZORLA, S.C.A.	-	Empresa adjudicataria de la obra. Seguimiento de las labores.
-	TECNOLOGÍA Y GEOAMBIENTE, S.A. (TEYGESA)	-	Consultora y estudio hidrogeológico.
-	-	ANDRÉS, SANTIAGO MARTÍN	Asesoramiento, control técnico, seguimiento y dirección de la obra.
-	SONDEOS ANDALUCÍA, S.L.	-	Ejecutora del sondeo.
-	AFORMHIDRO	-	Realización del ensayo de bombeo.

- El proyecto ha consistido en la realización de un sondeo entubado y un ensayo de bombeo.

- La obra se localiza a unos 600 m al NO del núcleo de población Los Atascaderos, dentro del término municipal de Santiago-Pontones. Las coordenadas UTM de la misma son:

$$X = 534.775 \quad Y = 4.216.350 \quad Z = 1.318$$

- El SONDEO ATASCADEROS se ha proyectado para abastecer a Los Teatinos y Los Atascaderos (pedanías de Santiago-Pontones), que necesitan un caudal de 1,3 l/s en régimen continuo.

- Geológica y regionalmente, la zona de estudio se engloba dentro de la Unidad de la Sierra de Segura. Los materiales del entorno son de naturaleza carbonatada, fundamentalmente, y detrítica. Pertenecen al Cretácico, Terciario pre-orogénico, Terciario post-orogénico y Cuaternario.

- El sondeo se ha marcado dentro de la Subunidad Hidrogeológica de Almorchón, que se incluye dentro de la Unidad de Quesada-Castril. La base impermeable está constituida por las margas arenosas de la Formación Utrillas. El acuífero está formado por materiales carbonatados del Albiense-Turolense y, en menor proporción, por calizas miocenas.

- Por lo general, las aguas de la Sierra de Segura presentan facies bicarbonatadas cálcico-magnésicas, pero están poco mineralizadas. Las conductividades oscilan entre 250 y 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

- El estudio de TEYGESA propuso dos alternativas para la obra. Se eligió la del Arroyo de las Hazadillas por facilidad de acceso, emplazamiento, la proximidad de los núcleos de población y de los depósitos reguladores y evitar diversos problemas.

- La columna litológica del sondeo se puede resumir de la siguiente forma:

- De 0 a 3 m: Conglomerados y arenas fluviales.
- De 3 a 10 m: Gravas y arenas de derrubios de ladera.
- De 10 a 93 m: Calizas, margocalizas y dolomías grises con intercalaciones de margas arenosas.
- De 93 a 117 m: Margas arenosas grises, con delgadas intercalaciones de caliza margosa.

- Los niveles de agua se cortaron a diversas profundidades. En días siguientes a la finalización de la entubación, surgía artesianamente un caudal de 3,1 l/s.

- Se ha perforado con la técnica de rotopercusión con martillo en fondo.

- Los diámetros de la perforación han quedado de la siguiente forma:

- De 0 a 9,53 m con 450 mm,
- de 9,53 a 111 m, con 350 mm, y
- de 111 a 117 m, con 220 mm

- Los desprendimientos de las paredes del sondeo han sido muy frecuentes; los metros finales se han derrumbado.

- Se han utilizado los siguientes tipos y metros de tubería metálica de 5 mm de espesor de chapa y 250 mm de diámetro:

- 40,5 m de tubería ciega.
- 61,5 m de filtro de puentecillo de 1,5 mm de abertura.
- 3 m de filtro de puentecillo de 2 mm de abertura.

- Se ha emboquillado utilizando 10 m de tubería ciega de 415 mm de diámetro y 6 mm de espesor de chapa.

- La tubería en el sondeo ha entrado forzada, con una gran presión de aire para limpiarlos desprendimientos y empujando con la cabeza de rotación. Antes de introducirla hubo que moldearla a golpes para conseguir la forma redondeada de las bases de las cañas, porque se habían traído con este defecto.

- Se ha rellenado el espacio anular del sondeo con grava silíceas de 3 a 6 mm, entre el final del sondeo y el metro 14,80. Se calcula que se habrán utilizado 11,79 Tm. Para terminar de completar entre el metro 14,80 y 10,50 se ha utilizado grava calcárea.

- Se ha cementado desde la superficie hasta los 10,50 m. Se han empleado más de 3,5 m<sup>3</sup> de hormigón. Este volumen indica grandes desprendimientos en las gravas superficiales.

- La profundidad del SONDEO ATASCADEROS, medida antes de iniciar el ensayo de bombeo, es de 100,5 m. Esto supone que los desprendimientos han tapado los 16,5 m finales.

- La obra ha sufrido diversas incidencias que prolongó las labores de perforación y entubación más de lo normal. Fundamentalmente han estado ocasionadas por los desprendimientos y las inestabilidades de las paredes del sondeo.

- El ensayo de bombeo se ha contratado a la empresa AFORMHIDRO. Ha durado 23 horas y 37 minutos. Ha constado de un ensayo escalonado (3 escalones) y dos a caudal constante con sus respectivas recuperaciones.

- No se puede calcular la ecuación general del sondeo, ni realizar una tabla de descensos para diferentes caudales, porque el tercer escalón no estabilizó el nivel y por el carácter surgente del mismo.

- Se han obtenido diferentes transmisividades en los distintos ensayos. Los valores más acordes para el acuífero oscilan entre 16 y 20 m<sup>2</sup>/día.

- Los diferentes valores de la transmisividad, demuestra un efecto multicapa dentro del acuífero. En las gráficas se aprecia claramente el efecto de recarga por la surgencia del sondeo y, en menor medida, por la infiltración de las aguas del Arroyo de las Hazadillas.

## 12.- RECOMENDACIONES.

**1) Aprovechar el agua de los manantiales** de los que se han estado abasteciendo hasta ahora Los Atascaderos y Los Teatinos.

**2) Es aconsejable instalar la rejilla de la bomba definitiva de explotación a una profundidad de 93,5 m,** donde se encontrará enfrentada a un tramo de tubería ciega.

**3) No se debe sobrepasar un caudal de explotación de 8 l/s,** en régimen continuo.

**4) Al ser posible, se debe prolongar la explotación de la demanda diaria durante el máximo número de horas.** Si somete al sondeo a una intensa extracción durante poco tiempo, existe un doble riesgo:

- llamada de limos, y
- favorecer los desprendimientos de las paredes.

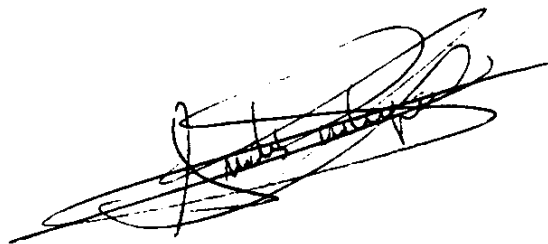
**5) Una actuación puede ser explotar el caudal necesario, distribuido en las horas valle con la máxima duración posible.** Así el agua permanecerá en régimen laminar y se evitara las turbulencias dentro del sondeo.

**6) No se debe realizar ningún otro sondeo a menos de 200 m** en el Arroyo de las Hazadillas, para evitar la removilización de los limos de la formación geológica e impedir la contaminación de los sondeos.



7) Se recomienda efectuar un **análisis sanitario del agua**, por un organismo oficial y competente para certificar su calidad. Este debe ser físico-químico y bacteriológico.

8) En caso de detectarse alguna contaminación de limos, hecho que se cree poco probable si se siguen los consejos anteriores, se debe **desarrollar el sondeo**, incrementando los caudales progresivamente en escalones de 0,5 l/s, comenzando por 1 l/s. En cada uno de ellos hay que conseguir anular la turbidez del agua. No se recomienda utilizar este agua del desarrollo para el abastecimiento, sino dejarla correr por el Arroyo de las Hazadillas.



*Fdo.: Andrés, Santiago Martín*

*En Jun (Granada), agosto de 1996*

**REPORTAJE FOTOGRÁFICO.**



FOTO 1. HIDROELECTRO DE CAZORLA, S.C.A. ha subcontratado a SONDEOS ANDALUCÍA, S.L. los trabajos de perforación. La máquina utilizada ha sido una SEGOQUI 1900.

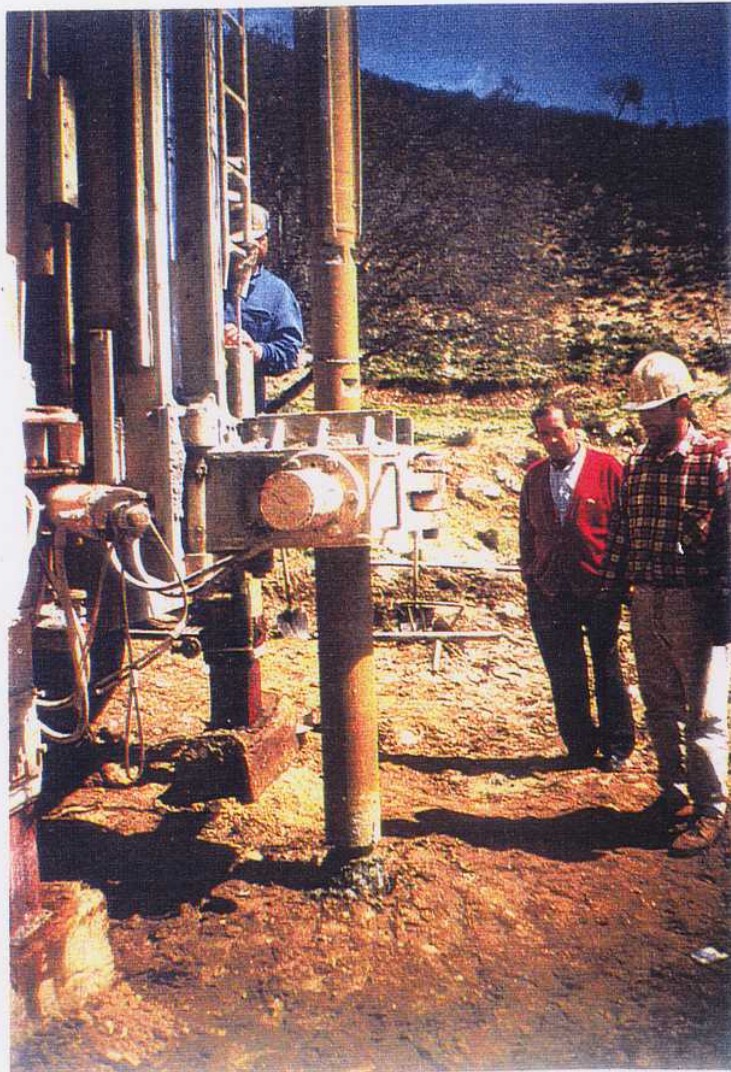


FOTO 2. Inicio del SONDEO ATASCADEROS (Santiago-Pontones, Jaén).



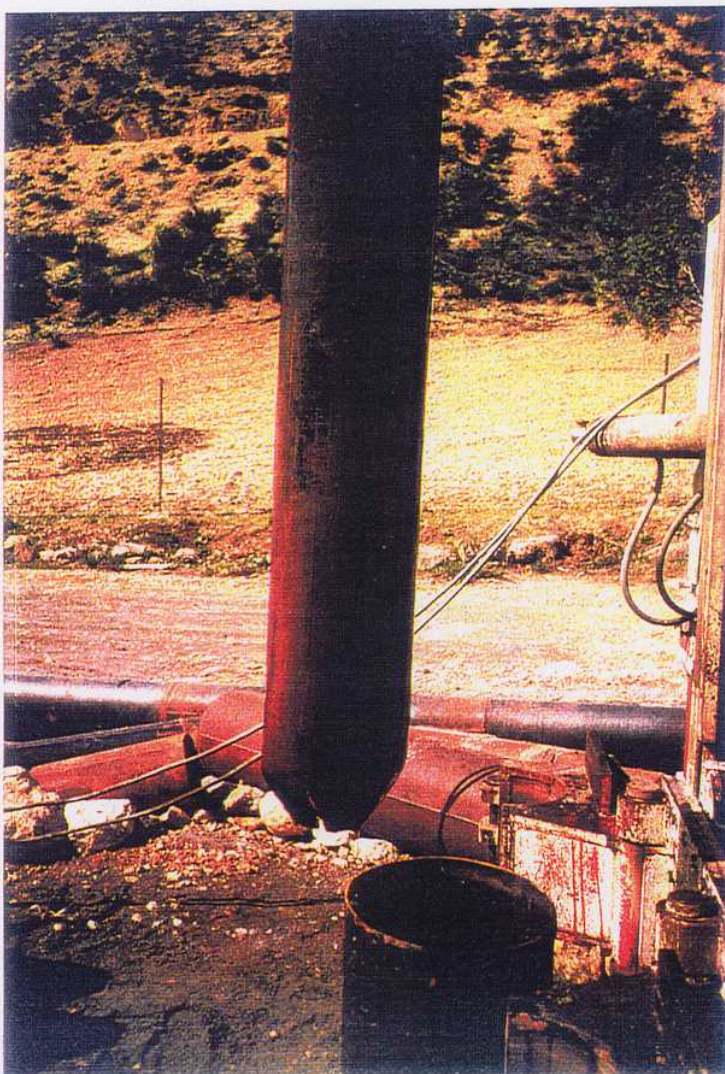
**FOTO 5.** Labores de empalme de las tuberías de filtro de puentecillo con soldadura electrógena. SONDEO ATASCADEROS (Santiago-Pontones, (Jaén).



**FOTO 6.** Introducción y empalme de tuberías dentro del SONDEO ATASCADEROS.



**FOTO 3.** Labores de perforación a rotopercusión durante la investigación. Profundidad de 84 m con un caudal de 5 ó 6 l/s. SONDEO ATASCADEROS.



**FOTO 4.** Forma cónica truncada de la base de la entubación. SONDEO ATASCADEROS (Santiago-Pontones, Jaén).



**FOTO 9.** Entubación de los metros finales del SONDEO ATASCADEROS. Hubo que trabajar con grandes presiones de aire y empujando la cabeza rotatoria, lo que provocó el levantamiento de grandes columnas de agua.



**FOTO 10.** Labores de engravillado síliceo del cilindro anular entre la tubería y las paredes del SONDEO ATASCADEROS (Santiago-Pontones, Jaén).



FOTO 7. Las tuberías tenían cierta deformación y fue necesario enderezarlas a golpe de maza. SONDEO ATASCADEROS. SANTIAGO-PONTONES (Jaén).

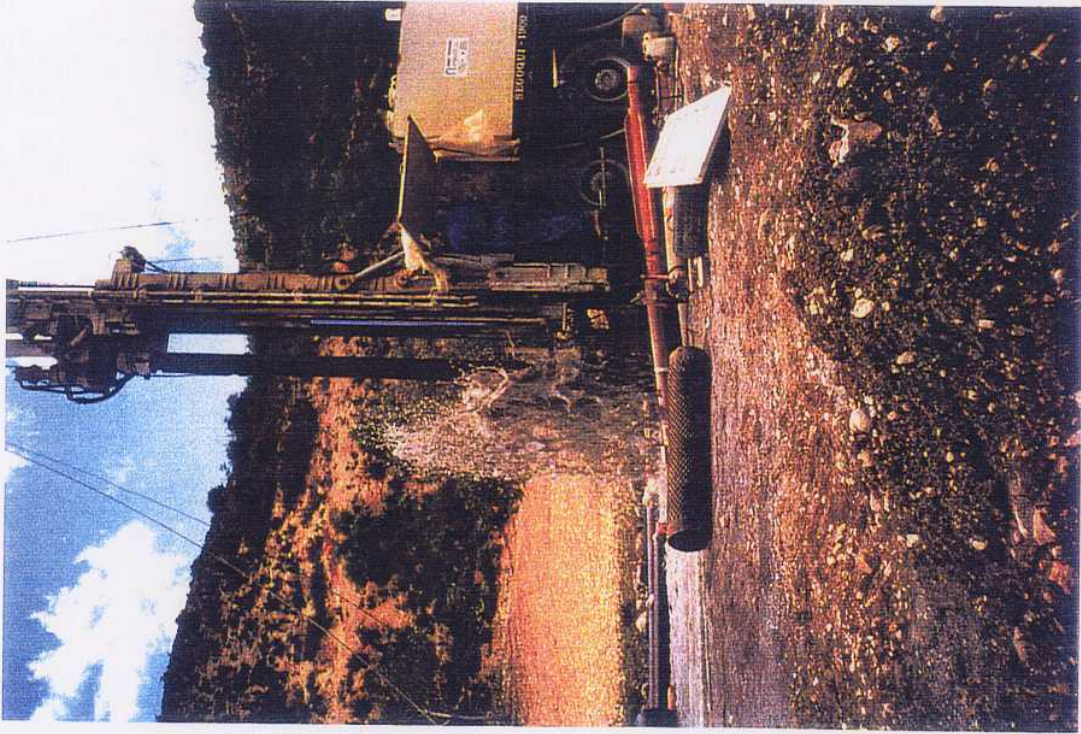


FOTO 8. Los últimos metros de tubería se introdujeron con ayuda de una inyección de aire de compresor y empujando con la cabeza rotatoria.



FOTO 11. La primera bomba que se pretendió introducir para el ensayo de bombeo tenía un diámetro superior al de la tubería. SONDEO ATASCADEROS.



FOTO 12. El ensayo de bombeo se ejecutó con una bomba de 20 l/s. La empresa contratada para ello fue AFORMHIDRO. Santiago-Pontones(Jaén).





**FOTO 13.** El caudal surgente del SONDEO ATASCADEROS se aforó en 3,1 l/s, justamente antes del inicio del ensayo de bombeo. Santiago-Pontones (Jaén).



**FOTO 14.** Ensayo de bombeo escalonado del SONDEO ATASCADEROS. Primer escalón con un caudal de 5 l/s. Santiago-Pontones (Jaén).



**FOTO 15.** Ensayo de bombeo escalonado del SONDEO ATASCADEROS. Segundo escalón con un caudal de 10 l/s. Santiago-Pontones (Jaén).



**FOTO 16.** Ensayo de bombeo escalonado del SONDEO ATASCADEROS. Tercer escalón con un caudal de 15 l/s. Santiago-Pontones (Jaén).



**FOTO 17.** Primer ensayo de bombeo a caudal constante de 7 l/s del SONDEO ATASCADEROS. Santiago-Pontones (Jaén).



**FOTO 18.** Segundo ensayo de bombeo a caudal constante de 9 l/s del SONDEO ATASCADEROS. Santiago-Pontones (Jaén).