



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



Instituto Geológico
y Minero de España

**INFORME FINAL DEL SONDEO DE
INVESTIGACIÓN BATÁN 4 Y
PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN
PARA EL ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE AL NÚCLEO URBANO DE
HORCAJO DE SANTIAGO (CUENCA)**

Abril de 2016

Índice

| | |
|------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES..... | 3 |
| 1.1. Objetivo | 4 |
| 2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS | 5 |
| 3. CONSIDERACIONES HIDROGEOLÓGICAS | 6 |
| 4. UBICACIÓN | 9 |
| 5. EJECUCIÓN DEL SONDEO | 11 |
| 5.1. Situación del sondeo | 11 |
| 5.2. Consideraciones constructivas del sondeo | 12 |
| 5.3. Perfil litológico | 13 |
| 5.4. Acondicionamiento del sondeo | 15 |
| 5.5. Resultados del ensayo de bombeo | 18 |
| 6. PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN | 20 |
| 6.1. Focos potenciales de contaminación | 21 |
| 6.2. Estimación de la vulnerabilidad | 23 |
| 6.3. Perímetro de protección de las captaciones..... | 26 |
| 6.3.1. <i>Perímetro de restricciones absolutas</i> | 26 |
| 6.3.2. <i>Perímetro de restricciones máximas</i> | 28 |
| 6.3.3. <i>Perímetro de restricciones moderadas</i> | 29 |
| 6.3.4. <i>Perímetro de protección de la cantidad</i> | 29 |
| 7. RESULTADOS OBTENIDOS..... | 33 |
| 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 35 |

Índice de Tablas

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Tabla 1. Características de las captaciones que abastecen a Horcajo de Santiago.</i> | 4 |
| <i>Tabla 2. Coordenadas UTM del sondeo Batán 4.</i> | 11 |
| <i>Tabla 3. Secuencia constructiva del sondeo Batán 4.</i> | 13 |
| <i>Tabla 4. Síntesis de la columna litológica del sondeo Batán 4.</i> | 14 |
| <i>Tabla 5. Valores de los parámetros tomados in situ.</i> | 15 |
| <i>Tabla 6. Colocación de tubería en el sondeo Batán 4.</i> | 16 |
| <i>Tabla 7. Fotos potenciales de contaminación de Horcajo de Santiago.</i> | 21 |
| <i>Tabla 8. Coordenadas UTM propuestas para los distintos perímetros de protección.</i> | 31 |
| <i>Tabla 9. Definición de las actividades dentro de los perímetros de protección de calidad (fuente: IGME, 2009).</i> | 32 |

Índice de Figuras

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Figura 1. Mapa geológico de la zona de estudio (fuente: IGME. Mapa Geológico serie MAGNA, escala 1:50.000, hoja 632, Horcajo de Santiago).</i> | 6 |
| <i>Figura 2. Masas de Agua Subterránea de la provincia de Cuenca y ubicación del municipio y las captaciones de Horcajo de Santiago.</i> | 8 |
| <i>Figura 3. Ubicación del término municipal de Horcajo de Santiago.</i> | 9 |
| <i>Figura 4. Situación de la parcela 80 del Polígono 7 de Almendros (fuente: Sede electrónica del catastro).</i> | 10 |
| <i>Figura 5. Situación del sondeo Batán 4.</i> | 11 |
| <i>Figura 6. Emplazamiento del sondeo Batán 4.</i> | 12 |
| <i>Figura 7. Croquis del sondeo Batán 4.</i> | 17 |
| <i>Figura 8. Desarrollo del ensayo de bombeo del sondeo Batán 4.</i> | 19 |
| <i>Figura 9. Focos potenciales de contaminación del entorno de Horcajo de Santiago (fuente: EPTISA, 2006).</i> | 22 |
| <i>Figura 10. Esquema de la valoración del índice GOD.</i> | 23 |
| <i>Figura 11. Cartografía de vulnerabilidad empleando el método GOD y ubicación de los potenciales focos de contaminación (fuente: IGME, 2009).</i> | 25 |
| <i>Figura 12. Mapa de la propuesta del perímetro de zona inmediata y de restricciones absolutas.</i> | 27 |
| <i>Figura 13. Mapa de la propuesta del perímetro de zona próxima y de restricciones máximas (fuente: IGME, 2009).</i> | 28 |
| <i>Figura 14. Mapa de la propuesta del perímetro de cantidad y de restricciones moderadas (fuente: IGME, 2009).</i> | 30 |

Apéndices

- APÉNDICE I. PLANOS DE SITUACIÓN DEL SONDEO
- APÉNDICE II. REPORTAJE FOTOGRÁFICO
- APÉNDICE III. RECONOCIMIENTO VIDEOGRÁFICO Y TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA
- APÉNDICE IV. ENSAYO DE BOMBEO

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La Diputación Provincial de Cuenca y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) suscribieron, en 1980, un Convenio - Marco de Asistencia Técnica para “la investigación y evaluación de las aguas subterráneas, conservación y aprovechamiento adecuado de los acuíferos”. Durante los últimos treinta y cinco años, en aplicación del Convenio - Marco suscrito, el IGME ha venido colaborando, mediante sucesivos convenios específicos de colaboración con la Diputación Provincial de Cuenca, en la ampliación del conocimiento e investigación del medio hídrico subterráneo y en la utilización racional de dicho recurso.

Como continuación de esta colaboración, ambos organismos han establecido un nuevo Convenio Específico para el conocimiento hidrogeológico, el aprovechamiento y protección del abastecimiento de agua a poblaciones, la investigación del patrimonio geológico-hidrogeológico y los estudios de riesgo geológico, para los años 2015-2018, en cuyo marco se emite el presente informe.

Los siguientes informes han servido de base para la realización del presente estudio:

- ✓ *Actualización de la situación actual de los sistemas de abastecimiento urbano de 10 municipios de la provincia de Cuenca: Horcajo de Santiago (EPTISA, 2006)*
- ✓ *Propuesta de perímetro de protección para la captación de abastecimiento de agua potable a la localidad de Horcajo de Santiago (Cuenca) (IGME, 2009)*
- ✓ *Reconocimiento con cámara de vídeo y testificación geofísica del sondeo Batán 2, situado en Horcajo de Santiago, Cuenca (Sondeos Martínez, 2015)*
- ✓ *Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento público de agua potable a Horcajo de Santiago (Cuenca) (IGME, 2015)*
- ✓ *Reconocimiento con cámara de vídeo y testificación geofísica del sondeo Batán 3, situado en Horcajo de Santiago, Cuenca (Sondeos Martínez, 2016)*

A petición de la Diputación de Cuenca, en 2015, técnicos del IGME se desplazaron a la parcela para la realización de un informe hidrogeológico.

En la visita se constató que el sistema de abastecimiento a la población cuenta con 3 sondeos, denominados Batán 1, Batán 2 y Batán 3, de los que actualmente sólo están en funcionamiento los sondeos Batán 1 y 3.

La ubicación de estos sondeos se ha plasmado en los planos 1 y 2, incluidos en el Apéndice I, y sus características se detallan en la tabla 1, donde tanto el caudal como la profundidad real de los sondeos ha sido estimada a partir de la información aportada por el encargado de las instalaciones de Horcajo de Santiago, junto con la bibliografía consultada.

| SONDEO | COORDENADAS (ETRS 89) H30 | | | PROFUNDIDAD (m) | | NIVEL ESTÁTICO (m) | CAUDAL (estimado) (L/s) |
|---------|---------------------------|---------|-----|-----------------|----------|--------------------|-------------------------|
| | Nomenclatura | X | Y | Z (m s.n.m.) | Estimada | | |
| Batán 1 | 512038 | 4409626 | 774 | 143 | - | - | 18 |
| Batán 2 | 512086 | 4409632 | 776 | 143 | 82,75 | 49,53 | 18 |
| Batán 3 | 512065 | 4409634 | 775 | 143 | 134,5 | 49,61 | 18 |

Tabla 1. Características de las captaciones que abastecen a Horcajo de Santiago.

En cuanto al sondeo Batán 2, actualmente se encuentra inactivo, con la tubería extraída del sondeo, ya que estaba muy deteriorada, con importantes roturas y signos de envejecimiento, además de numerosas e importantes incrustaciones teniendo en cuenta la testificación geofísica realizada por Sondeos Martínez, S.L. en 2015.

Tras la redacción del informe del IGME en 2015, se recomienda la construcción de un nuevo sondeo de abastecimiento con unas características similares a los ya ejecutados en la parcela.

1.1. Objetivo

La localidad conquense de Horcajo de Santiago cuenta con una población residente de 3.689 habitantes (INE 2015), incrementándose, según información facilitada por el ayuntamiento, hasta los 6.000 habitantes en época estival o estacional. Según las dotaciones técnicas consideradas en el plan hidrológico de la cuenca del Guadiana, 200 L/hab/día, el volumen de agua necesario para satisfacer las demandas de la población es de un caudal continuo de 8,54 L/s, incrementándose a 13,89 L/s durante los meses de mayor población.

Según la información aportada por el encargado de las instalaciones, el caudal de explotación total aproximado es de 36 L/s (alcanzado mediante el funcionamiento de dos bombas en los sondeos Batán 1 y 3, a 18 L/s cada una).

Tras la testificación geofísica del sondeo Batán 3, realizada por Sondeos Martínez en enero de 2016, se comprueba que el sondeo presenta bruscas variaciones que podrían estar asociadas a roturas y/o deformaciones de la tubería de acondicionamiento, además de detectar el agua con cierta turbidez.

Por consiguiente, el objetivo es obtener un caudal suficiente para atender la demanda máxima de agua del municipio, tanto actual como futura, mediante la realización de un nuevo sondeo de características similares a los existentes. En el presente informe se realiza una recopilación, desarrollo y características del nuevo sondeo, denominado Batán 4.

2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

Los materiales más antiguos aflorantes en la zona de estudio pertenecen al mesozoico. De estos, los más cercanos a Horcajo de Santiago se sitúan en la Sierra de Altomira, a unos 12 km al Este de la localidad. Se trata de calizas y dolomías pertenecientes al jurásico, con un zócalo impermeable constituido por arcillas rojas del keuper. Por encima de estos materiales permeables jurásicos, encontramos niveles arcillosos, margosos y calizos del Jurásico superior y Cretácico.

Por su parte, el núcleo urbano de Horcajo de Santiago se sitúa sobre materiales terciarios y cuaternarios, consistentes en depósitos detríticos. Los depósitos terciarios más antiguos están compuestos por arcillas arenosas rojizas con intercalaciones de areniscas y conglomerados, sobre los que se sitúan bancos de yeso y calizas asociadas, así como margas y arcillas paleógenas.

Discordante sobre el paleógeno aflora un conjunto de materiales miocenos fundamentalmente arcillosos y yesíferos, en ocasiones con niveles calcáreos. Hacia el Oeste de la población, aparecen calizas del páramo de edad pontiense, en contacto directo con los yesos vindobonienses. Estos materiales se encuentran parcialmente cubiertos por depósitos pliocenos.

Los materiales pliocenos son aluviales y coluviones constituidos por areniscas cuarcíticas de matriz areno-arcillosa o limosa sobre los que, en ocasiones, se sitúan discordantemente costras calcáreas.

Tanto los materiales mesozoicos como los terciarios paleógenos de las Sierras de Altomira y Almenara aparecen afectados por pliegues alargados orientados en dirección N-S.

Los cuaternarios son de tipo aluvial, constituidos por arenas limosas con lentejones de gravas, correspondientes a los depósitos de la red fluvial reciente.

En la figura 1 se incluye el marco geológico del entorno del sondeo.

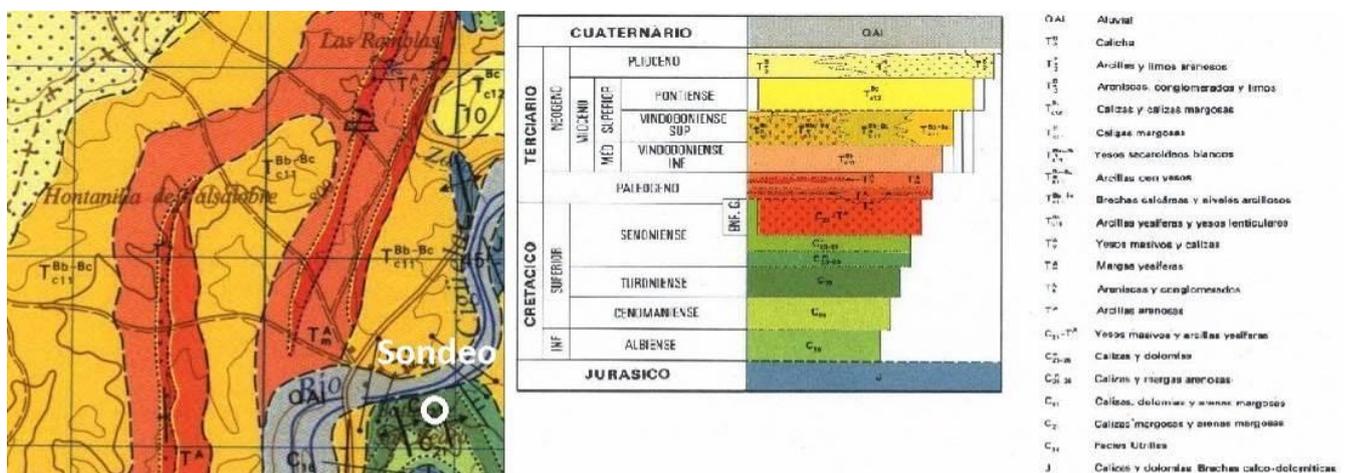


Figura 1. Mapa geológico de la zona de estudio (fuente: IGME. Mapa Geológico serie MAGNA, escala 1:50.000, hoja 632, Horcajo de Santiago).

3. CONSIDERACIONES HIDROGEOLOGICAS

En la provincia de Cuenca se sitúan tres cuencas hidrográficas distintas: Guadiana, Júcar y Tajo; que a su vez quedan divididas en distintas Masas de Agua Subterránea (MASb), tal y como se muestra en la figura 2.

El núcleo urbano de Horcajo de Santiago está situado en la demarcación hidrográfica del Guadiana, en la MASb 041.003 Lillo-Quintanar, aunque la parcela donde se encuentran los sondeos de los que se abastece la localidad, se ubica en la MASb 041.001 Sierra de Altomira.

El límite oriental está definido por la divisoria hidrográfica de las cuencas del río Guadiana y río Júcar por una parte, el contacto con la MASb 041.002 La Obispalía en el margen noreste y el contacto con la vecina MASb 041.005 Rus-Valdelobos en la zona sureste.

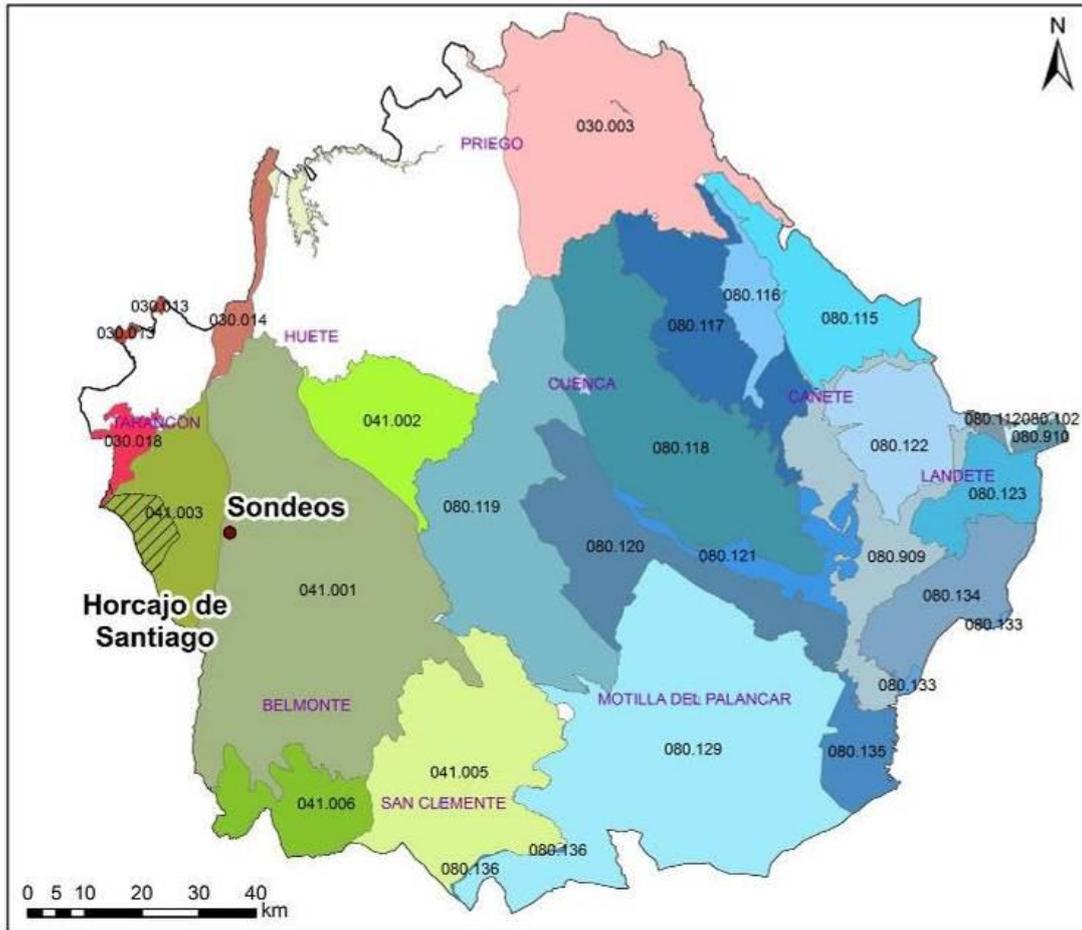
En su parte occidental limita con las MASb 041.003 Lillo-Quintanar y MASb 041.004 Consuegra-Villacañas y en su parte más meridional limita con la MASb 041.006 Mancha Occidental II, en contacto con los materiales terciarios de la fosa manchega y con la MASb 041.005 Rus-Valdelobos.

La MASb Sierra de Altomira está formada por una serie de calizas y dolomías jurásico-cretácicas que se apoyan sobre una base impermeable de arcillas, margas y yesos triásicos, y puede alcanzar una potencia de hasta 1.100 m en el sector oriental de la cuenca. Sobre ella se sitúa una serie margo-yesífera del tránsito cretácico-terciario y una sucesión de depósitos de origen continental (detríticos y evaporíticos), de edades paleógenas y miocenas, con potencias superiores a los 300 m, coronada por afloramientos dispersos de calizas, de reducido espesor (ITGE, 1989).

La MASb 041.001 está considerada como un acuífero complejo, que actúa en régimen libre o semiconfinado en profundidad, cuyo conjunto permeable principal está constituido por los materiales jurásicos (ITGE, 1989).

El funcionamiento hidrogeológico está condicionado en gran medida por la estructura, los niveles margosos favorecen el despegue de las distintas escamas y los cabalgamientos funcionan como impermeables de base que individualizan acuíferos. Los pliegues anticlinales y sinclinales, al igual que las fallas, que delimitan, además, las depresiones terciarias, pueden constituir divisorias locales del flujo subterráneo e incluso individualizar sectores acuíferos.

Los niveles acuíferos mesozoicos de la MASb Sierra de Altomira se captan para el abastecimiento a la población de Horcajo de Santiago.



MASb Tajo

- 030.003 Tajuña-Montes Universales
- 030.013 Aluvia del Tajo
- 030.014 Entrepeñas
- 030.018 Ocaña

MASb Guadiana

- 041.001 Sierra de Altomira
- 041.002 La Obispalía
- 041.003 Lillo-Quintanar
- 041.005 Rus-Valdelobos
- 041.006 Mancha Occidental II

MASb Júcar

- 080.136 Lezuza - El Jardín
- 080.102 Javalambre Occidental
- 080.112 Hoya de Teruel
- 080.115 Montes Universales
- 080.116 Triásico de Boniches
- 080.117 Jurásico de Uña
- 080.118 Cretácico de Cuenca Norte
- 080.119 Terciario de Alarcón
- 080.120 Cretácico de Cuenca Sur
- 080.121 Jurásico de Cardenete
- 080.122 Vallanca
- 080.123 Alpuente
- 080.129 Mancha Oriental
- 080.133 Requena - Utiel
- 080.134 Mira
- 080.135 Hoces del Cabriel
- 080.909 Impermeable o acuífero de interés local 09
- 080.910 Impermeable o acuífero de interés local 10

Figura 2. Masas de Agua Subterránea de la provincia de Cuenca y ubicación del municipio y las captaciones de Horcajo de Santiago.

4. UBICACIÓN

El municipio de Horcajo de Santiago se ubica en el centro oeste de la provincia de Cuenca (Castilla La Mancha), a unos 98 km de la capital conquense, en la comarca de La Mancha (figura 3).

Posee una extensión de 96,03 km², que supone una densidad de población de 38,41 hab/km².

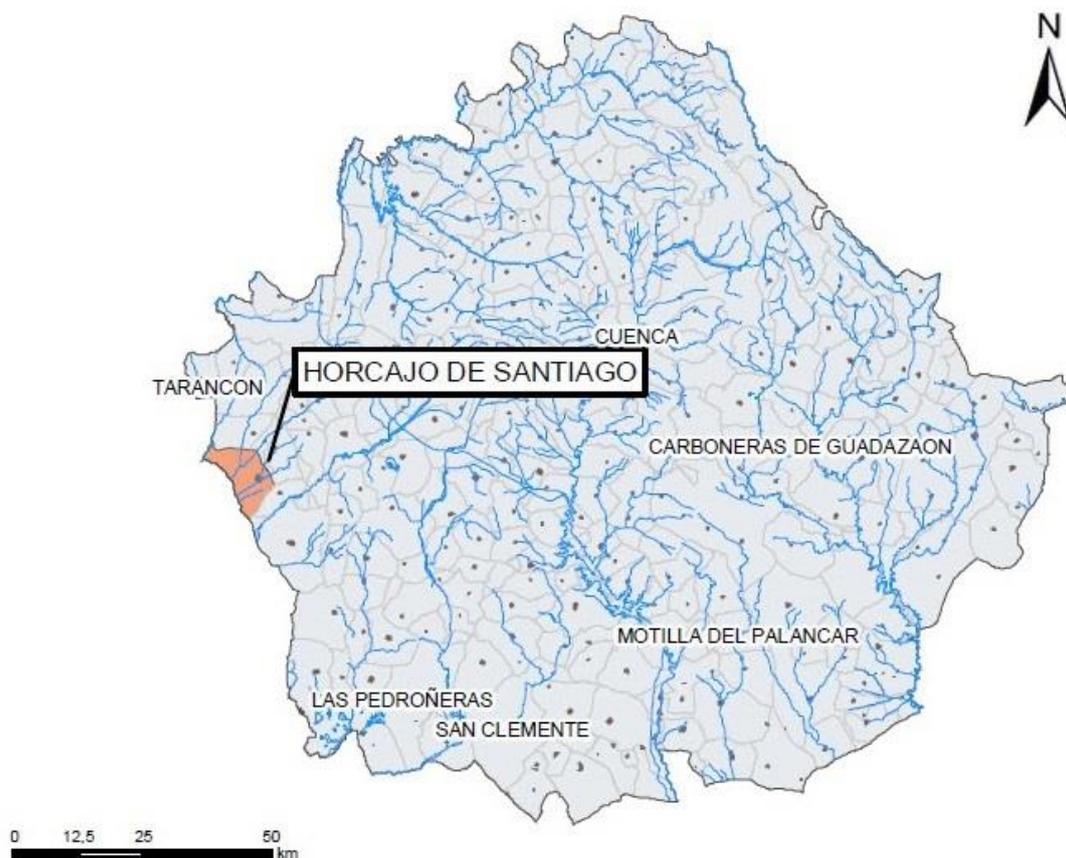


Figura 3. Ubicación del término municipal de Horcajo de Santiago.

Geográficamente su término municipal se localiza entre las hojas geológicas (serie MAGNA) a escala 1:50.000: nº 632 - Horcajo de Santiago y nº 660 - Corral de Almaguer.

Hidrográficamente la zona de estudio se sitúa en la Cuenca Hidrográfica del Guadiana. El núcleo urbano se encuentra rodeado por el río Albardana, atravesado por el arroyo Cantarranas. Los cursos de agua más importantes son el río Riansares y el río Cigüela, ambos de dirección noreste-suroeste; el primero queda a unos 5 km al oeste-noroeste del núcleo urbano, y a unos 7 km al sureste el segundo.

Los sondeos de abastecimiento se encuentran en la parcela catastral 80 del polígono 7 perteneciente al término municipal de la localidad conquense de Almendros. El emplazamiento exacto de los sondeos se ha incluido en los planos 1 y 2 que conforman el Apéndice I del presente informe.

Según información facilitada por el Excmo. Ayuntamiento de Horcajo de Santiago, el propietario de la parcela contrajo un acuerdo de cesión elevado a público; en la actualidad la titularidad de la parcela, con una superficie catastral de 580 m², es el ayuntamiento.

De forma aproximada, la parcela queda situada a unos 12 km al Este del núcleo urbano de Horcajo de Santiago, y a unos 180 m al Sur del curso del río Gigüela, como se muestra en la figura 4.

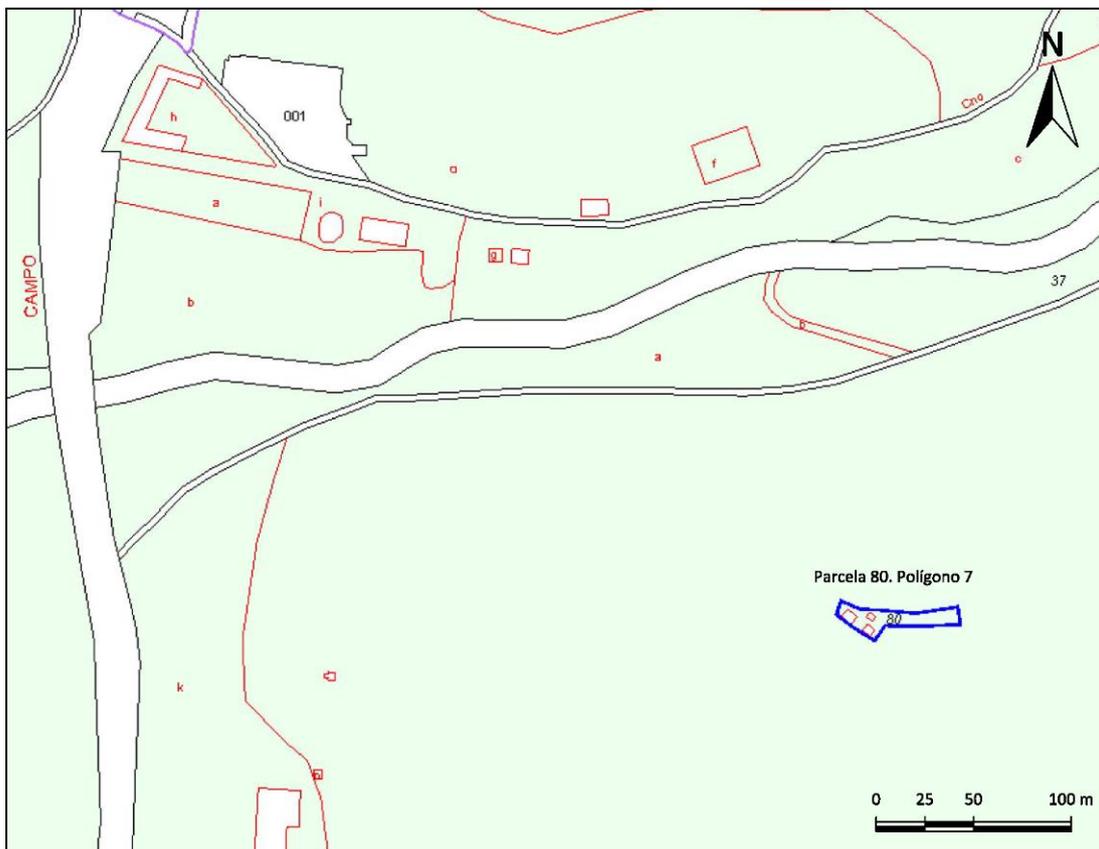


Figura 4. Situación de la parcela 80 del Polígono 7 de Almendros (fuente: Sede electrónica del catastro).

5. EJECUCIÓN DEL SONDEO

5.1. Situación del sondeo

La situación concreta del sondeo perforado en la parcela anteriormente citada se incluye en la figura 5, así como en los planos del Apéndice I.



Figura 5. Situación del sondeo Batán 4.

En la tabla 2 se detallan las coordenadas de su localización.

| SONDEO | COORDENADAS (ETRS 89) H30 | | |
|--------------|---------------------------|---------|-----------------|
| Nomenclatura | X | Y | Z (m s.n.m.) |
| Batán 4 | 512096 | 4409635 | 776 |

Tabla 2. Coordenadas UTM del sondeo Batán 4.

5.2. Consideraciones constructivas del sondeo

La ejecución del sondeo fue llevada a cabo por la empresa Sondeos Martínez, S.L. mediante una sonda de perforación SEGOQUI 10 L2 y un equipo compresor Ingersoll Rand (figura 6). El sistema de perforación fue rotopercusión con martillo en fondo.



Figura 6. Emplazamiento del sondeo Batán 4.

La perforación del sondeo se realizó, con un diámetro de 254 mm, hasta los 140 m de profundidad durante los días 15 al 17 de febrero de 2016. Posteriormente, se reperforó mediante rotopercusión con martillo en fondo y un diámetro de 315 mm hasta los 131 m, reperforación realizada entre los días 17 y 19 de febrero de 2016.

Por último, el sondeo se reperforó con un diámetro de 381 mm mediante rotopercusión con martillo en fondo hasta los 70 m de profundidad; tras varias averías, la empresa encargada de la perforación del sondeo decidió reperforar el sondeo con el citado diámetro mediante tricono. La segunda reperforación del sondeo comenzó el 22 de febrero y concluyó el 8 de marzo de 2016.

En la tabla 3 se apuntan las secuencia constructiva del sondeo, incluyéndose en el Apéndice II, fotografías de los elementos perforadores empleados.

| DIÁMETRO (mm) | FECHA | | PROFUNDIDAD (m) | | TIPO DE PERFORACIÓN |
|------------------|------------|------------|--------------------|----------------|-----------------------------------------------------|
| | Inicio | Final | Tramo inicial | Tramo final | Perforación / Reperforación |
| 254 | 15/02/2016 | 17/02/2016 | 0 | 140 | Perforación a rotoperCUSión con martillo en fondo |
| 315 | 17/02/2016 | 19/02/2016 | 0 | 131 | Reperforación a rotoperCUSión con martillo en fondo |
| 381 | 22/02/2016 | 01/03/2016 | 0 | 70 | Reperforación a rotoperCUSión con martillo en fondo |
| | 02/03/2016 | 08/03/2016 | 70 | 130 | Reperforación a rotación con tricono |

Tabla 3. Secuencia constructiva del sondeo Batán 4.

Según el reconocimiento videográfico del sondeo se ha realizado el 21 de marzo de 2016 (incluido en el Apéndice III del presente informe), el final del reconocimiento se sitúa a 129,50 metros de profundidad.

5.3. Perfil litológico

Los materiales atravesados en el sondeo Batán 4 se corresponden con los previstos, litológicamente son sedimentos carbonatados (margas, calizas y dolomías).

Durante la realización de la perforación, un técnico del IGME efectuó una descripción de la litología perforada en profundidad, observando las muestras del ripio ascendente de perforación. Esta descripción ha sido fundamental para poder levantar una columna aproximada de los materiales atravesados.

El sondeo Batán 4 se dio por finalizado a los 140 metros de profundidad, considerada suficiente para las solicitudes previstas.

A continuación, en la tabla 4, se incluye una síntesis de la columna litológica atravesada descrita en campo.

| PROFUNDIDAD (m) | | COLUMNA LITOLÓGICA |
|-----------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tramo inicial | Tramo final | Descripción litológica de campo |
| 0 | 1 | Terreno vegetal y rellenos de plataforma Arenas y cantos calcáreos de tonalidad marrón oscuro |
| 1 | 5 | Dolomías de color ocre con intercalaciones de margas marrón amarillentas y vetas anaranjadas |
| 5 | 9 | Dolomías de color rojizo y ocre |
| 9 | 15 | Dolomías de color ocre, algo rojizas, con intercalaciones de margas Tramo algo fisurado |
| 15 | 21 | Calizas de color ocre y dolomías de tonalidad ocre-rojizo |
| 21 | 31 | Margocalizas de color beige-amarillento |
| 31 | 38 | Margas de color ocre-amarillento con niveles de caliza dispersos |
| 38 | 41 | Margocalizas de color ocre-rojizo con niveles de caliza intercalados |
| 41 | 58 | Dolomías rojizas recristalizadas |
| 58 | 65 | Dolomías rojizas recristalizadas y calizas de color ocre y gris Predominan los tramos dolomíticos frente a los niveles de caliza |
| 65 | 96 | Calizas de color ocre y gris con dolomías de color rojizo Predominan los niveles de caliza frente a los tramos dolomíticos |
| 96 | 140 | SIN MUESTRA |

Tabla 4. Síntesis de la columna litológica del sondeo Batán 4.

A partir de una profundidad de 96 metros, el agua captada así como el ripio ascendente, dejan de salir a superficie, por lo que a partir de dicha cota y hasta el final del sondeo, no se obtuvo muestra para el levantamiento litológico del sondeo.

Para intentar cubrir esta falta de información, el técnico del IGME autor del informe, estuvo presente a pie de máquina durante la primera reperforación, en la que sucedió el mismo acontecimiento, la falta de ripio dejó de ascender esta vez a una profundidad de 95 metros.

Otra de las observaciones constructivas del sondeo fue que a partir de una profundidad de 120 metros durante la perforación, parte del agua ascendía por el sondeo Batán 2.

Durante la perforación, se corta el nivel piezométrico a 85 metros de profundidad (16 de febrero de 2016), quedando estabilizado a los 55 metros de profundidad (10 de marzo de 2016), tras la colocación de la entubación.

Durante el reconocimiento realizado para la testificación geofísica del sondeo del día 21 de marzo de 2016, se midió el nivel estático, situándose a 53,48 metros de profundidad.

De la misma manera, una vez cortado el nivel de agua del sondeo, se tomaron medidas de conductividad, pH y temperatura en profundidad para poder hacer un seguimiento. Las medidas se realizaron hasta la pérdida de ascenso de agua en el sondeo.

Los valores de los parámetros medidos in situ se resumen en la tabla 5.

| SONDEO | PROFUNDIDAD (m) | MUESTRA | | | |
|---------|-----------------|------------|-------------------------------------------|------|------|
| | | Fecha | Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | pH | Tª |
| Batán 4 | 86 | 16/02/2016 | 1.483 | 8,67 | 19,2 |
| Batán 4 | 91 | 18/02/2016 | 1.390 | 8,82 | 20,2 |

Tabla 5. Valores de los parámetros tomados in situ.

5.4. Acondicionamiento del sondeo

Como ya se ha citado, durante la perforación del sondeo se captó agua a los 85 metros, quedando posteriormente el nivel estático a 55 metros de profundidad.

El sondeo se perforó inicialmente, hasta los 140 m, con un diámetro de 254 mm y posteriormente se reperforó con un diámetro de 315 mm hasta 131 m. La segunda reperforación se realizó con un diámetro de 381 mm hasta una profundidad final de 130 m.

Una vez el sondeo terminado se procedió a la colocación de la tubería, colocada entre los días 9 y 10 de marzo de 2016. Se entubó con tubería de revestimiento de 310 mm de diámetro interior en chapa metálica de 6 mm de espesor los tramos ciegos y se colocó filtro galvanizado troquelado tipo puentecillo de 310 mm de diámetro interior y 8 mm de espesor los tramos ranurados. En el Apéndice II se han incluido fotografías de esta tubería.

Los tramos ranurados fueron propuestos por el autor del informe a pie de sondeo tras acabar la perforación del mismo.

En la tabla 6 se detalla el equipamiento final, en cuanto a tubería colocada se refiere, del sondeo Batán 4.

| DIÁMETRO INTERIOR (mm) | ESPESOR (mm) | PROFUNDIDAD (m) | | TIPO DE TUBERÍA Ciega / Ranurada |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-------------|------------------------------------------------|
| | | Tramo inicial | Tramo final | |
| 310 | 6 | 0 | 70 | Tubería de revestimiento de chapa metálica |
| 310 | 8 | 70 | 94 | Filtro galvanizado troquelado tipo puentecillo |
| 310 | 6 | 94 | 98,5 | Tubería de revestimiento de chapa metálica |
| 310 | 8 | 98,5 | 120,5 | Filtro galvanizado troquelado tipo puentecillo |
| 310 | 6 | 120,5 | 129,5 | Tubería de revestimiento de chapa metálica |

Tabla 6. Colocación de tubería en el sondeo Batán 4.

Cuando se llevaban 43,5 metros de tubería colocados, la empresa perforadora tuvo que mover el camión debido a la pérdida de verticalidad. Una vez emplazado y nivelado de nuevo, para que la tubería bajase lo más vertical posible, se continuó con la entubación.

Con la colocación del siguiente tubo ranurado de 4 metros de longitud (un total de 47,5 metros), el grillete que sujetaba la tubería partió, cayendo la misma hasta el emboquille del sondeo y quedando sujeta por una guía transversal de seguridad. Tras la reparación del emboquille, que impedía el paso de la tubería, se pudo continuar con la entubación del sondeo.

Una vez entubado el sondeo, la parte inferior quedó a 129,5 metros de profundidad; los tramos ranurados suman un total de 46 metros distribuidos en dos tramos (de 70 a 94 m y de 98,5 a 120,5 m), alcanzando un total de 83,5 metros los tramos de tubería ciega.

En la figura 7 se presenta un croquis del sondeo acabado, incluyendo las características litológicas y constructivas.

Al perforar fundamentalmente materiales carbonatados, no se engravillaron las paredes del sondeo.

Durante la estancia del técnico del IGME en campo, no se ejecutó la cementación de la boca del sondeo.

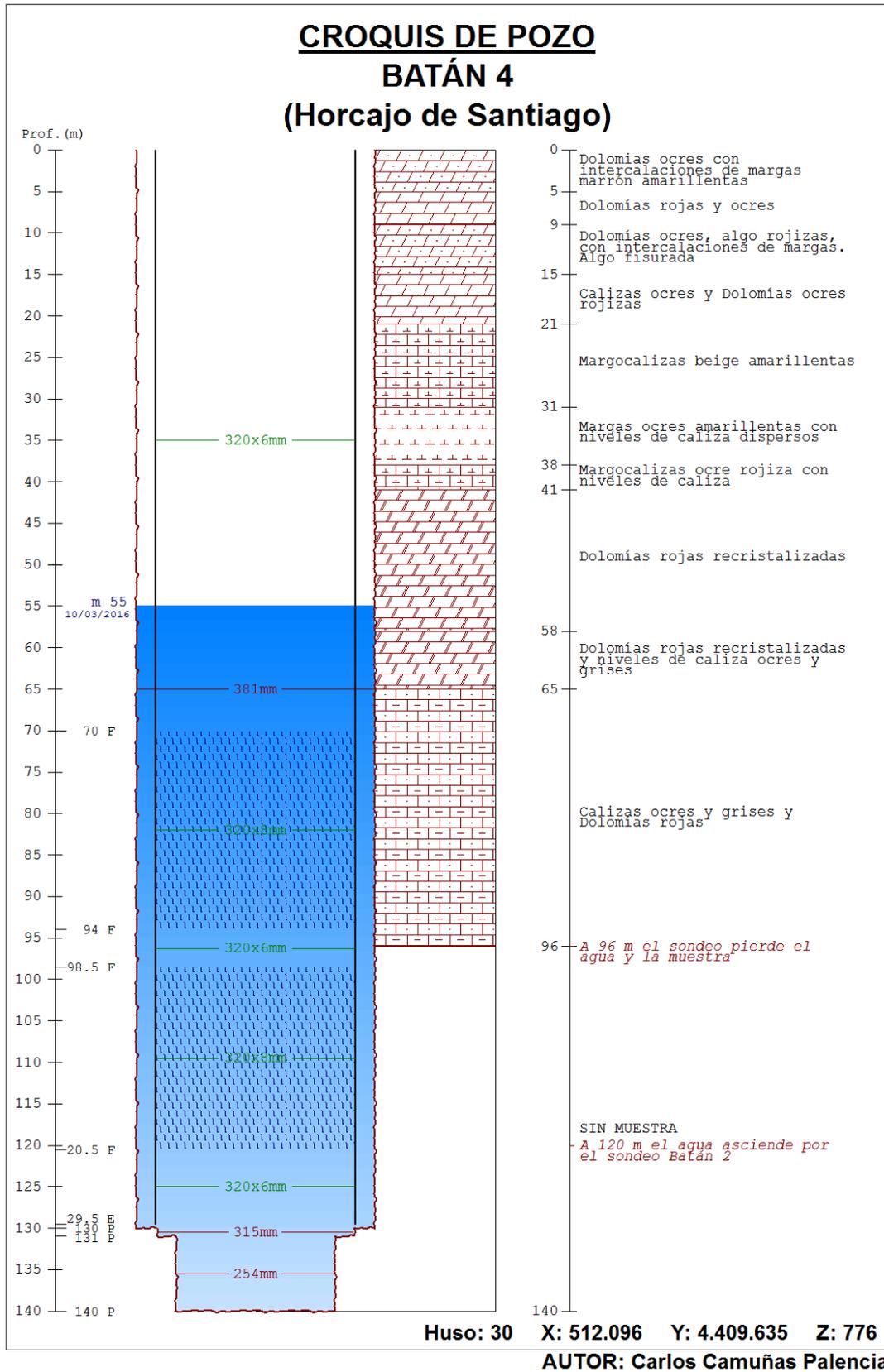


Figura 7. Croquis del sondeo Batán 4.

5.5. Resultados del ensayo de bombeo

El 17 de marzo de 2016 se comenzó un ensayo de bombeo en el sondeo Batán 4, de 24 horas de duración en las que el nivel descendió un total de 0,26 m, y 1 hora de recuperación.

Se instaló la bomba a 85 m de profundidad y se comenzó el ensayo a 20 l/s. El nivel estático se situó en 54,74 m, y bajó hasta los 54,80 m en los primeros 5 minutos, quedando estabilizado a esa profundidad (54,80 m) desde el minuto 5 hasta el minuto 60 (1 hora del comienzo del ensayo).

Tras esta hora, se comenzó un segundo escalón con un caudal de 25 l/s. El nivel quedó estabilizado (54,80 m) durante 3 horas.

Se aumentó entonces el caudal a 30 l/s, descendiendo el nivel a 54,90 m a los 5 minutos del comienzo del escalón, y quedando estabilizado en 54,92 m a los 45 minutos de comenzar dicho escalón y durante 3 horas más.

A 8 horas del comienzo del ensayo se aumentó de nuevo el caudal a 35 l/s, descendiendo el nivel a 54,96 m durante los primeros 5 minutos y a 54,97 m a los 10 minutos. Se mantuvo estable a esta profundidad durante 4 horas, tras las cuales se procedió a aumentar el caudal para el último escalón, a 40 l/s.

En este último escalón, el nivel descendió a 54,99 m durante los primeros 5 minutos, situándose a 55,00 m a partir de los 10 minutos; posteriormente se mantuvo estable hasta 11 horas después.

El agua salió clara a partir del minuto 10 del escalón de 20 l/s.

Tras el ensayo se midió 1 hora de recuperación en la que se recuperó el nivel inicial al minuto de suspender el bombeo, quedando en 54,74 m. Se volvió a medir el nivel de forma sucesiva durante 1 hora del comienzo de la recuperación y éste se mantuvo constante a 54,74 m de profundidad.

En el Apéndice IV se pueden consultar los datos del aforo.

En la figura 8 se ha representado el desarrollo del ensayo de bombeo.

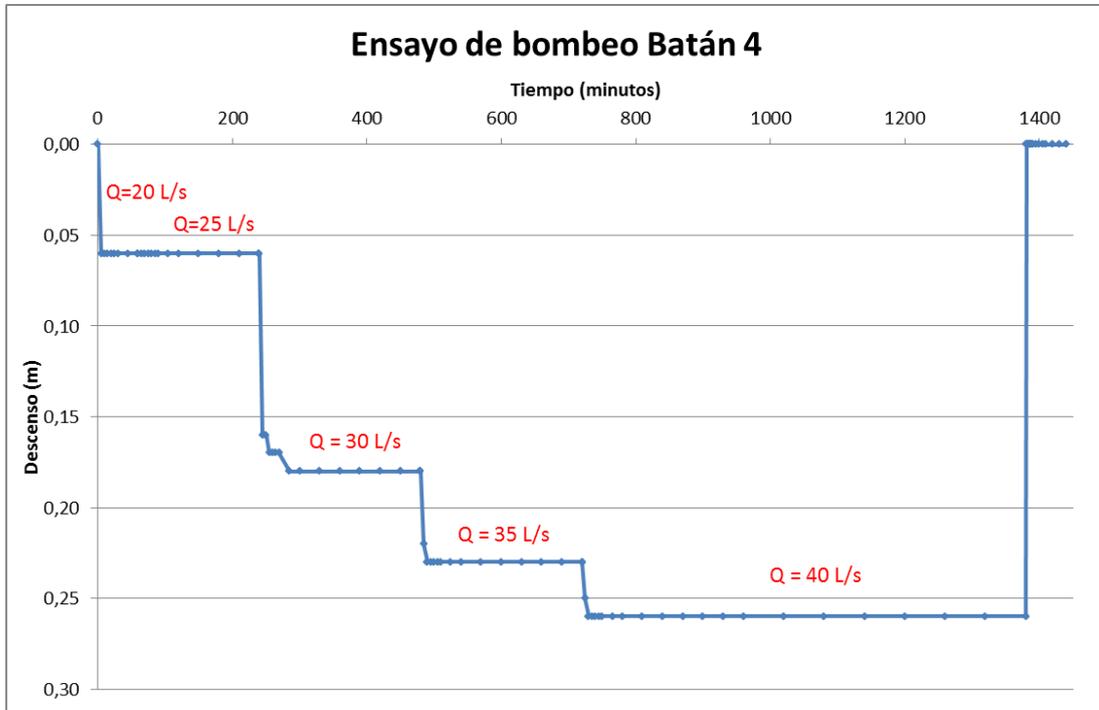


Figura 8. Desarrollo del ensayo de bombeo del sondeo Batán 4.

La transmisividad calculada con los datos del ensayo de bombeo es del orden de $5.600 \text{ m}^2/\text{día}$ para el acuífero estudiado.

6. PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

La delimitación de zonas de protección de las captaciones para abastecimiento urbano se viene revelando como práctica fundamental para asegurar tanto la calidad del agua suministrada a la población, como la gestión sostenible del recurso agua.

En diciembre de 2009, el IGME redactó un informe donde se proponían los perímetros de protección en torno a las captaciones utilizadas para el abastecimiento de Horcajo de Santiago, con la finalidad de proteger tanto la calidad como la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda.

En el primer caso, la protección tiene en cuenta la contaminación puntual o difusa que pudiera poner en peligro la calidad del agua del abastecimiento, y en el segundo caso, la protección considera la afección provocada por otros pozos o por bombeos intensos no compatibles con el sostenimiento de los acuíferos.

Para lograr ambos objetivos se suele recomendar el diseño de un perímetro dividido en tres zonas de protección en función de distintos criterios, los cuales habrá que establecer para cada caso.

El sondeo Batán 4 se ha perforado en las inmediaciones del sondeo Batán 2, como se aprecia en los planos 1 y 2 incluidos en el Apéndice I del presente documento, de tal manera que en los apartados siguientes, se mencionarán las posibles modificaciones realizadas con respecto al informe de la Propuesta de Perímetro de Protección realizado en diciembre de 2009, que se ha tomado como base para la redacción del presente apartado, siendo coincidente por la cercanía y zona a tratar.

Por lo tanto, en los casos donde la zonificación planteada sea similar o equiparable, se incluirán las figuras realizadas en el informe del IGME en diciembre de 2009.

6.1. Focos potenciales de contaminación

Tal y como queda reflejado en los informes de EPTISA (2006) e IGME (2009 y 2015), los focos de contaminación de la zona de estudio son los reflejados en la tabla 7.

| FOCO DE CONTAMINACIÓN | COORDENADAS (ETRS 89) H30 | | PROFUNDIDAD (m) |
|----------------------------------------------|------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Granja de ovejas | 511682 | 4409546 | Nitratos, fosfatos y potasio |
| Residuos sólidos urbanos | 501023 | 4408403 | Materia orgánica, contaminación bacteriológica, aceites, grasas, detergentes... |
| Cementerio | 500040 | 4411247 | Fosfatos |
| Gasolinera | 500115 | 4410726 | Hidrocarburos |
| Tierras de cultivo de olivo, almendra y viña | Areal | | Nitratos, fosfatos, potasio y pesticidas |

Tabla 7. Fotos potenciales de contaminación de Horcajo de Santiago.

A excepción de la granja de ovejas y las tierras de cultivo, los focos de contaminación se sitúan a más de 10 km de la parcela que engloba a los sondeos.

Con respecto a los dos primeros, no deben suponer un problema para la calidad del agua, ya que ésta se capta a profundidades en torno a los 50 metros de profundidad y aunque los materiales atravesados son de naturaleza permeable, presentan niveles margosos de baja permeabilidad intercalados.

En la figura 9 se reproduce el mapa con los focos de contaminación, tomado del informe de EPTISA en 2006.

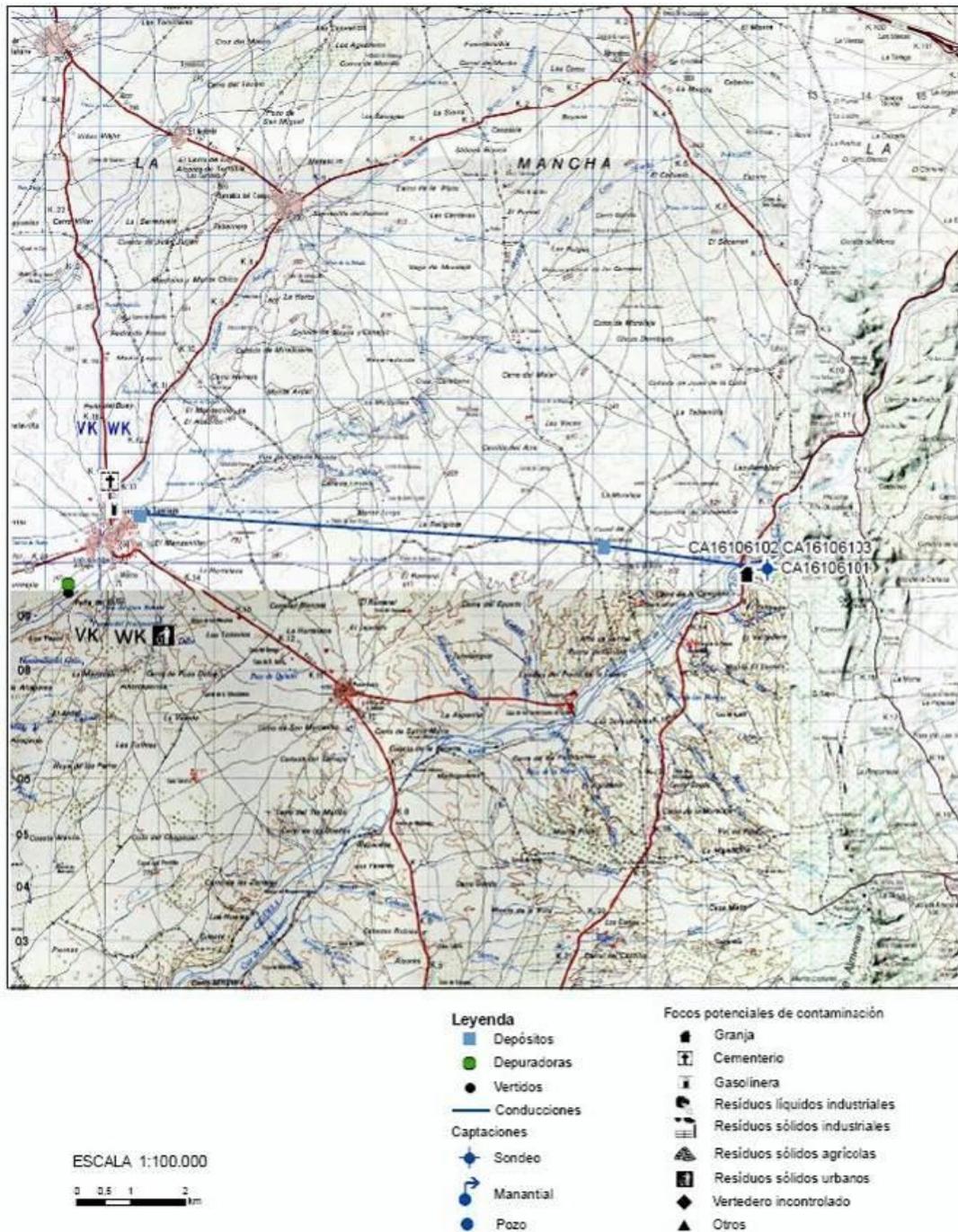


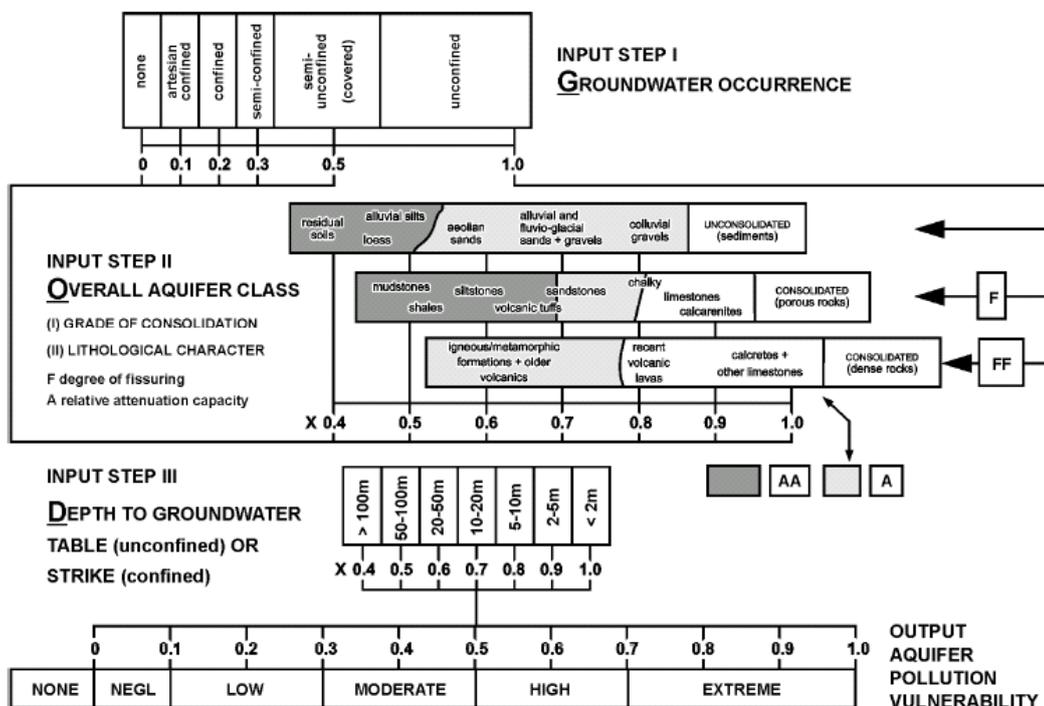
Figura 9. Focos potenciales de contaminación del entorno de Horcajo de Santiago (fuente: EPTISA, 2006).

6.2. Estimación de la vulnerabilidad

Una de las metodologías más adecuadas para la determinación de la vulnerabilidad es la realización de una cartografía de vulnerabilidad. Para su realización existen distintos métodos, como el método GOD utilizado en el presente estudio. Este método propuesto por Foster (1987) se basa en la asignación de índices entre 0 y 1 a tres variables (G, O, D) las cuales conforman el acrónimo:

- **G:** tipo de acuífero
- **O:** litología de cobertura del acuífero
- **D:** profundidad del agua o del acuífero

En la figura 10 (Foster e Hirata, 1991) se reproduce el diagrama para cualificar la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación. Los tres índices que se multiplican entre sí, resultan en uno final que puede variar entre 1 (vulnerabilidad máxima) y 0 (mínima).



GOD empirical system for the rapid assessment of aquifer contamination vulnerability (from Foster, 1987).
Editorial note: Corrections received from the author
 Step I: substitute "overflowing" for "artesian confined"; Step II: title should be "Overlying Lithology"; Output: omit "none".

Figura 10. Esquema de la valoración del índice GOD.

En el informe del IGME de 2009 se realizó una cartografía de vulnerabilidad plasmada en la figura 11, válida para el presente informe.

Dicha cartografía muestra unos valores extremos para las celdas en las que afloran los materiales acuíferos del Jurásico de la Sierra de Altomira, ya que en ellas se ha considerado un acuífero libre o solo ligeramente confinado por algún nivel margoso y de elevada vulnerabilidad por fisuración y/o karstificación.

Las celdas con materiales aflorantes estratigráficamente más recientes disminuyen progresivamente la vulnerabilidad, ya que confinan el acuífero y ofrecen protección natural a una potencial contaminación.

Los focos de contaminación puntual se ubican sobre un área de vulnerabilidad insignificante, excepto la granja de ovejas que se encuentra en área de vulnerabilidad moderada y muy próxima al área donde la vulnerabilidad se ha calculado extrema.

En cuanto a la contaminación difusa originada por la aplicación de fertilizantes y plaguicidas a los campos de cultivo, habría que señalar la directa relación que existe en el elevado contenido en nitratos del agua de abastecimiento con la existencia de campos, aunque no abundantes, en la zona de la Sierra donde aflora el Jurásico y de vulnerabilidad extrema.

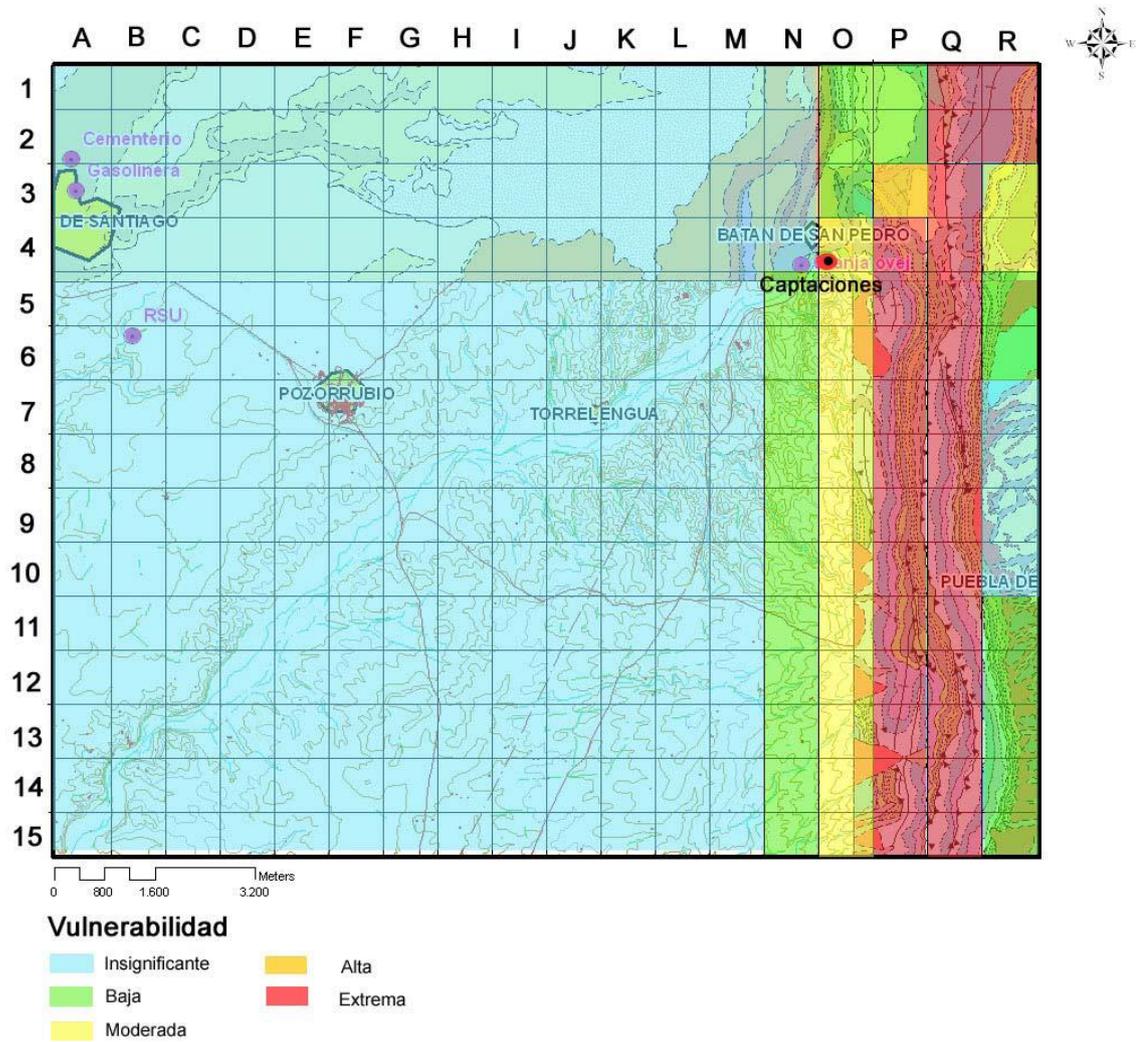


Figura 11. Cartografía de vulnerabilidad empleando el método GOD y ubicación de los potenciales focos de contaminación (fuente: IGME, 2009).

6.3. Perímetro de protección de las captaciones

Como ya se ha citado, para la elaboración de este apartado, se ha tenido en cuenta el informe del IGME en diciembre de 2009, el cual es perfectamente válido, ya que la zona de actuación ha variado mínimamente. Las figuras tomadas de dicho informe se detallan en el pie de figura.

Para el perímetro de protección de las distintas captaciones se proponen tres zonas, las cuales contarán con restricciones de uso tanto mayor cuanto más próximas se encuentren a las captaciones:

- Zona inmediata o de restricciones absolutas: el criterio de delimitación suele ser un tiempo de tránsito 1 día. Suele estar vallada impidiendo el acceso de personal no autorizado a las captaciones.
- Zona próxima o de restricciones máximas: se dimensiona generalmente en función de un tiempo de tránsito de 60 días. Protege de la contaminación microbiológica. Puede delimitarse con criterios hidrogeológicos y en algunos estudios se ha usado el descenso del nivel piezométrico o el poder autodepurador del terreno.
- Zona alejada o de restricciones moderadas: el criterio más utilizado para su dimensionado es un tiempo de tránsito de varios años, en función de los focos contaminantes, criterios hidrogeológicos o ambos. Su objetivo es proteger la captación frente a contaminantes de larga persistencia.

6.3.1. Perímetro de restricciones absolutas

Para la definición de zona de restricciones absolutas, al igual que el informe de referencia (IGME, 2009), se propone un círculo cuyo centro son las captaciones a proteger y cuyo radio es la distancia que tendría que recorrer una partícula para alcanzar dichas captaciones en un día. Esta zona tendrá forma circular u oval, dependiendo de las condiciones hidrodinámicas.

Para definir las coordenadas del perímetro, a su vez se simplifica el área adaptándola a una superficie rectangular, de más fácil gestión y manejo (figura 12).

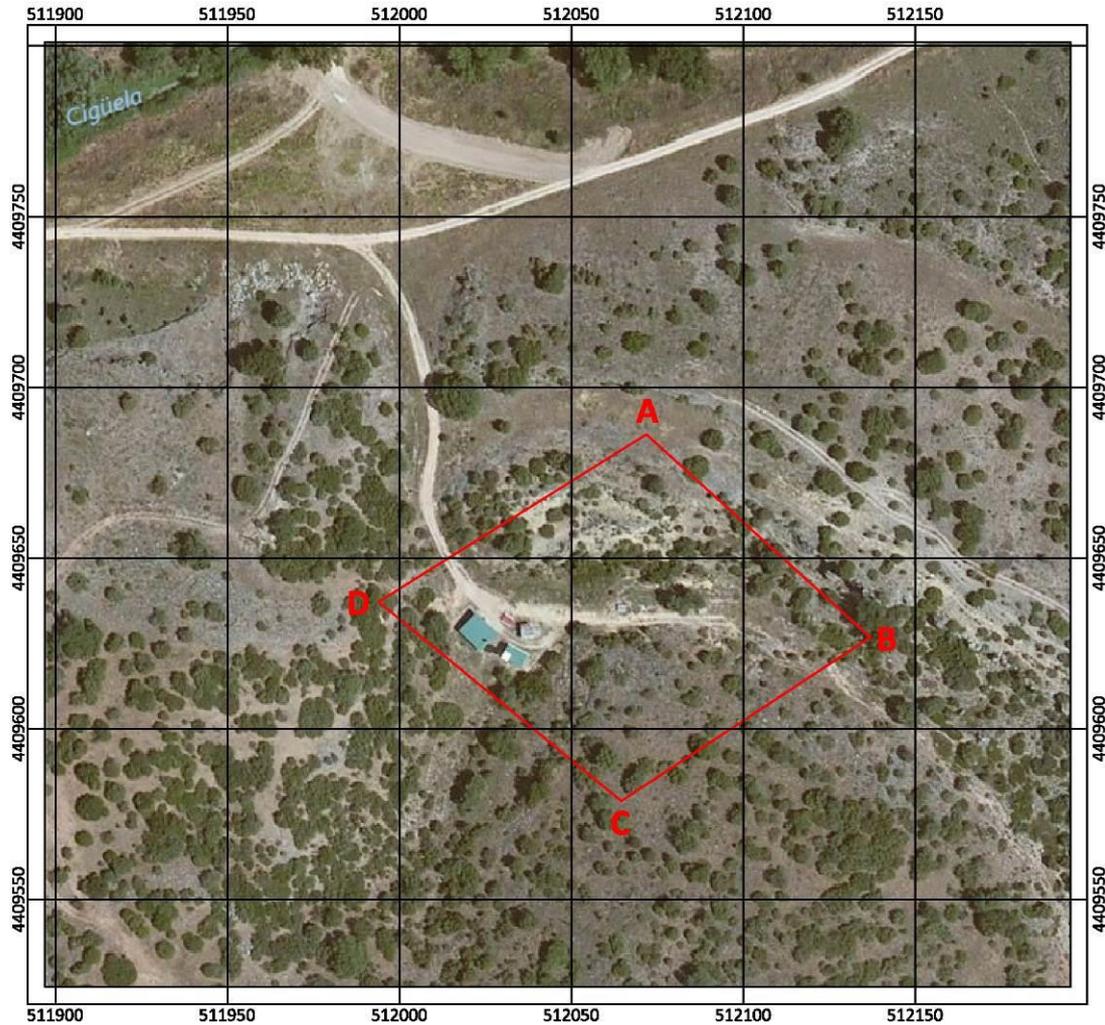


Figura 12. Mapa de la propuesta del perímetro de zona inmediata y de restricciones absolutas.

Por criterios de seguridad, se considerará esta zona de radio 55 metros que englobará las cuatro captaciones. En ella se evitarán todas las actividades, excepto las relacionadas con el mantenimiento y explotación de la captación, para lo que se recomienda la construcción de una caseta que proteja el sondeo Batán 4, ya que las tres captaciones restantes sí están dotadas de caseta de protección, y que se valle la zona definida y se instale un drenaje perimetral.

Por posibles imprecisiones en la toma de coordenadas, este perímetro es solo orientativo (figura 12) y sus coordenadas se encuentran en la tabla 8.

6.3.2. *Perímetro de restricciones máximas*

Para determinar la zona de restricciones máximas, se considera como el espacio que tendría que recorrer una partícula para alcanzar las captaciones en más de un día y menos de 60 días.

En este caso, se ha tomado como válido el perímetro propuesto en el informe del IGME de 2009 (figura 13).

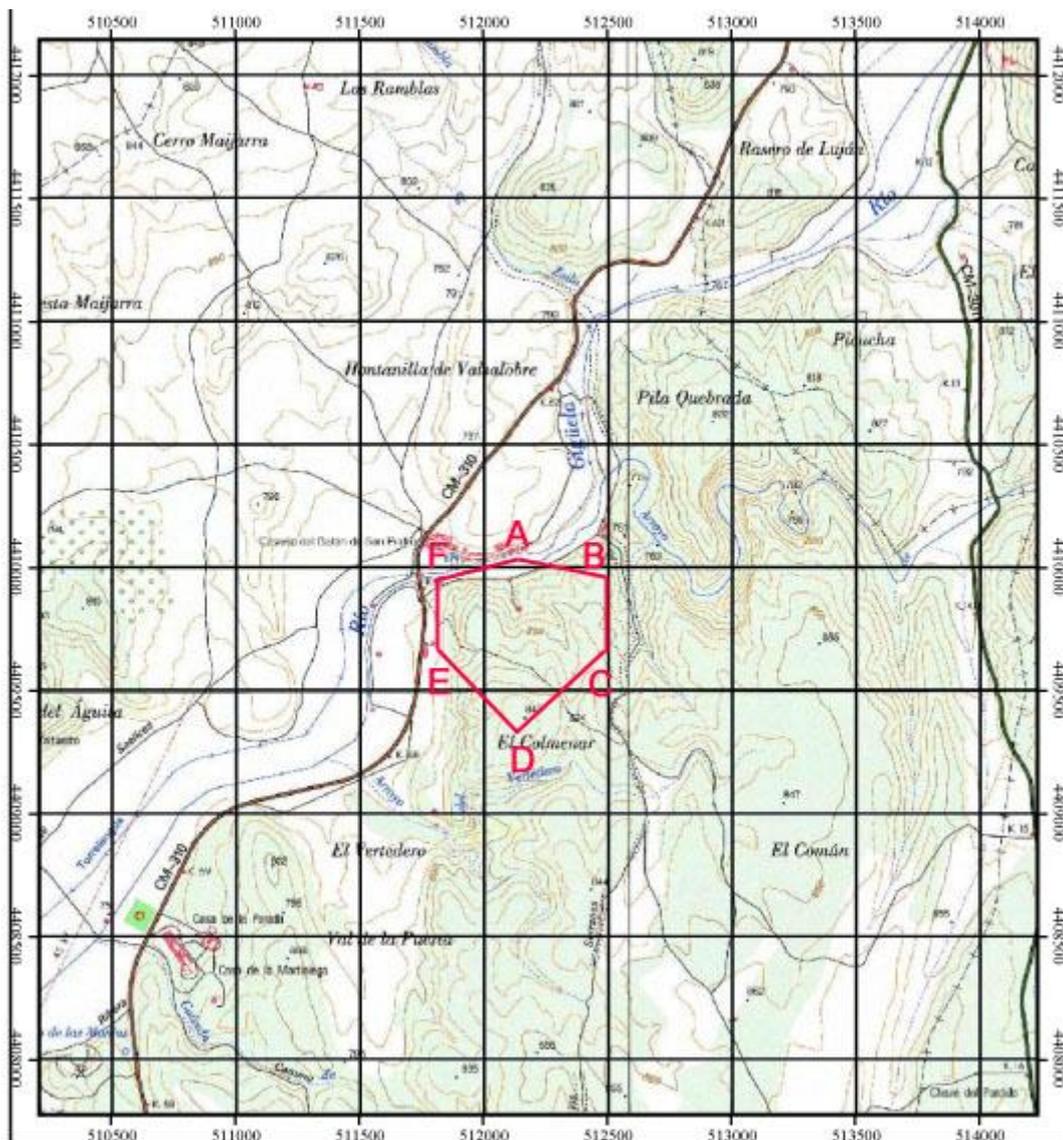


Figura 13. Mapa de la propuesta del perímetro de zona próxima y de restricciones máximas (fuente: IGME, 2009).

6.3.3. Perímetro de restricciones moderadas

La zona de restricciones moderadas limita el área comprendida entre la zona de protección próxima y la isocrona de 10 años.

Cuando el límite de la zona de alimentación del sondeo esté a una distancia menor que la citada isocrona, el límite de la zona lejana coincidirá con el límite de la zona de alimentación.

Atendiendo a la naturaleza de los materiales captados, se delimitó como zona de restricciones moderadas una superficie basada en criterios hidrogeológicos. Esta superficie tiene una forma aproximadamente elipsoidal, con el eje mayor en la dirección principal del flujo subterráneo que se extenderá, aguas arriba hasta la divisoria de aguas, y aguas abajo hasta el cauce del río Cigüela.

En este caso, se ha tomado como válido el perímetro propuesto en el informe del IGME de 2009 (figura 14).

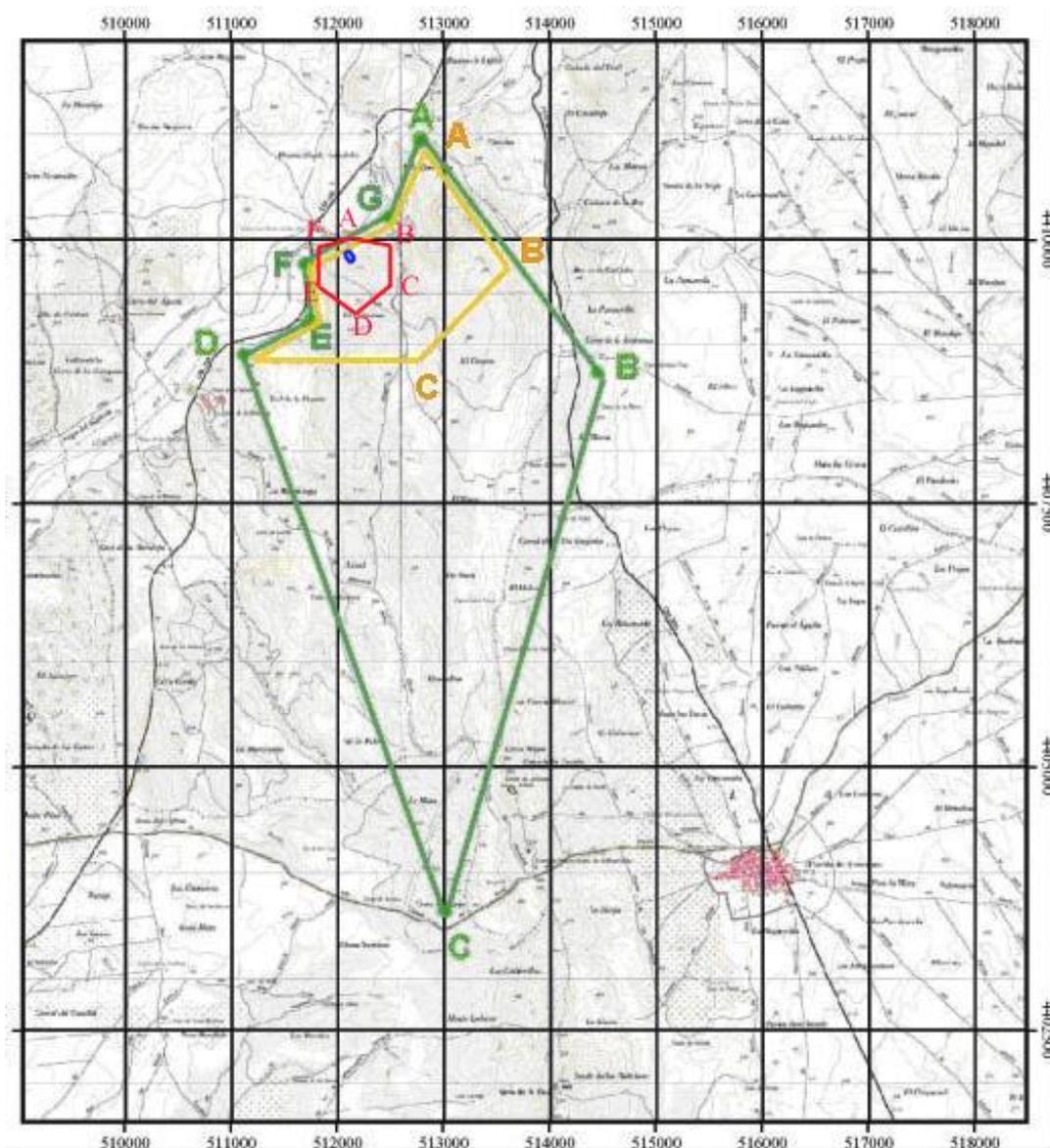
6.3.4. Perímetro de protección de la cantidad

Se delimita un sólo perímetro de protección de la cantidad, con el apoyo de criterios hidrogeológicos, en función del grado de afección que podrían producir determinadas captaciones en los alrededores.

Para la protección de los sondeos de abastecimiento a Horcajo de Santiago, en el informe del IGME de 2009 se calcula el descenso en el nivel piezométrico que podrían provocar sondeos de semejantes características a las del sondeo a proteger, situados a determinadas distancias.

El perímetro en este caso, se ha representado de manera poligonal, adaptándolo mediante criterios hidrogeológicos, para su mejor representación y gestión.

En la figura 14 se representan gráficamente el perímetro de protección de la cantidad (IGME, 2009), así como el resto de perímetros, válidos para el presente informe.



- Protección cantidad
- Restricciones moderada
- Restricciones máximas
- Restricciones absolutas

Figura 14. Mapa de la propuesta del perímetro de cantidad y de restricciones moderadas (fuente: IGME, 2009).

En la tabla 8 se reflejan las coordenadas UTM propuestas para los distintos perímetros de protección de los sondeos de abastecimiento a la localidad de Horcajo de Santiago.

Las coordenadas correspondientes a la zona de restricciones absolutas, han sido propuestas en el presente informe. Las coordenadas correspondientes a las zonas restantes (restricciones máximas, moderadas y de cantidad) se han mantenido las propuestas en el informe del IGME del 2009, transformadas a sistema de referencia ETRS 89.

| Zona | Punto | COORDENADAS (ETRS 89) H30 | |
|--------------------------------------------------------|-------|---------------------------|-----------|
| | Nº | X | Y |
| Zona de restricciones absolutas | A | 512071,8 | 4409686,2 |
| | B | 512136,9 | 4409626,8 |
| | C | 512064,5 | 4409580,8 |
| | D | 511993,9 | 4409639,2 |
| Zona restricciones máximas (informe IGME, 2009) | A | 511981 | 4409817 |
| | B | 512454 | 4409729 |
| | C | 512437 | 4409421 |
| | D | 512029 | 4409105 |
| | E | 511725 | 4409453 |
| | F | 511681 | 4409709 |
| Zona restricciones moderadas (informe IGME, 2009) | A | 512352 | 4410731 |
| | B | 514223 | 4408466 |
| | C | 512782 | 4403732 |
| | D | 510775 | 4408791 |
| | E | 511524 | 4409019 |
| | F | 511496 | 4409766 |
| | G | 512315 | 4410161 |
| Zona restricciones de cantidad (informe IGME, 2009) | A | 512352 | 4410732 |
| | B | 513390 | 4409767 |
| | C | 510775 | 4410732 |
| | D | 510775 | 4408792 |
| | E | 511524 | 4409020 |
| | F | 511496 | 4409767 |
| | G | 512315 | 4410162 |

Tabla 8. Coordenadas UTM propuestas para los distintos perímetros de protección.

Las actividades a restringir en las distintas zonas del perímetro se recogen en la tabla 9, tomada del informe del IGME de 2009.

| | DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES | ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS | ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS | | | ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------|---------|---------------------------------|--------|---------|
| | | Prohibido | Prohib. | Cond.* | Permit. | Prohib. | Cond.* | Permit. |
| ACTIVIDADES AGRÍCOLAS | Uso de fertilizantes | • | • | | | | • | |
| | Uso de herbicidas | • | • | | | | • | |
| | Uso de pesticidas | • | • | | | | • | |
| | Almacenamiento de estiércol | • | • | | | | • | |
| | Vertido de restos de animales | • | • | | | | • | |
| | Ganadería intensiva | • | • | | | | • | |
| | Ganadería extensiva | • | • | | | | | • |
| | Almacenamiento de materias fermentables para alimentación del ganado | • | • | | | | • | |
| | Abrevaderos y refugios de ganado | • | • | | | | • | |
| | Silos | • | • | | | | • | |
| | ACTIVIDADES URBANAS | Vertidos superficiales de aguas residuales urbanas sobre el terreno | • | • | | | | • |
| Vertidos de aguas residuales urbanas en fosas sépticas, pozos negros o balsas | | • | • | | | • | | |
| Vertidos de aguas residuales urbanas en cauces públicos | | • | • | | | • | | |
| Vertido de residuos sólidos urbanos | | • | • | | | • | | |
| Cementerios | | • | • | | | | • | |
| ACTIVIDADES INDUSTRIALES | Asentamientos industriales | • | • | | | | • | |
| | Vertido de residuos líquidos industriales | • | • | | | • | | |
| | Vertido de residuos sólidos industriales | • | • | | | • | | |
| | Almacenamiento de hidrocarburos | • | • | | | | • | |
| | Depósito de productos radiactivos | • | • | | | • | | |
| | Inyección de residuos industriales en pozos y sondeos | • | • | | | • | | |
| | Conducciones de líquido industrial | • | • | | | • | | |
| | Conducciones de hidrocarburos | • | • | | | • | | |
| | Apertura y explotación de canteras | • | • | | | | • | |
| | Relleno de canteras o excavaciones | • | • | | | | • | |
| OTRAS | Campings | • | • | | | | • | |
| | Acceso peatonal | • | | | • | | | • |
| | Transporte redes de comunicación | • | | • | | | • | |

* El proyecto de actividades deberá incluir informe técnico sobre las condiciones que debe cumplir para no alterar la calidad existente del agua subterránea.

Tabla 9. Definición de las actividades dentro de los perímetros de protección de calidad (fuente: IGME, 2009).

7. RESULTADOS OBTENIDOS

El sondeo Batán 4, perforado en materiales carbonatados mesozoicos ha resultado positivo, y se ha observado en el ensayo de bombeo efectuado que el caudal se estabiliza al menos hasta los 40 L/s, garantizando así la obtención del caudal requerido para el abastecimiento a la población.

A pesar de no haberse observado descensos significativos hasta los 40 L/s, el **caudal máximo de explotación recomendado es de 30 L/s** a explotar, no superándose dicha cifra con el fin de evitar posibles afecciones cuantitativas al acuífero, y teniendo en cuenta que para abastecimiento a la población de Horcajo de Santiago, este caudal es más que suficiente.

Será recomendable el equipamiento de contadores para determinar y, en su caso, regular el caudal extraído.

Como se ha citado en varios puntos del presente informe, debido a cercanía del nuevo sondeo perforado (Batán 4) con respecto al resto de captaciones existentes en la parcela (Batán 1, 2 y 3), se ha tomado como referencia el informe *“Propuesta de perímetro de protección para la captación de abastecimiento de agua potable a la localidad de Horcajo de Santiago (Cuenca)”* realizado por el IGME en diciembre de 2009.

En el cual se realizaron los perímetros de protección correspondientes y la cartografía de vulnerabilidad, haciéndose patente la necesidad de restringir ciertas actividades que pudieran afectar negativamente a la calidad del recurso.

En cuanto a la actividad ganadera, preocupa la presencia de una granja de ovejas lindando con el perímetro de protecciones máximas. Esta granja debe ser alejada de los afloramientos calizos y emplazarla sobre materiales arcillosos que ofrezcan protección natural al acuífero y/o asegurar la correcta gestión de los residuos.

En cuanto a la actividad agrícola, dentro del perímetro de restricciones moderadas queda prohibida la aplicación de pesticidas sobre los campos de cultivo, que aunque no muy abundantes, existen en el área definida. La aplicación de fertilizantes y herbicidas quedará condicionada al cumplimiento de lo establecido en informe técnico sobre las condiciones de la actividad restringida para no afectar a la calidad del agua subterránea.

Es recomendable la construcción de una caseta que proteja el sondeo Batán 4, ya que las tres captaciones restantes (Batán 1, 2 y 3) sí están dotadas de caseta de protección.

Conviene colocar un vallado metálico alrededor de cada una de las captaciones o, al menos, a lo largo del perímetro de la parcela catastral que alberga todos los sondeos debido a la cercanía de los mismos, con la finalidad de alcanzar la mayor protección a las captaciones, impidiendo el paso a cualquier persona ajena a las instalaciones.

Para la caracterización hidroquímica del agua captada en el sondeo Batán 4, el día 18 de marzo del 2016 se tomó una muestra de agua correspondiente al ensayo de bombeo del citado sondeo, la cual fue remitida al laboratorio del IGME, para su posterior análisis. Los resultados de dicha analítica serán detallados en una Nota Técnica posterior.

Madrid, 11 de abril de 2016

El autor del informe

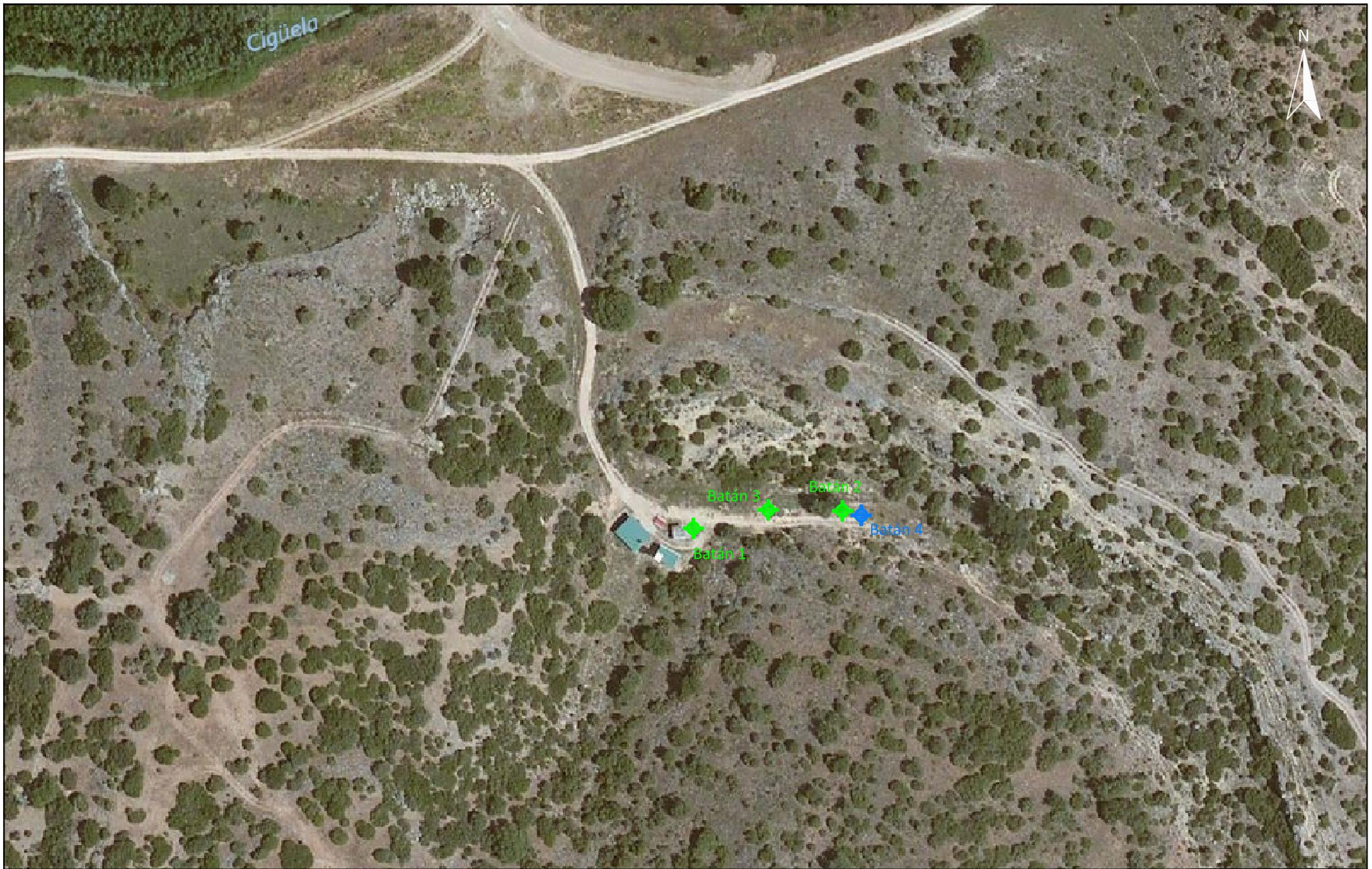
Fdo. Carlos Camuñas Palencia

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EPTISA. 2006. *Actualización de la situación actual de los sistemas de abastecimiento urbano de 10 municipios de la provincia de Cuenca: Horcajo de Santiago (16106)*.
- IGME. 1974. *Mapa geológico de España, serie MAGNA*. Hoja 632, *Horcajo de Santiago*. Escala 1:50.000. Mapa y memoria.
- IGME. 1999. *Mapa geológico de España, serie MAGNA*. Hoja 660, *Corral de Almaguer*. Escala 1:50.000. Mapa y memoria.
- IGME. 2009. *Propuesta de perímetro de protección para la captación de abastecimiento de agua potable a la localidad de Horcajo de Santiago (Cuenca)*.
- IGME. 2015. *Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento público de agua potable a Horcajo de Santiago (Cuenca)*.
- ITGE. 1989. *Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis*. Servicio de publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid, 600 pp.
- SONDEOS MARTINEZ, S.L. 2015. *Reconocimiento videográfico y testificación geofísica del sondeo Batán 2, situado en Horcajo de Santiago, Cuenca*.
- SONDEOS MARTÍNEZ, S.L. 2016. *Reconocimiento videográfico y testificación geofísica del sondeo Batán 3, situado en Horcajo de Santiago, Cuenca*.

APÉNDICE I
PLANOS DE SITUACIÓN DEL SONDEO





APÉNDICE II
REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Emplazamiento del sondeo Batán 4 (anterior a la perforación)



Emplazamiento del sondeo Batán 4 (durante la perforación)



Martillo en fondo de diámetro 254 mm y 315 mm



Tricono de 381 mm de diámetro



Tubería de revestimiento en chapa metálica

Tubos de 4,5 m de longitud, 6 mm de espesor y 310 mm de diámetro interior



Filtro galvanizado troquelado tipo puentecillo

Tubos de 4 m de longitud, 8 mm de espesor y 310 mm de diámetro interior



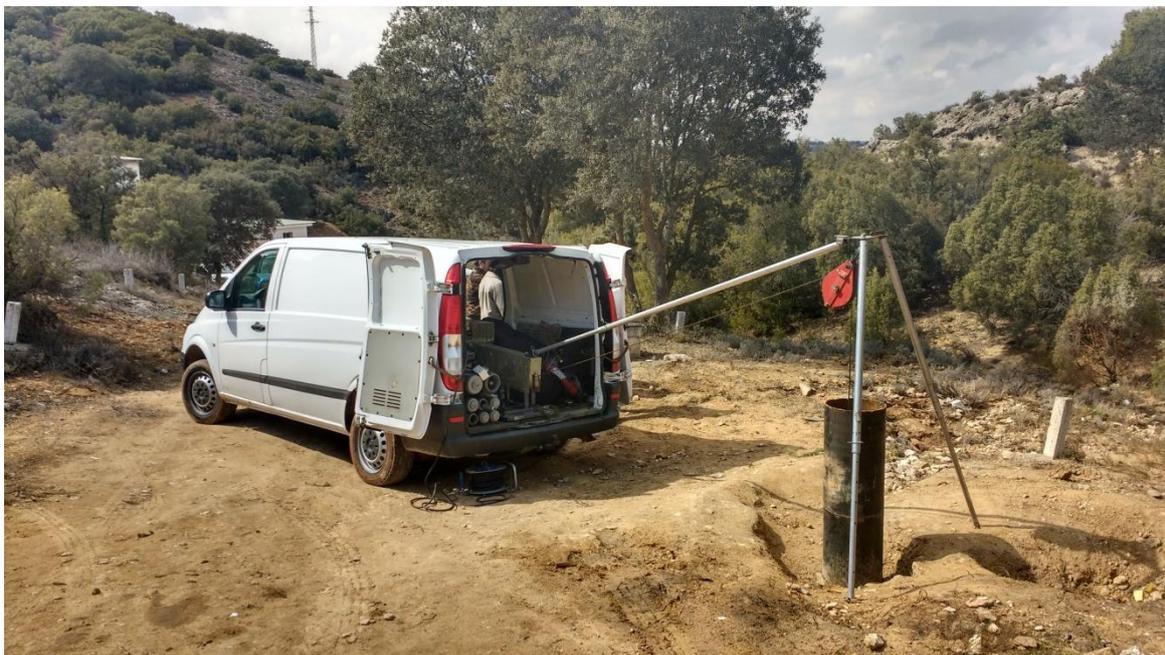
Sondeo acabado tras la entubación (10/03/2016)



Sondeo acabado tras la entubación (10/03/2016)

APÉNDICE III
RECONOCIMIENTO VIDEOGRÁFICO Y TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA

SONDEO BATÁN 4, HORCAJO DE SANTIAGO, CUENCA, DIPUTACIÓN DE CUENCA



Reconocimiento con Cámara de Video y testificación geofísica del sondeo BATÁN 4, situado en HORCAJO DE SANTIAGO, CUENCA. Realizado por Sondeos Martínez para la EXCMA. DIPUTACIÓN DE CUENCA.

21/03/16

ÍNDICE

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------|
| <u>SONDEO BATÁN 4, HORCAJO DE SANTIAGO, CUENCA, DIPUTACIÓN DE CUENCA</u> | | <u>1</u> |
| 1 | <u>INTRODUCCIÓN</u> | <u>3</u> |
| 1.1 | ANTECEDENTES | 3 |
| 1.2 | SITUACIÓN GEOGRÁFICA | 4 |
| 2 | <u>OBJETIVOS</u> | <u>5</u> |
| 3 | <u>EQUIPO Y METODOLOGÍA DE LA INSPECCIÓN</u> | <u>6</u> |
| 3.1 | EQUIPO DE TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA | 6 |
| 3.2 | CÁMARA DE TV | 7 |
| 3.3 | PARÁMETROS REGISTRADOS Y PROGRAMA DE TRABAJO | 8 |
| 4 | <u>RESULTADOS DEL RECONOCIMIENTO</u> | <u>10</u> |
| 4.1 | REGISTRO VIDEOGRÁFICO | 10 |
| 4.2 | REGISTRO DE TEMPERATURA Y CONDUCTIVIDAD | 11 |
| 4.3 | REGISTRO DE RADIACIÓN GAMMA NATURAL | 12 |
| 4.4 | REGISTRO DE VERTICALIDAD | 13 |
| 4.5 | REGISTRO DE DIÁMETROS | 14 |
| 5 | <u>CONCLUSIONES</u> | <u>15</u> |
| 6 | <u>ANEJOS</u> | <u>16</u> |

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

A petición de la EXCMA. DIPUTACIÓN DE CUENCA, se realizó, el 21/03/16, el reconocimiento geofísico e informe del sondeo BATÁN 4, situado en el término municipal de HORCAJO DE SANTIAGO, CUENCA, con el fin de comprobar el estado del sondeo recién perforado.

Según la propiedad:

El sondeo ha sido perforado mediante el sistema de rotopercusión, para solucionar los problemas de abastecimiento al municipio de Horcajo de Santiago.

El sondeo se encuentra entubado en su totalidad, con entubación de acero al carbono y los tramos de filtro puentecillo en acero galvanizado.

La explotación fue aforada favorablemente antes de realizar el presente estudio geofísico.

La finalidad del reconocimiento del sondeo es conocer las características del sondeo y su entorno geológico, para ello se realizó un registro videográfico y toma de datos de diferente índole (diámetros, inclinación, gamma natural, temperatura y conductividad, etc) que caracterizan la explotación.

Fotografía del equipo utilizado para realizar la testificación, junto al sondeo.



1.2 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

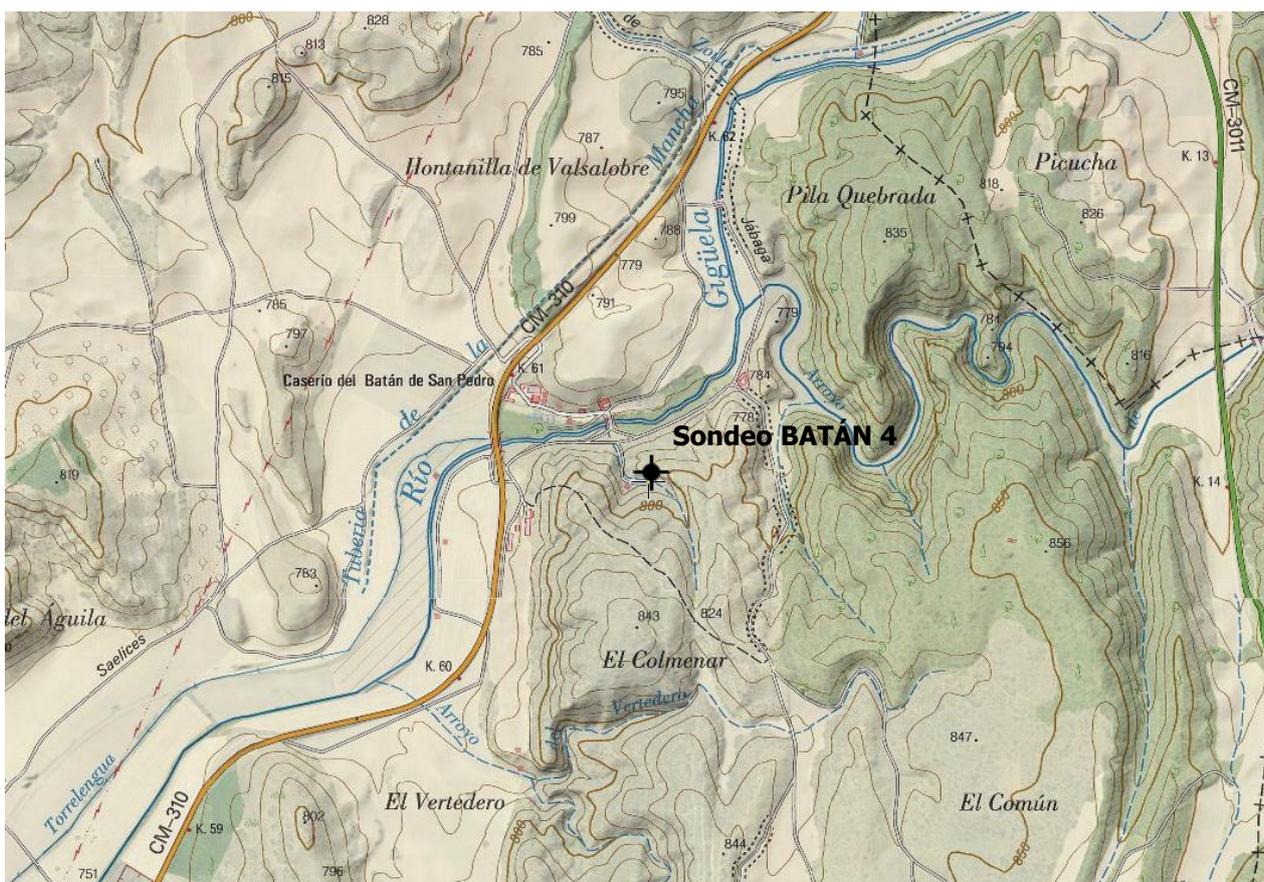
El sondeo se encuentra en el término municipal de HORCAJO DE SANTIAGO, CUENCA y, según los datos obtenidos en campo mediante un equipo GPS de la marca Garmin, sus coordenadas U.T.M. referenciadas al DATUM ETRS89 son las siguientes:

Huso: 30S

X UTM: 512.088 m

Y UTM: 4.409.630 m

Altitud: 784 m



2 OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio son los siguientes:

- Conocer las características actuales del sondeo y su estado de conservación.
- Verificar las características litológicas de los terrenos atravesados durante la perforación.
- Determinar la temperatura y conductividad del agua a lo largo del sondeo.
- Conocer los diferentes diámetros de entubación.
- Determinar el grado de desviación de la verticalidad.

Fotografía del brocal del sondeo.



3 EQUIPO Y METODOLOGÍA DE LA INSPECCIÓN

3.1 EQUIPO DE TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA

El estudio se ha llevado a cabo con un equipo de testificación geofísica fabricado por Mount-Sopris. Los datos son visualizados en tiempo real en un PC provisto del software de comunicación y adquisición MSLog, Matrix Logger. Posteriormente estos datos son exportados a otro software, WellCAD 4.3., en el que son tratados, corregidos y presentados.

Todos los equipos van montados sobre una furgoneta marca Mercedes-Benz, modelo Vito. El vehículo cuenta con una zona de control del equipo de testificación, una zona de trabajo y una zona de conducción. Dispone de un generador que proporciona energía eléctrica al conjunto del equipo con una autonomía de 15 horas.

Además de las sondas, el equipo de testificación cuenta con un cabrestante con 650 metros de cable equipado con un medidor de tensión con el fin de saber cuando la sonda ha llegado al fondo del sondeo y evitar posibles roturas por atasco. También se controla la velocidad de ascenso o descenso para realizar una correcta medición.

A continuación se describen las sondas que componen el equipo, sus características y los parámetros que registran:

- Sonda calíper modelo 2CAA-1000. Registra el diámetro del sondeo con un error inferior a +/- 5 mm. Su rango de medidas va de 40 a 570 mm. Esta sonda se calibra periódicamente para evitar posibles errores debido al desgaste y a la precipitación de elementos extraños en la misma.
- Sonda eléctrica y Calidad del agua modelo 2PEA-1000/F. Registra el potencial espontáneo (desde -1.5V a +1.5V), la resistencia puntual (0 a 5000 ohms), la resistividad normal de 8", 16", 32" y de 64" en un rango entre 0 y 2500 $\Omega \cdot m$ y la radiación gamma natural mediante un detector de cristal de Ioduro de Sodio con impurezas de Talio. Registra la conductividad en un rango entre 100 y 10000 $\mu S/cm$. y con un error de +/- 1%. Además determina la temperatura en un rango entre -20°C y 70°C y con un error de 0,5 % y una resolución de 0,05 %. Resistividad del fluido de 0 a 100 ohm-metros con un error del 1 %.
- Sonda inclinómetro modelo 2DVA-1000. Registra la desviación e inclinación del sondeo así como el azimut de la misma.
- Sonda Flowmeter modelo FLP-2492. Registra los diferentes flujos verticales en el interior del sondeo. Caracterización hidráulica de acuíferos.
- Sonda Toma Muestras. Capaz de extraer 2 litros de fluido de la profundidad deseada.

Tabla resumen de las características de las sondas del equipo de testificación.

| Sonda | Parámetro | Unidades | Error | Velocidad | Rango | Corriente | Dirección de medida |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|-----------------|---------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------|
| 2CAA-1000 Cáliper | Diámetro del sondeo | Milímetros (mm) | +/- 5 mm | 7 m/min | 40 a 650 mm | 60 a 65 V 30 a 60 mA 85 mA MAX abr/cerr | Ascendente |
| | Potencial espontáneo SP | miliVoltios (mV) | 1 % | 3.5 m/ min | -1,5 V a +1,5 V | | |
| | Resistencia monoeléctrica SPR | Ohmios (Ω) | 1 % | 3.5 m/ min | 1 a 5.000 Ω | | |
| 2PEA-1000/F | Resistividad 8",16",32" y 64" | Ohmios x metro (Ω·m) | 1 % | 3.5 m/ min | 1 a 2.500 Ω·m | 52 a 88 V | Descendente |
| | Gamma natural | CPS | - | 3.5 m/ min | Energías mayores de 60keV | 35 a 100 mA | |
| | Resistencia del fluido | Ohmios x metro (Ω·m) | 1 % | 3.5 m/ min | 0 a 100 Ω·m | | |
| | Temperatura | Grados Centígrados (C°) | 0,5 % | 3.5 m/ min | -20° a 70° C | | |
| | Conductividad | Microsiemens / centímetro (μS/cm) | 1 % | 3.5 m/ min | 100 a 10000 μS/cm | | |
| 2DVA-1000 | Inclinación y desviación | Grados sexagesimales Azimut | +/- 0,5° | 5-6 m/ min | 0 a 89,9° | 52-88 V 150 mA | Descendente |
| FLP-2492 | Flujo vertical | Metros por segundo (m/s) | < 0,3 m/min | 2-4-6-12 m/ min | 2-70 m/min | +30 V 100 mA | Ascendente y descendente |
| TMM-1000 | Toma muestras | Litros (l) | - | - | - | 90 V 12 mA 24 mA abr/cerr | Descendente |
| Encoder | Profundidad | Metros (m) | 0,15 % | - | 0-9999 m | 5 V | Ascendente y descendente |

3.2 CÁMARA DE TV

El equipo cuenta con una cámara de TV de alta resolución, sumergible hasta 1500 m., marca C.C.V. modelo BT9600. Dispone de iluminación fría antidesvellos y un objetivo que la dota de visión axial y lateral.

También se dispone de una cámara extrafina de 45 mm, con las mismas características y funciones, Marca CCV modelo WC1750.

Todas las funciones de enfoque, giros y elección de visual (axial o lateral) se controlan desde superficie.

3.3 PARÁMETROS REGISTRADOS Y PROGRAMA DE TRABAJO

El estudio realizado consta de dos etapas, el trabajo en campo y el trabajo en gabinete.

Trabajo de Campo.- Tras estudiar los objetivos a alcanzar, conocer las características del emplazamiento y la explotación, y seleccionar las sondas a emplear en el reconocimiento; se realizaron los trabajos de campo. Los parámetros registrados en el reconocimiento del sondeo han sido los siguientes:

Registro Videográfico. Con este registro obtenemos una idea clara y sencilla de las características constructivas y del estado de conservación del sondeo. Podemos distinguir tramos filtrantes de tramos ciegos, detectar roturas en la entubación o localizar objetos caídos al sondeo, testificación directa de litología. Control de calidad.

Testificación de diámetros (caliper). El control de diámetros puede proporcionar información sobre presencia de cavidades, desplomes, etc.; lo que nos servirá para planificar adecuadamente una correcta entubación. Si el sondeo está entubado, la sonda caliper permite situar la cota de reducciones, posibles abolladuras o implosiones de la entubación.

Temperatura y conductividad del agua. El registro termométrico se realiza en sentido descendente, para obtener las medidas antes de que el movimiento de la sonda mezcle el agua y haga variar la temperatura. Las diferencias de las variaciones de la temperatura del agua a lo largo del sondeo pueden aportar datos interesantes sobre las características, procedencias e interacciones entre los distintos acuíferos perforados.

Se realiza simultáneamente el registro de conductividad eléctrica, que nos será muy útil para la detección de contaminación o identificación de acuíferos salobres. Esta conductividad se corrige a condiciones estándar (25° C).

Radiación gamma natural. El registro de rayos gamma natural (desintegración de los átomos de K, U y Th) permite distinguir materiales de alta emisión radiactiva, como las arcillas, feldspatos o micas, con alto contenido en potasio, de otros menos emisivos, como las calizas o arenas. Esta información nos ayudaría a conocer los materiales atravesados durante la perforación del sondeo. En cualquier caso, hay que tener en cuenta el efecto en la medida de varios factores como el diámetro del sondeo, densidad del lodo,...

Testificación de la desviación e inclinación. La desviación de la perforación suele deberse a causas de tipo técnico o de índole geológico. Esta inclinación puede producir dificultades para entubar y un envejecimiento prematuro de la construcción. Además un grupo de impulsión que

trabaje relativamente separado de la vertical puede ver reducida su vida útil. La sonda nos muestra valores de inclinación y azimut, con lo que podemos obtener una visión de la verticalidad del sondeo y la dirección de la desviación.

El programa de trabajo se resume en la siguiente tabla:

| Tipo de sonda | Parámetro | Sentido | Día Hora | Velocidad (m/min) |
|---------------|--------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|
| TV | Registro Videográfico | Descendente | 21/03/16 13.00 | Variable |
| ELX | Temperatura, conductividad, gamma | Descendente | 21/03/16 14.00 | 7 |
| CAL | Diámetro | Ascendente | 21/03/16 14.30 | 7 |
| INC | Verticalidad | Descendente | 21/03/16 15.00 | 7 |

Trabajo de Gabinete.- Se aplica el tratamiento correspondiente a los resultados obtenidos en el trabajo de campo. Éste consiste en la eliminación de errores, suavizado de curvas, cálculo y estandarización de valores, etc. Con todo esto y la información recopilada se realiza el presente informe.

El video bruto obtenido en campo es editado y transformado para que pueda ser visionado en cualquier reproductor de DVD. Además se realiza este informe escrito que muestra las conclusiones obtenidas.

Tanto la campaña en campo como el trabajo de gabinete es llevado a cabo en todo momento bajo los procedimientos de la norma ISO 9001 / ISO 14001. Estas tareas las realizan dos técnicos del departamento de Testificación Geofísica de la empresa.

4 RESULTADOS DEL RECONOCIMIENTO

Todos los registros se realizaron tomando como punto de referencia el brocal del sondeo que, en este caso, se eleva 0 mm sobre el suelo y tiene 310 mm de diámetro.

4.1 REGISTRO VIDEOGRÁFICO

El reconocimiento se realizó el día 21/03/16 con los siguientes resultados:

El registro comienza con el enrasado de la cámara en el brocal del sondeo.

La tubería de acondicionamiento es de tipo soldadura longitudinal con orejetas tapadas.

El nivel estático del agua se localiza a 53,48 m.

El agua se encuentra turbia. Aclara a 85 m y se muestra limpia.

Los tramos filtrantes son de filtro puentecillo de acero galvanizado. Los tramos se sitúan:

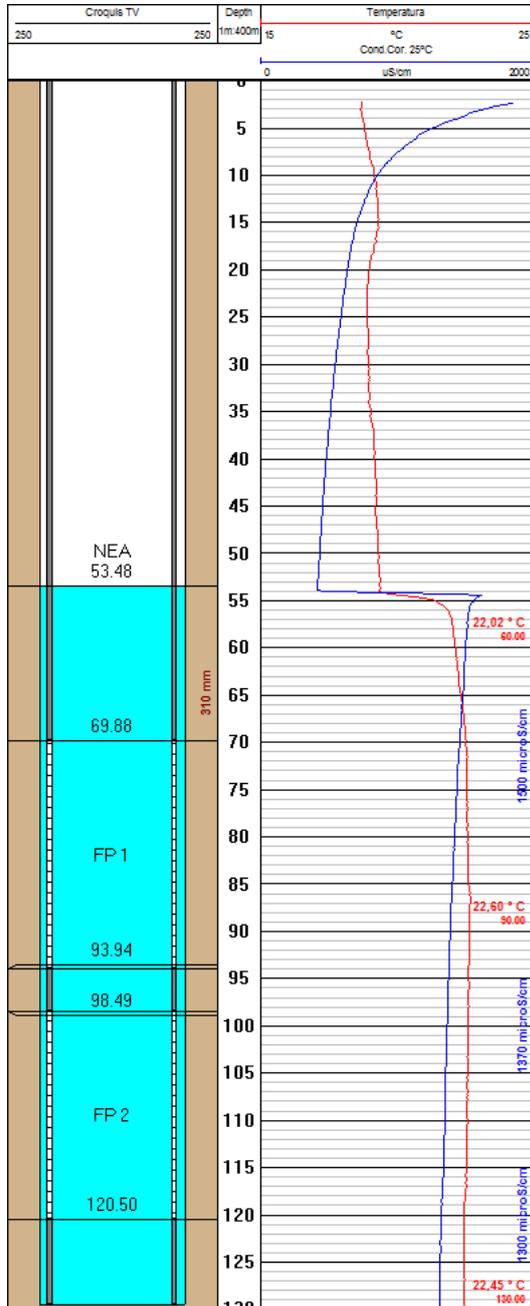
- De 69,88 m a 93,94 m
- De 98,49 m a 120,50 m.

A partir de 116 m se enturbia el agua y no es posible discernir el estado de la entubación.

El fondo del sondeo se encuentra a 129,50 m.

4.2 REGISTRO DE TEMPERATURA Y CONDUCTIVIDAD

Figura nº 1. Diagrama de temperatura y conductividad.



El registro de temperatura y conductividad se realizó el día 21/03/16 según el programa de trabajo.

La temperatura del agua en el nivel estático es de 22,02° C. La temperatura asciende ligeramente hasta 22,60° C, a 90 m.

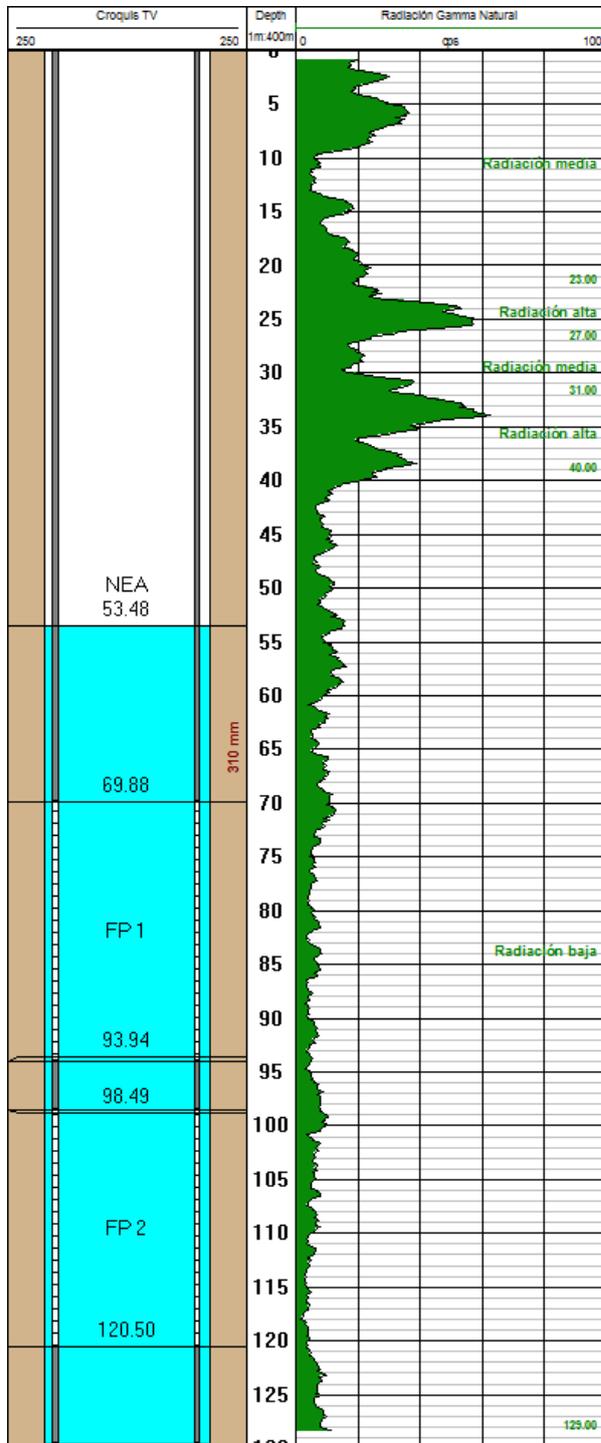
A lo largo del resto del sondeo la temperatura desciende más lentamente y de forma sostenida hasta alcanzar 22,45° C en el fondo del sondeo.

La conductividad en el nivel estático del agua es de 1500 µS/cm.

La conductividad del agua disminuye progresivamente y de forma sostenida registrándose 1300 µS/cm en el fondo del sondeo.

4.3 REGISTRO DE RADIACIÓN GAMMA NATURAL

Figura nº 2. Diagrama de radiación gamma natural



Este registro se realizó el día 21/03/16.

De él se extrae la siguiente información, una vez realizada las correcciones pertinentes para eliminar la atenuación producida por el fluido.

El registro obtenido es relativamente constante y los valores medios y bajos. Probablemente estén asociados a materiales calcáreos como calizas, dolomías y margocalizas.

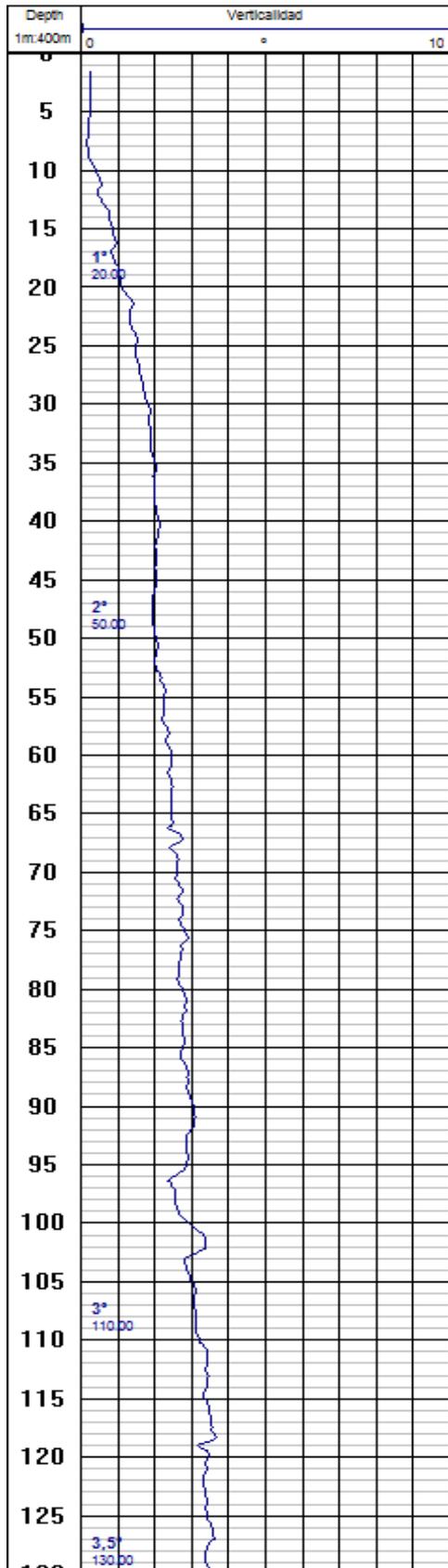
Se registran valores especialmente más altos, en picos, en los primeros 40 m del sondeo, lo que indica una más elevada presencia de arcillas en la roca (posibles margocalizas).

Entre el metro 40 y el fondo del sondeo, se localiza una formación de menor gamma natural que podría corresponder con niveles calizos y/o dolomíticos.

Toda esta información se debería comparar con la testificación mecánica obtenida en la perforación, con la finalidad de corroborar las litologías y definir correctamente los contactos.

4.4 REGISTRO DE VERTICALIDAD

Figura nº 3. Diagrama de verticalidad



Este registro se llevó a cabo el día 21/03/16, según el programa de trabajo.

A partir de 10 m de profundidad, el sondeo comienza a desviarse de la vertical.

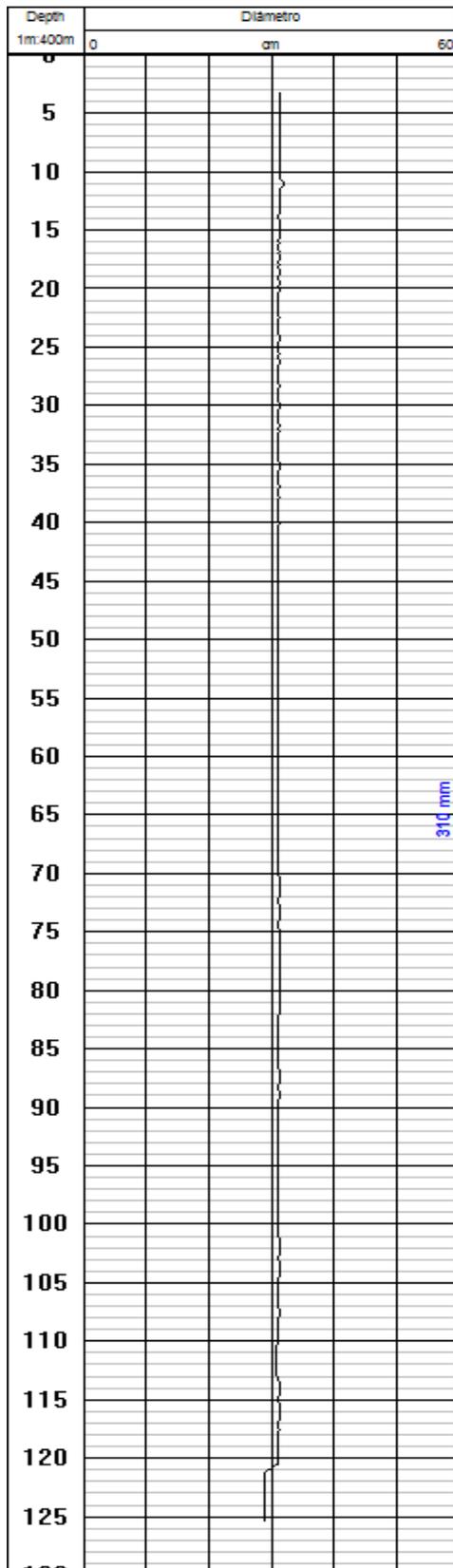
A 20 m la desviación es de 1°, a 35 m de 2°, a 90 m de 3° y en el fondo del sondeo 3,5°.

El perfil del sondeo adjunto en el anejo IV muestra la forma del sondeo suponiendo una dirección de desviación constante. De este modo el sondeo se desviaría una media de 2,3° y el extremo final del sondeo se alejaría 5,1 metros de la vertical.

La dirección de la desviación no ha podido ser medida puesto que el sondeo se encuentra acondicionado con tubería metálica y la brújula no funciona correctamente en estas condiciones.

4.5 REGISTRO DE DIÁMETROS

Figura nº 4. Diagrama de diámetros.



Este registro se llevó a cabo el 21/03/16, según el programa de trabajo. En el registro se observan los siguientes datos:

Este reconocimiento se realiza en sentido ascendente, abriéndose las patas de la sonda en el fondo del sondeo hasta que contactan con la tubería.

Entre 0 y 129,50 m, se registran valores que varían entre 312 y 300 mm, correspondientes a la tubería de acondicionamiento de 310 mm de diámetro.

5 CONCLUSIONES

Profundidad: el fondo del sondeo se encuentra a **129,5 m**.

Tubería de acondicionamiento: Se trata de una tubería de acero al carbono de 310 mm de diámetro interior y soldadura longitudinal. Las orejetas se encuentran selladas.

Los tramos filtrantes se encuentran instalados de 69,88 m a 93,94 m y de 98,49 m a 120,49 m, con filtro puentecillo galvanizado.

Verticalidad: Según el registro realizado el sondeo se encuentra desviado de la vertical una media de **2,3°**. La máxima inclinación registrada es de 3,5° en el fondo del sondeo. En el anejo IV se puede observar el perfil del sondeo suponiendo un azimut constante.

Diámetros: El diámetro de la columna de entubación es de **310 mm**.

Calidad y Nivel Estático del Agua: Se localiza a **53,48 m** de profundidad. El agua se muestra turbia a partir de 114 m, impidiendo observar correctamente el estado de la entubación.

En el nivel estático del agua, la conductividad registrada es de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la temperatura de 22° C. La conductividad del agua disminuye de forma muy constante a lo largo de todo el sondeo, terminado éste con 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La temperatura del agua asciende muy lentamente en el sondeo terminando éste con 22,45° C.

Se observa una ligera variación de la temperatura a 90 m donde la curva sufre una inflexión. Además a dicha profundidad se observa que aclara el agua. Puede que se trate de una zona productiva del sondeo.

Litología: El registro gamma natural indica una litología variable los primeros 40 m, con materiales calcáreos con distinta cantidad de matriz arcillosa. A partir de 40 m, el sondeo discurre por una formación sin variaciones significativas y de materiales calizos y/o dolomíticos. Se debería comparar con la testificación mecánica obtenida en la perforación, con la finalidad de corroborar las litologías y definir correctamente los contactos.

Miguel Trigueros Muñoz
Licenciado en Ciencias Ambientales



Jose Vicente Piera Mateo
Licenciado en Ciencias Ambientales



6 ANEJOS

Anejo I: Disco DVD con una copia del reconocimiento videográfico

Anejo II: Fotografías del reconocimiento

Anejo III: Diagramas normalizadas

Anejo IV: Perfil del sondeo

Anejo V: Resumen de trabajos realizados

Anejo I: Disco DVD con una copia del reconocimiento videográfico

Anejo II: Fotografías del reconocimiento



Enrasado al suelo del terreno, 0 m



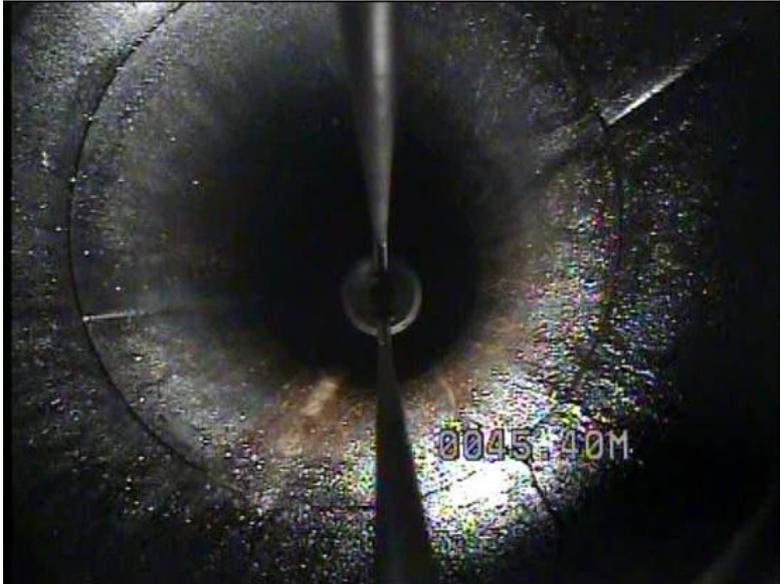
Tubería de soldadura longitudinal con orejetas cerradas, 0 m



Detalle de orejeta sellada, 15,58 m



Soldadura transversal en buen estado, 24,48 m



Descenso de la cámara, 45,40 m



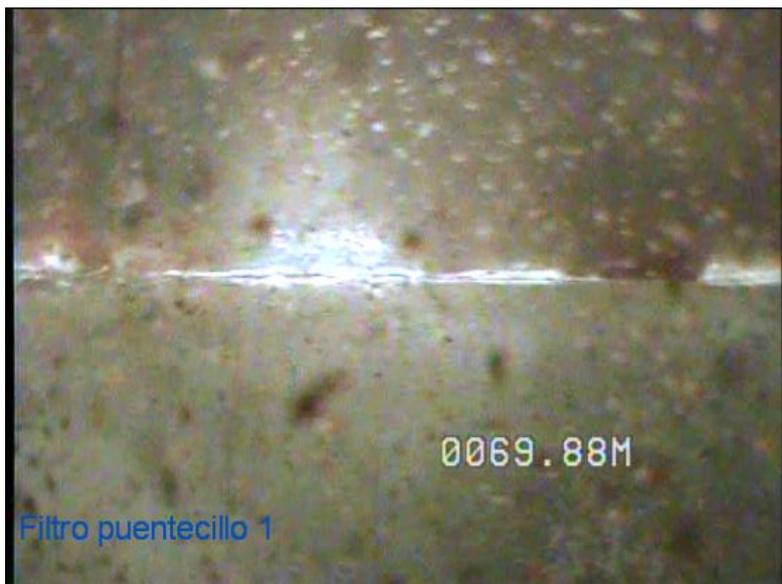
Nivel estático del agua, visto desde 52,95 m.



Nivel estático del agua, 53,48 m



Detalle de las orejetas, 56,45 m



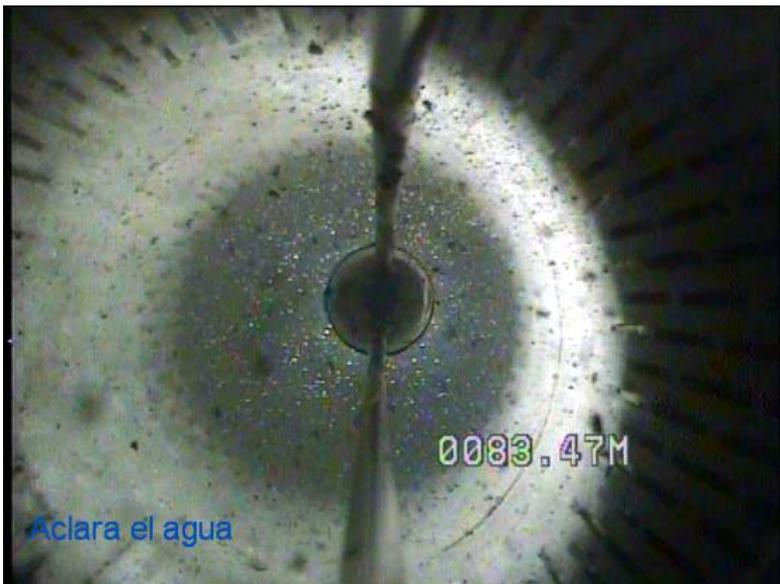
Filtro puentecillo 1, acero galvanizado, 69,88 m



El agua aclara ligeramente, partículas en suspensión, 71,29 m



Detalle de filtro en buen estado, 82,87 m



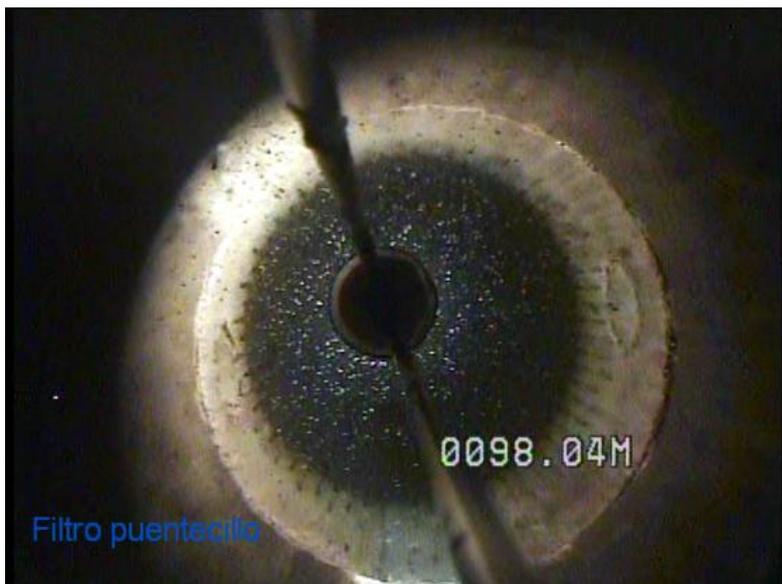
Aclara el agua, 83,47 m



Filtro puentecillo en buen estado, 88,91 m



Fin del filtro puentecillo 1. Soldadura transversal, 93,94 m.



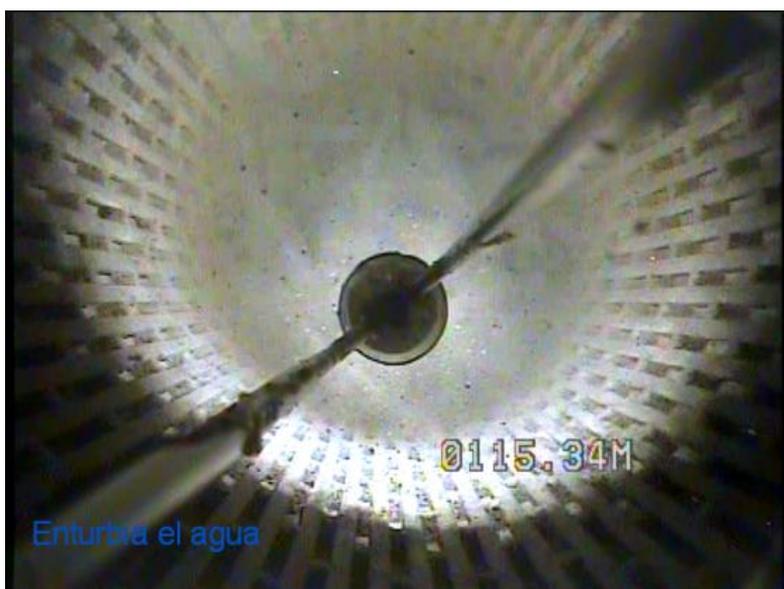
Detalle de contraste entre la entubación de acero al carbono y acero galvanizado, visto desde 98,04 m



Filtro puentecillo 2, acero galvanizado, 98,49 m



Detalle de filtro 2, visto a 111,84 m



Se enturbia el agua, 115,35 m



La turbidez impide observar correctamente el filtro puentecillo, 117,11 m

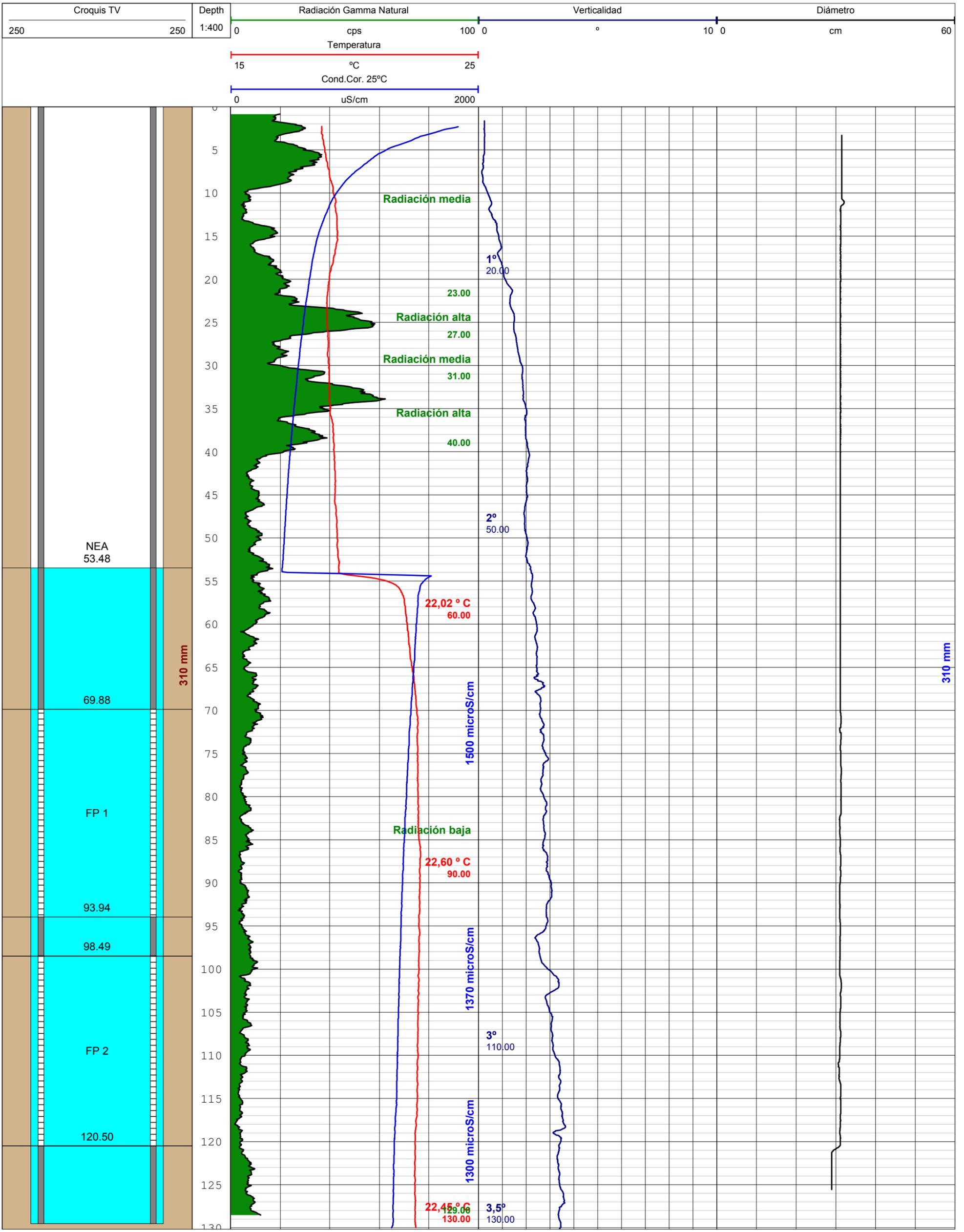


Fin de filtro puentecillo 2, visto a 120,50 m

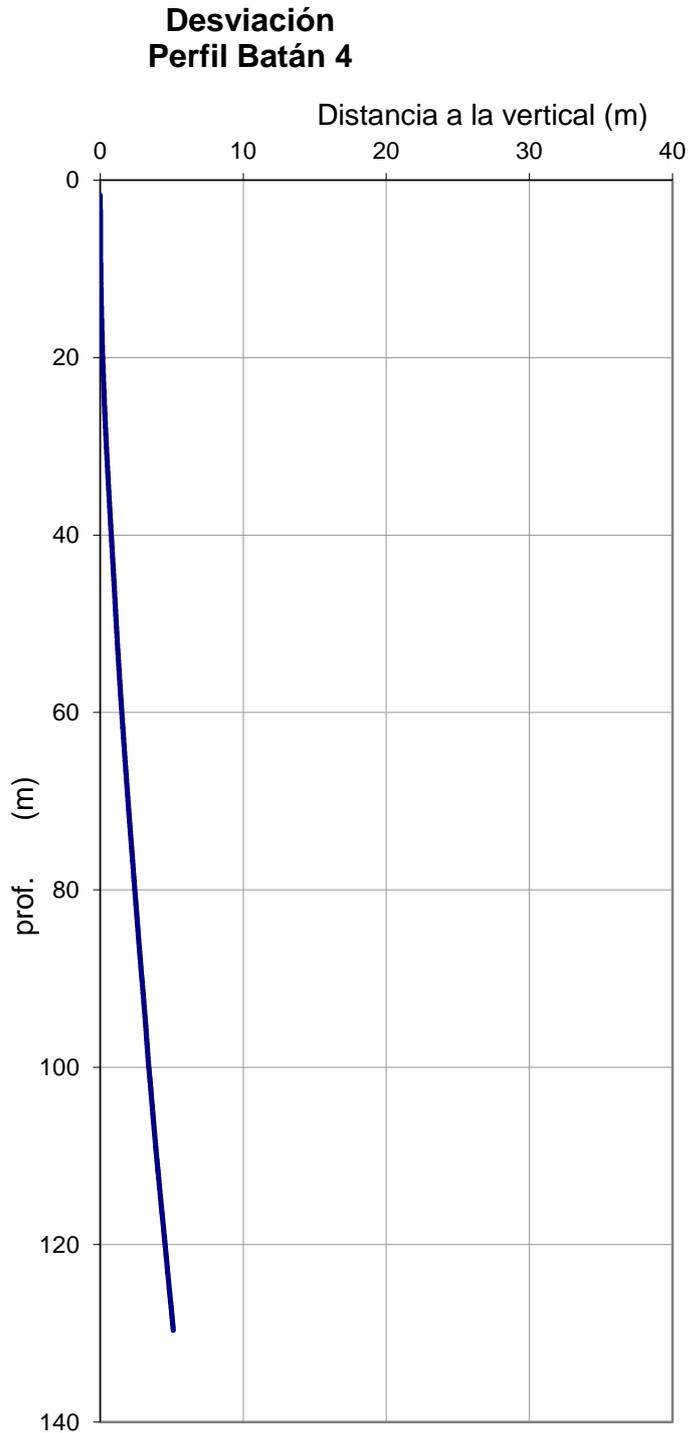


Fondo del sondeo, visto desde 128,88 m

Anejo III. Diagrafías del reconocimiento



Anejo IV: Perfil del sondeo



Anejo V: Resumen de los registros realizados

| | |
|-------------------------------------------|---------|
| Desplazamiento del equipo hasta el sondeo | 1 |
| Redacción de informe | 1 |
| Registro videográfico | 129,5 m |
| Sonda temperatura y conductividad | 129,5 m |
| Sonda gamma natural | 129,5 m |
| Sonda de verticalidad | 129,5 m |
| Sonda de diámetros | 129,5 m |

APÉNDICE IV
ENSAYO DE BOMBEO

SONDEOS MARTINEZ, S.L.
AUTOVIA DE LEVANTE, Km. 57
03400 VILLENA
ALICANTE

Fecha: 18 DE MARZO DE 2016

| | | |
|---------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Sondeo: Nº 4 | Termino municipal: ALMENDROS | Provincia: CUENCA |
|---------------------|-------------------------------------|--------------------------|

| | |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Comienzo: Día 17/03/16 Hora 12:00 NE. 54,74 | Terminación: Día 18/03/16 Hora 12:00 ND. 55,00 |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grupo generador | Grupo motobomba | Perforación 130 m. | |
| Marca: MECC-ALTE KVA.: 250 Motor: FIAT-AIFO Potencia: 400 | Marca: GRUNDFOS Tensión: 760 Tipo: SP 210-4 Potencia: 100 | 350 Ø m | Profundidad rejilla: 85 m. Q. medidas con: TUBO PITOT Niveles medidos con: SONDA Ø Tubería: 130 mm. |

| RECUPERACIÓN | | | | | |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Tiempo minutos | Recuperación metros | Tiempo minutos | Recuperación metros | Tiempo minutos | Recuperación metros |
| ½ | | 6 | 54,74 | 20 | 54,74 |
| 1 | 54,74 | 7 | 54,74 | 25 | 54,74 |
| 2 | 54,74 | 8 | 54,74 | 30 | 54,74 |
| 3 | 54,74 | 9 | 54,74 | 40 | 54,74 |
| 4 | 54,74 | 10 | 54,74 | 50 | 54,74 |
| 5 | 54,74 | 15 | 54,74 | 60 | 54,74 |

Observaciones:

| 1º Escalon | | | | 2º Escalon | | | | 3º Escalon | | | |
|------------|-----|-------|-------|------------|-----|-------|-------|------------|-----|-------|-------|
| Hora | Q | N.D. | | Hora | Q | N.D. | | Hora | Q | N.D. | |
| 13:15 | l/s | m. | | 14:15 | l/s | m. | | 17:15 | l/s | m. | |
| 0m | ND | 54,74 | ND | 0m | NE | 54,80 | NE | 0m | NE | 54,80 | NE |
| 5m | 20 | 54,80 | COLOR | 5m | 25 | 54,80 | CLARA | 5m | 30 | 54,90 | CLARA |
| 10m | 20 | 54,80 | CLARA | 10m | 25 | 54,80 | CLARA | 10m | 30 | 54,90 | CLARA |
| 15m | 20 | 54,80 | CLARA | 15m | 25 | 54,80 | CLARA | 15m | 30 | 54,91 | CLARA |
| 20m | 20 | 54,80 | CLARA | 20m | 25 | 54,80 | CLARA | 20m | 30 | 54,91 | CLARA |
| 25m | 20 | 54,80 | CLARA | 25m | 25 | 54,80 | CLARA | 25m | 30 | 54,91 | CLARA |
| 30m | 20 | 54,80 | CLARA | 30m | 25 | 54,80 | CLARA | 30m | 30 | 54,91 | CLARA |
| 45m | 20 | 54,80 | CLARA | 45m | 25 | 54,80 | CLARA | 45m | 30 | 54,92 | CLARA |
| 60m | 20 | 54,80 | CLARA | 60m | 25 | 54,80 | CLARA | 60m | 30 | 54,92 | CLARA |
| | | | | 1,5h | 25 | 54,80 | CLARA | 1,5h | 30 | 54,92 | CLARA |
| | | | | 2h | 25 | 54,80 | CLARA | 2h | 30 | 54,92 | CLARA |
| | | | | 2,5h | 25 | 54,80 | CLARA | 2,5h | 30 | 54,92 | CLARA |
| | | | | 3h | 25 | 54,80 | CLARA | 3h | 30 | 54,92 | CLARA |
| | | | | | | | | 3,5h | 30 | 54,92 | CLARA |
| | | | | | | | | 4h | 30 | 54,92 | CLARA |

| 4º Escalon | | | | 5º Escalon | | | |
|------------|-----|-------|-------|------------|-----|-------|-------|
| Hora | Q | N.D. | | Hora | Q | N.D. | |
| 21:15 | l/s | m. | | 1:15 | l/s | m. | |
| 0m | NE | 54,92 | NE | 0m | NE | 54,97 | NE |
| 5m | 35 | 54,96 | CLARA | 5m | 40 | 54,99 | CLARA |
| 10m | 35 | 54,97 | CLARA | 10m | 40 | 55,00 | CLARA |
| 15m | 35 | 54,97 | CLARA | 15m | 40 | 55,00 | CLARA |
| 20m | 35 | 54,97 | CLARA | 20m | 40 | 55,00 | CLARA |
| 25m | 35 | 54,97 | CLARA | 25m | 40 | 55,00 | CLARA |
| 30m | 35 | 54,97 | CLARA | 30m | 40 | 55,00 | CLARA |
| 45m | 35 | 54,97 | CLARA | 45m | 40 | 55,00 | CLARA |
| 60m | 35 | 54,97 | CLARA | 60m | 40 | 55,00 | CLARA |
| 1,5h | 35 | 54,97 | CLARA | 1,5h | 40 | 55,00 | CLARA |
| 2h | 35 | 54,97 | CLARA | 2h | 40 | 55,00 | CLARA |
| 2,5h | 35 | 54,97 | CLARA | 2,5h | 40 | 55,00 | CLARA |
| 3h | 35 | 54,97 | CLARA | 3h | 40 | 55,00 | CLARA |
| 3,5h | 35 | 54,97 | CLARA | 3,5h | 40 | 55,00 | CLARA |
| 4h | 35 | 54,97 | CLARA | 4h | 40 | 55,00 | CLARA |
| | | | | 5h | 40 | 55,00 | CLARA |
| | | | | 6h | 40 | 55,00 | CLARA |
| | | | | 7h | 40 | 55,00 | CLARA |
| | | | | 8h | 40 | 55,00 | CLARA |
| | | | | 9h | 40 | 55,00 | CLARA |
| | | | | 10h | 40 | 55,00 | CLARA |
| | | | | 11h | 40 | 55,00 | CLARA |