

Inspección y Vigilancia de las Obras de Construcción de sondeos para la Adecuación de las Redes de Piezometría y Calidad de las Aguas Subterráneas. Cuenca del Ebro.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

INFORME PIEZÓMETRO DE FONTIBRE: 090.001.001



ÍNDICE

	Pág.
1. PROYECTO	1
1.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	1
1.2. METODOLOGÍA SEGUIDA EN LOS TRABAJOS	5
1.3. OBJETIVO DEL PIEZÓMETRO	6
2. LOCALIZACIÓN	7
3. SITUACIÓN GEOLÓGICA	9
4. MARCO HIDROGEOLÓGICO	10
5. EQUIPO DE PERFORACIÓN	18
6. DATOS DE LA PERFORACIÓN	18
7. COLUMNA LITOLÓGICA	19
8. TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA	20
9. ENTUBACIÓN REALIZADA	21
10. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	24
10.1. ENSAYO DE BOMBEO Y PARÁMETROS DEL ACUÍFERO	24
11. HIDROQUÍMICA	32
12. CONCLUSIONES	35

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación del piezómetro sobre base topográfica 1:25.000</i>	8
<i>Figura 2. Ubicación del piezómetro sobre base del SIGPAC</i>	8
<i>Figura 3. Ubicación del piezómetro sobre la Cartografía Geológica MAGNA 1:50.000 (82) Tudanca</i>	10
<i>Figura 4. Esquema constructivo con las características litológicas y la entubación realizada en el sondeo.</i>	23
<i>Figura 5. Diagrama de Piper. Sondeo 090.060.001–Velilla del Cinca</i>	34
<i>Figura 6. Diagramas de Stiff. Sondeo 090.060.001–Velilla del Cinca</i>	34

Pág.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Síntesis de la columna litológica atravesada (descripción en campo).....	20
Tabla 2. Entubación realizada.....	21
Tabla 3. Datos mensuales del nivel piezométrico medidos con sonda hidronivel antes y después del ensayo de bombeo.....	24
Tabla 4. Resumen de los escalones del ensayo de bombeo.....	26
Tabla 5. Resumen de la tabla de datos del Escalón continuo.....	30

ANEJOS

ANEJO Nº 1: PERMISOS

ANEJO Nº 2: INFORMES DIARIOS DE PERFORACIÓN

ANEJO Nº 3: INFORME GEOLÓGICO

ANEJO Nº 5: ENSAYO DE BOMBEO

ANEJO Nº 6: ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS

ANEJO Nº 7: FICHA I.P.A. Y FICHA MMA

1. PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino lleva varios años desarrollando un programa de ampliación, mejora y optimización de las redes oficiales de control de las aguas subterráneas incluyendo, piezometría y calidad de las mismas.

A lo largo de los últimos ocho años se han realizado diferentes proyectos de ejecución e instalación de sondeos, de nueva construcción, que han pasado a formar parte y complementar la red oficial de seguimiento del estado cuantitativo y calidad de las aguas de la Cuenca Hidrográfica del Ebro. La localización de dichos sondeos atendió, fundamentalmente, a criterios técnicos en relación con la caracterización, estado y evaluación de los recursos de las masas de agua donde se ubicaban.

Con el fin de alcanzar los objetivos recogidos en la Directiva Marco del Agua (D.M.A.: Directiva 2000/60/CE) en sus artículos 4 y 8 y con las especificaciones del anexo V, la Confederación Hidrográfica del Ebro redactó, en diciembre de 2006, el **"Proyecto de Construcción de sondeos para la adecuación de las Redes de Piezometría y Calidad de las Aguas Subterráneas. Cuenca del Ebro"** en el que quedaron definidos el número, situación y características constructivas de 35 nuevos sondeos que pasarían a formar parte de la Redes Oficiales y que afectan a masas de agua poco definidas o sin ningún punto de control.

En junio de 2007 se licita, mediante concurso público, el contrato de Servicios para la **"Inspección y Vigilancia de las Obras de Construcción de sondeos para la Adecuación de las Redes de Piezometría y Calidad de las Aguas Subterráneas. Cuenca del Ebro"** en el que se prevé la

asistencia técnica, a la dirección de obra, en la construcción de 35 sondeos que totalizan 3.785 metros de perforación y de los que 13 se prevén hacer a rotopercusión con martillo neumático en fondo y circulación directa, 5 a rotación con circulación inversa y los 17 restantes a percusión.

Con fecha 27 de Abril de 2009 se acuerda la adjudicación definitiva a CONSULNIMA, S.L., firmándose el Contrato de Servicios de Referencia 09.822-0003/0611 con fecha 21 de mayo de 2009.

Con fecha 30 de septiembre de 2009, la Dirección de Obra de la Confederación Hidrográfica del Ebro, solicita autorización de redacción de la Modificación nº 1 del contrato para la ejecución de las obras del proyecto.

Con fecha 7 de octubre de 2009, el Presidente de la Confederación Hidrográfica del Ebro resuelve autorizar la redacción de esta MODIFICACIÓN Nº 1 del "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO". Éste fue redactado en abril de 2010. En dicho modificado el número total de piezómetros a perforar o adecuar previsto es de 48, debido a la necesidad de realizar una serie de sondeos adicionales al objeto, sobre todo, de sustituir o adecuar ciertos piezómetros existentes que han quedado inoperativos o están en riesgo de estarlo.

Con ello se ve incrementado el número de sondeos a supervisar y vigilar durante las obras en el marco del contrato de servicios a ellas vinculado, por lo que con fecha 1 de octubre de 2009, la Dirección de Obra de la Confederación Hidrográfica del Ebro, solicita autorización de redacción de la Modificación nº 1 de dicho contrato de servicios.

Con fecha 7 de octubre de 2009, el Presidente de la Confederación Hidrográfica del Ebro resuelve autorizar la redacción de esta MODIFICACIÓN Nº 1 del contrato para la "INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DELAS OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO".

Las razones de interés general que justifican las modificaciones de obra consideradas en el Modificado Nº 1 son las que se describen a continuación:

- Existencia de determinados sondeos de titularidad pública que cumplen los mismos objetivos hidrogeológicos previstos y pueden ser incorporados a la red piezométrica (1 PIEZÓMETRO).
- Las características propias de determinadas masas de agua subterránea requieren el control del estado cuantitativo de diversos acuíferos característicos de la misma. Ello obliga a realizar diversos sondeos de menor profundidad para alcanzar las zonas alteradas de estos mismos acuíferos para una misma masa (3 PIEZÓMETROS).
- Necesidad de reponer algunos piezómetros de la red oficial que en el transcurso de los años desde la redacción del proyecto han quedado inoperativos; ello requiere que sean sustituidos por sondeos nuevos que permitan el mantenimiento del control con la menor carencia de registro posible, al objeto de poder realizar la correlación de los datos y de no tener pérdida de medidas (5 PIEZÓMETROS).
- Necesidad de intentar la adecuación de una serie de sondeos pertenecientes a la red piezométrica oficial que actualmente se encuentran obstruidos o en riesgo debido a la falta de protección de la tapa o brocal. En caso de no ser posible la desobstrucción sería

necesario construir otro sondeo de similares características por entenderse inoperativos (6 PIEZÓMETROS).

- Variaciones constructivas de los piezómetros del proyecto durante la ejecución y planificación de las obras (mediciones, sistemas de perforación más adecuados, ubicación...).

Con ello el número total de piezómetros previsto a perforar o adecuar, y por tanto a inspeccionar y vigilar, es de 48 con la siguiente distribución:

- Número total de piezómetros: 48
- Sondeos a rotopercusión: 28
- Sondeos a percusión: 14
- Sondeos existentes a incorporar a la red: 1
- Sondeos existentes a acondicionar: 6
- Sondeos de hasta 100 m de profundidad prevista: 19
- Sondeos de entre 100-200 m de profundidad prevista: 22
- Sondeos de más de 200 m de profundidad prevista: 7

En Resumen, los trabajos realizados por CONSULNIMA, S.L. a lo largo de la ejecución del Proyecto se pueden agrupar en:

TRABAJOS DE INSPECCIÓN

- En relación con la supervisión de la obra.
- En relación con la documentación administrativa

TRABAJOS SISTEMÁTICOS DE CONTROL

- Control del Plan de Aseguramiento de la Calidad
- Control de ejecución de la obra
- Control de medición

- Control presupuestario
- Control de programación
- Control de Calidad

1.2 METODOLOGÍA SEGUIDA EN LOS TRABAJOS

Los trabajos desempeñados y que han sido objeto de control durante la ejecución del proyecto constructivo se pueden desglosar y resumir en:

- **Trabajos anteriores a la perforación**
 - Comprobación sobre el terreno de la ubicación del sondeo y posible replanteo.
 - Comprobación de accesos y permisos.
 - Presentación ante la Autoridad Laboral de los Avisos Previos y actualizaciones.
 - Revisión del Plan de Seguridad y Salud que será objeto de un informe donde se recogerá el seguimiento realizado antes, durante y al final de cada obra. Especial atención se pondrá en:
 - Control de documentación de maquinaria y trabajadores presentes en la obra.
 - Visitas periódicas a las obras con atención especial a la señalización de las áreas de trabajo y al uso correcto de los equipos de protección individual (EPIS'S).
- **Trabajos durante la perforación**
 - Perforación
 - Seguimiento de la perforación y control del cumplimiento de los objetivos hidrogeológicos.
 - Interpretación geológica, hidrogeológica y geofísica

- Propuesta de la finalización del sondeo y de entubación a la Dirección de Obra
- Control de las tareas de limpieza, toma de muestras, medición de niveles piezométricos, etc.

- **Trabajos finales**
 - Ensayos de Bombeo
 - Seguimiento del ensayo en campo (bombeo y recuperación).
 - Restauración del terreno a su estado original y construcción y colocación del cierre con arqueta antivandálica.
 - Representación e interpretación de los datos colectados.
 - Redacción de un informe final de cada uno de los sondeos/piezómetros.

Para facilitar la comunicación y la coordinación entre la Dirección de Obra, empresa adjudicataria de la construcción de los sondeos y empresa adjudicataria de la Inspección y Vigilancia, se creó un proyecto en un Centro de Trabajo Virtual en el que se han ido incorporando todos los datos y documentación generada durante la ejecución de cada sondeo.

1.3. OBJETIVO DEL PIEZÓMETRO

El objetivo de este piezómetro (090.001.001) es disponer de, al menos, un punto de control piezométrico en esta masa de agua (001) para el acuífero del Triásico.

Este piezómetro se encuentra ubicado, desde el punto de vista hidrogeológico, en la zona de descarga del acuífero del triásico superior Rethiense, hacia el Río Hajar y el nacimiento del río Ebro. Se trata de un acuífero por fracturación y/o kárstico tanto por su naturaleza carbonatada y dolomítica como por la fracturación que presenta.

El objetivo hidrogeológico, de este piezómetro, es cortar las calizas y dolomías del Triásico superior que forman dicho acuífero.

2. LOCALIZACIÓN

El sondeo se ubica cerca de la localidad de Fontibre en el término Municipal de Hermandad del Campoo de Suso. En la parcela 9004 del polígono 14 perteneciente al Ayuntamiento de Fontibre.

Se accede al ondeo se tomando un desvío situado a uno 500 metros pasado el acceso al nacimiento del Ebro una vez pasado el pueblo en dirección hacia Alto Campoo, el sondeo se sitúa a unos 300 metros siguiendo ese camino en un acceso a unas fincas particulares situada en un camino que sale a la derecha.

Las coordenadas UTM (ED-50 Huso 30) del punto son:

X: 402646 Y: 4763142 Z: 918.s.n.m

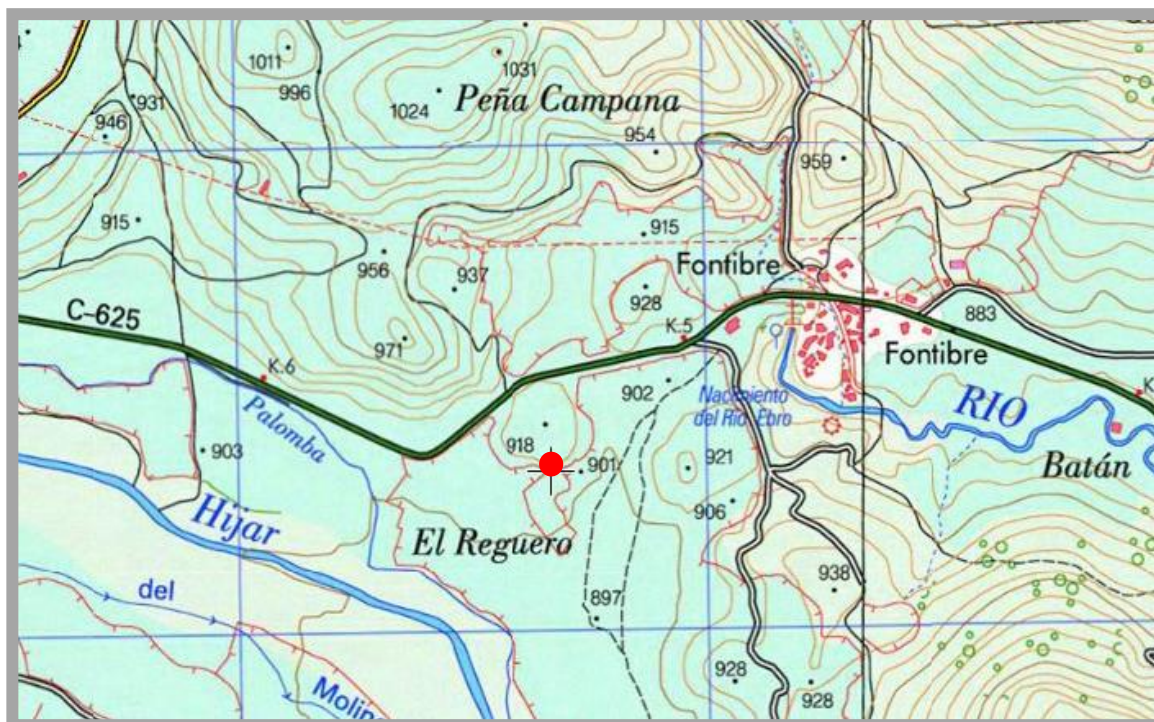


Figura 1. Ubicación del piezómetro sobre base topográfica 1:25.000.

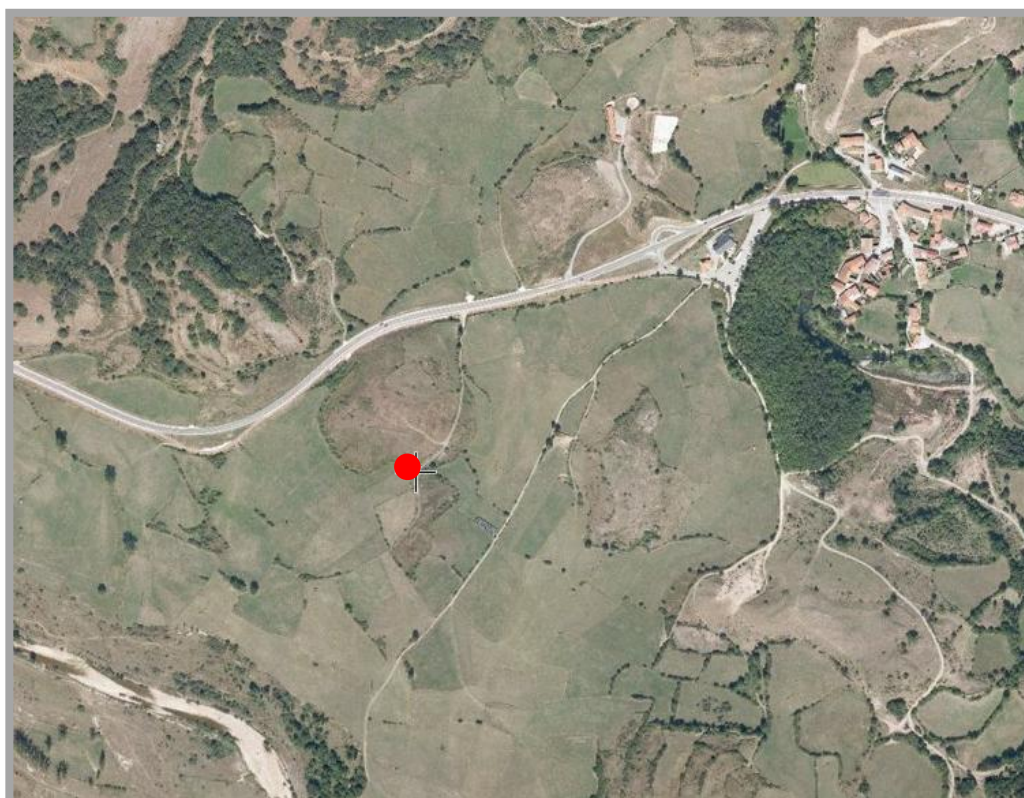


Figura 2. Ubicación del piezómetro sobre base del SIGPAC.

3. SITUACIÓN GEOLÓGICA

El sondeo se encuentra emboquillado en los materiales diferenciados como unidad 21 dentro de la hoja Geológica MAGNA nº 82 (Tudanca). En dicho plano se atribuyen al Muschelkalk aunque en la actualidad, dichos materiales se asignan a la Fm Imón, de edad Triásico terminal.

El piezómetro se localiza en una zona del flanco S del denominado sinclinatorio de Cabuérniga. Los materiales Triásicos y Jurásicos ocupan una banda de orientación, más o menos, norteada en el extremo oriental de la Hoja. Se trata de una zona que presenta una cierta complicación estructural al tener un sistema de fallas, de dirección aproximada NW-SE, que afectan a materiales, fundamentalmente, de dicha Fm. Imón. Asociado, a este sistema de fallas, se observa una disposición vertical de los materiales en uno de estos bloques de falla, concretamente de la Fm. Imón desde La Serna hasta Fontibre y aparecen, también, pequeños repliegues de los materiales en dirección prácticamente transversa a la de las fallas, como se observa entre Paracuelles y Fontibre y en donde se ubica el piezómetro. Por tanto, los materiales, donde se ubica el piezómetro, se encuentran fuertemente tectonizados, con unos valores de buzamiento previsiblemente muy elevados, cercanos a la verticalidad.

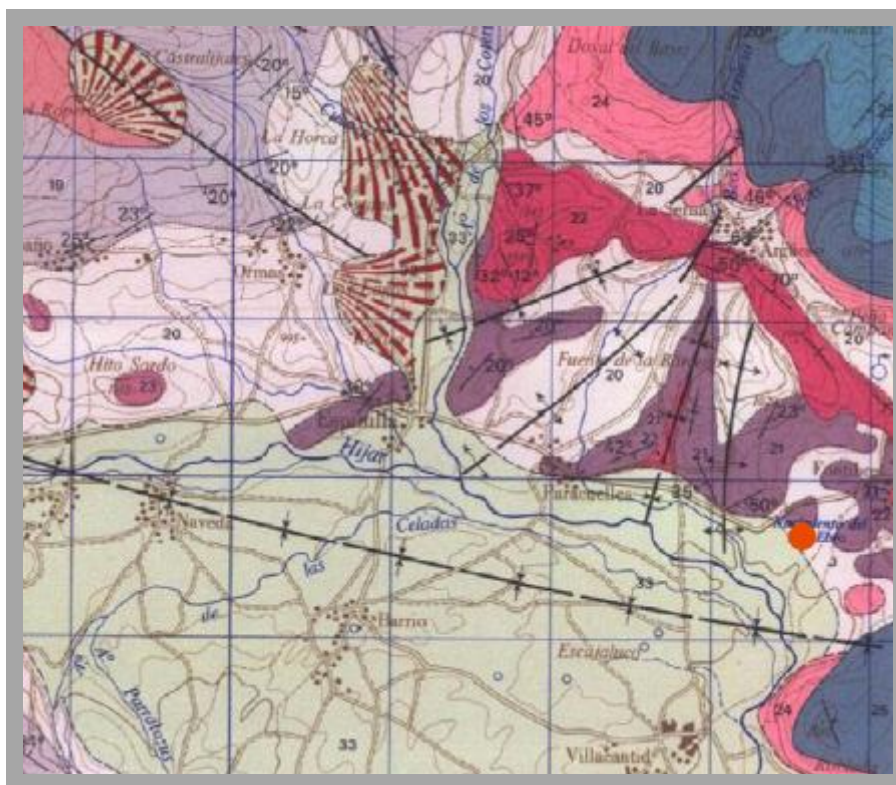


Figura 3. Ubicación del piezómetro sobre la Cartografía Geológica MAGNA 1:50.000 (82) Tudanca.

4. MARCO HIDROGEOLÓGICO

El sondeo se localiza en el dominio hidrogeológico denominado “Dominio Pirenaico Vasco-Cantábrico”. Este dominio comprende la parte más occidental del frente pirenaico (s.l.). Sus límites son los de la cuenca hidrográfica en la parte N y O, el cauce del río Arga por el E y el frente de cabalgamiento surpirenaico en la parte S. Este dominio hidrogeológico es uno de los más claros y bien definidos de la cuenca del Ebro. Comprende la parte más occidental de la gran estructura cántabro-pirenaica dentro de los límites de la cuenca. La aceptación del río Arga como límite entre este dominio y el adyacente (Arga-Cinca) obedece más a criterios hidrogeológicos y de gestión que a otros de índole estructural o sedimentológico. No obstante, el río Arga es casi coincidente con el accidente de zócalo denominado Falla de Pamplona o de Estella, sin reflejo superficial.

En cuanto a sus límites, se puede indicar que el límite septentrional coincide, grosso modo, con la divisoria hidrográfica sin que unidades, como la de la unidad Sinclinal de Villarcayo, sobrepasen los límites de la cuenca hidrográfica del Ebro. El acuífero principal (las Calizas de Subijana) se sitúa, íntegramente, dentro de la cuenca del Ebro. En las proximidades de Villasana de Mena, este acuífero choca con una estructura diapírica generando unas descargas que dan lugar al río Cadagua, de vertiente atlántica.

En cuanto a su límite oriental, está conformado por una banda de diapiros (Arteta u Olo, Salinas de Oro, Alloz y Estella) y la zona de flexión de Estella definen una franja NE-SO con una intensa fracturación interna (zona tectonizada de Abárzuza-Sierra de Andía) que definen geológicamente el límite oriental del dominio Vasco-Cantábrico. Esta franja está relacionada posiblemente con un accidente de zócalo NE-SO (falla de Estella o de Pamplona) que limita los sectores central y occidental del Pirineo.

A su Oeste se emplaza la cuenca Vasco-Cantábrica, de materiales meso-cenozoicos alpinos cabalgantes sobre los terciarios continentales del Ebro. En todo caso, esta falla no se manifiesta en cobertera. El cambio más significativo, a uno y otro lado de este hipotético accidente del basamento, es de tipo sedimentario.

Al Este se sitúa la cuenca eocena de Jaca-Pamplona, de pliegues ESE y limitada al S por el Cabalgamiento frontal surpirenaico. La falla de Estella limita ambos sectores y condiciona la ubicación diapírica de Estella y la evolución sedimentaria del Paleoceno-Eoceno de esta zona. Durante la tectogénesis ha actuado como desgarre siniestra, deformando la cobertera mesozoica que se flexiona y cabalga hacia el Ebro. Posiblemente, toda la franja corresponda a una rampa lateral del frente de cabalgamiento de la Sierra de Cantabria (ITGE, 1990).

Desde un enfoque hidrogeológico y de manejo es más correcto hacer coincidir el límite del Dominio con el cauce del río Arga, netamente ganador en la práctica totalidad de su recorrido. El río cruza de N a S los materiales margosos, poco permeables, del Eoceno de la cuenca de Pamplona y materiales continentales de la depresión del Ebro. Al N, tras atravesar una estrecha banda de flysch de edad Cretácico superior, se interna en el paleozoico del Pirineo Axial. Hacia el S de Pamplona, el límite se define en el cauce del río Arga, donde se localizan las surgencias de Ibero, Echauri y Belascoain, hasta su encuentro con la falla inversa del flanco N del Anticlinal de Puente la Reina.

El Límite meridional coincide con el cabalgamiento frontal de la Sierra de Cantabria. Desde el punto de encuentro del río Arga con el cabalgamiento del flanco N del anticlinal de Puente la Reina y hacia el O, el límite se define en esta falla inversa hasta alcanzar los materiales en facies Keuper del diapiro de Alloz. Quedan así englobadas en el dominio las facies proximales oligomiocenas del Ebro (Conglomerados del Perdón). Entre los diairos de Alloz y Estella, el límite se traza, de manera convencional, según una línea recta que une los puntos más meridionales de ambas estructuras; esta línea discurre por materiales impermeables. Hacia el O del diapiro de Estella el límite queda definido por el cabalgamiento de la Sierra de Cantabria en su primer frente.

El cabalgamiento frontal de la Sierra de Cantabria se prolonga lateralmente hacia el O en el cabalgamiento de los Montes de Tesla, en algunas zonas parcialmente fosilizado por depósitos Oligocenos y Miocenos de la Cuenca del Ebro. Al S de este accidente se localizan depósitos neógenos del entrante de Padrones de Bureba que lo independizan de los afloramientos mesozoicos del Arco de Rojas-Sta. Casilda prolongándose hacia el W dentro del Frente de cabalgamiento de la Plataforma Burgalesa sobre la cuenca del Duero. Este frente de cabalgamiento, localizado hidrográficamente en la

cuenca del Duero, se tomará como límite S del Dominio Vasco-Cantábrico, entre el Arco de Rojas-Sta.Casilda al SE y el río Pisuerga al NO.

En cuanto a su límite occidental queda definido por el cauce del río Pisuerga, perteneciente a la cuenca del Duero, desde su encuentro con el cabalgamiento anterior hasta las proximidades de Aguilar de Campoo, donde es relevado por su tributario el río Camesa hasta conectar con el límite hidrográfico de la cuenca del Ebro.

Dentro de esta unidad se puede diferenciar la masa de agua número 001, Fontibre. Esta se encuentra situada en el extremo NO de la cuenca del Ebro, en el límite con la cuenca del río Saja vertiente del Cantábrico. Cuenta con una extensión de 150 km² que se incluyen íntegramente en la Comunidad Autónoma de Cantabria. Corresponde al nacimiento del río Ebro así como su afluente por la margen derecha, el río Polla. La constituyen, principalmente, materiales carbonatados mesozoicos plegados y fallados en dirección E-O y NO-SE. El límite NE se define sobre la divisoria hidrográfica con la cuenca Norte hasta alcanzar al E el embalse del Ebro. El límite E discurre de forma, más o menos paralela, al río Ebro por las facies Pürbeck-Weald.

En cuanto a sus características geológicas la masa de agua de Fontibre se encuentra enclavada en el borde occidental de la Cordillera Cantábrica y está constituida fundamentalmente por materiales mesozoicos, plegados y fallados, formando estructuras de dirección E-O y NO-SE que se amoldan a las directrices hercínicas dominantes en el borde oriental del macizo asturiano. Estas directrices pueden estar asociadas a las dislocaciones del zócalo con un cierto despegue del Mesozoico al nivel del Keuper.

Los materiales triásicos afloran en el sector noroccidental de la masa de agua y se componen de una serie terrígena de areniscas, limolitas, arcillas y conglomerados de las facies Buntsandstein, dolomías y calizas del Muschelkalk

y por el Keuper que se distribuye formando amplias manchas de arcillas y yesos que dan lugar a la intrusión de masas ofíticas localizados en las zonas de Cervatos y Fresno del Río.

El Jurásico aflora al norte y en el sector suroriental de la masa de agua. Se compone de una serie carbonatada del Rethiense-Hettangiense compuesta por varios niveles de carniolas, calizas microcristalina y brechas calcáreo-dolomíticas que constituyen el acuífero del Suprakeuper-Lias y por el Dogger compuesto por una la alternancia de calizas y margas. Todo el Jurásico se encuentra formando una serie monoclinal que en el borde sureste se pierde bajo el Dominio Vasco Cantábrico.

Finalmente se reconocen las facies Pürbeck y Weald, del Jurásico Superior-Cretácica Inferior que constituyen el límite SE de la masa de agua. Se componen de una potente serie detrítico-terrágena con intercalaciones calcáreas a diferentes niveles que presentan importantes variaciones de facies y espesor.

El cuaternario también está presente tapizando los fondos de valle. Corresponde a los cantos con matriz arcillosa de los coluviones y las gravas y arenas que forman las terrazas de los ríos Hajar, Izarilla y Ebro.

Esta masa de Agua Comprende varios acuíferos formados por materiales triásicos y jurásicos principalmente. Los materiales que configuran el acuífero carbonatado del Munschelkalk se localizan en el núcleo del anticlinal del Alto Campoo y aparecen además, en afloramientos aislados con una base impermeable formada por materiales arcillosos del Munschelkalk medio. Está constituido por barras de dolomías, calizas, carniolas y brechas calcáreas con espesores que oscilan entre 50 y 150 metros y constituyen el nacimiento del río Ebro.

El acuífero jurásico está formado por calizas, dolomías y carniolas del Lías inferior y Calizas del Dogger que floran al N y S, en los flancos de los anticlinales, y presentan espesores de 300-450 y 750 metros respectivamente. Su yacente impermeable está formado por materiales arcillosos del Keuper. Entre estos dos tramos más calcáreos, se intercala una serie de materiales margosos del Lías Superior.

Existe otro acuífero de menor envergadura formado por los detríticos aluviales y derrubios de ladera del cuaternario que rellena el valle fluvial y la cabecera del río Ebro.

No se disponen de datos para determinar los parámetros hidrodinámicos de los acuíferos de esta masa de agua en relación a piezometría y direcciones de Flujo.

Las cotas de agua donde se producen los principales drenajes del Acuífero del Muschelkalk se corresponden con el Manantial de Fontibre (con una cota de 900-905 m.s.n.m.) y con los Manantiales de Muro (entre 970 a 975 m.s.n.m.). El acuífero del Suprakeuper-Lias, presenta sus principales descargas en el Nacimiento del río Polla a 870 m.s.n.m. el Río Besaya (Aldahueso-Lantueno) a una cota 700-710 m.s.n.m.; lo Manantiales de Muro en el borde meridional con tres niveles, uno a 925 m.s.n.m. otro entre 965-975 m.s.n.m., el tercero entre 1120-1260 m.s.n.m. y el Río Merdero y Arroyo de las Cabezas a 910-920 m.s.n.m.

La circulación del acuífero carbonatado del Muschelkalk-Keuper es preferentemente O-E y de forma secundaria N-S. No obstante se trata de un acuífero anisótropo con discontinuidad hidráulica y circulación por conductos y redes de drenaje preferencial.

En el acuífero del Suprakeuper-Lias, en el sector de Fontibre, la circulación y descarga se producen en dirección NO-SE y S-N hacia los cauces del río Polla. La parte más septentrional de este sector se descarga por el flanco norte directamente al aluvial de los ríos Irazilla e Hijar o bien en dirección SE hacia el nacimiento del río Polla, nivel de base de todo el sector.

En el sector septentrional del acuífero del Suprakeuper-Lias, al norte de Reinosa y Fontibre, el drenaje se realiza hacia los cauces del río Merdero y arroyo de las Cabezas en la cuenca del Ebro y a través del río Besaya en la Cuenca Norte. Finalmente, en el sector meridional del acuífero del Suprakeuper-Lias, las direcciones de flujo son NE-SO y NO-SE, coincidentes con la red de drenaje superficial.

En cuanto a la recarga de la unidad se produce por infiltración de las precipitaciones y por infiltración en algunos tramos fluviales. El acuífero del Muschelkalk se recarga a partir de las superficies de afloramiento de algo menos de 3 km² en el sector de Fontibre-Espinilla, por la superficie infrayacente bajo los depósitos cuaternarios, así como en los pequeños retazos diseminados por el borde meridional de la Sierra de Cantabria (la Sierra del Cordal), entre Espinilla y Sopeña a lo largo de toda la margen izquierda del arroyo Guares. El sustrato impermeable de este nivel acuífero, así como sus límites septentrionales, occidentales y orientales, que vienen definidos por las arcillas de baja permeabilidad del Munschelkalk Medio y del Keuper que le impondrán un carácter cerrado. Es posible que exista una conexión profunda en el límite occidental con el Buntsandstein a través de una fractura de dirección NO-SE discurriente por el del sinclinal del Cordel. El único límite abierto se encuentra en el borde meridional del acuífero, conectado hidráulicamente con los depósitos aluviales del río Hijar y el arroyo Celadas, de donde recibe los máximos aportes. El funcionamiento del sistemas consiste en los aportes procedentes de las pérdidas del río Hijar, en el tramo comprendido entre Paracuellos y El Reguero, con caudales del orden de 500

l/s en estiaje y algo más de 800 l/s en aguas altas que recargan mediante transferencias subterráneas el acuífero del Muschelkalk.

Finalmente la descarga se realiza a través de los manantiales y drenajes del acuífero hacia la red fluvial. Son importantes el manantial de Fontibre, nacimiento del río Ebro y los manantiales situados, a mayor cota, en el contacto entre las dolomías y las margas arcillosas del Keuper.

El acuífero del Suprakeuper-Lias, de mayor entidad, se recarga a partir de las infiltraciones en los afloramientos permeables y por aportes del río Marlantes de carácter perdedor en todo su recorrido por el acuífero. Las descargas se realizan hacia los cauces de la red hidrográfica, preferentemente hacia el río Polla.

En cuanto a la hidroquímica de las aguas, las correspondientes al nacimiento del río Ebro son muy poco mineralizadas con valores de conductividad de entre 200-300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y con facies entre mixtas y bicarbonatadas cálcicas. Las aguas correspondientes al río Polla son bicarbonatadas cálcicas con pequeñas variaciones de concentración en los iones SO_4 y Mg. Son aguas más mineralizadas con conductividades que oscilan entre 400 y 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Esta masa de agua subterránea no se encuentra sometida a presiones significativas, cuantitativas o cualitativas. A excepción de las áreas urbanizadas de Reinos, donde puede existir una posible contaminación puntual consecuencia del desarrollo industrial y una población de alrededor de 12.000 habitantes, el resto de la superficie está cubierto por praderas, matorrales y áreas boscosas sin afección sobre la masa de agua subterránea.

Existe una escasa explotación de los recursos subterráneos: la mayor parte de las demandas se cubren con recursos de procedencia superficial.

5. EQUIPO DE PERFORACIÓN

La perforación del sondeo y construcción del piezómetro ha sido realizada por la Compañía General de Ingeniería y Sondeos C.G.S., S.A. actuando de subcontratista la empresa Perforaciones Jiennenses Marchal S.L.

Se ha contado con un equipo de perforación a rotoperusión formado por una sonda FDO 400 con capacidad de tiro de 60 toneladas, sobre camión contracción total 4 x 4 y un compresor de 25 bares IR (Ingersoll Rand) 1170 25/33.

6. DATOS DE LA PERFORACIÓN

La perforación se inicia el 4 de Julio de 2010 a las 11:00 horas y se termina el 5 de Julio de 2010 a las 14:15 horas.

El día 4 de julio se llega al emplazamiento a las 10:00 h, el punto se ubica en una zona con gran vegetación en una zona situada entre dos caminos, que se desbroza para poder desarrollar el trabajo con la suficiente comodidad y seguridad. De acuerdo con el alcalde pedáneo se ubica definitivamente la máquina, y se comienza con la perforación del emboquille, que tiene un diámetro de 324 mm y hasta una profundidad de 6 m. A continuación se hinca la tubería de acero de 300 x 5 mm, y se da por finalizada la jornada laboral, hasta tener la certeza de que se puede continuar sin ocasionar problemas al propietario, de la parcela colindante, que ha sido necesario desbrozar por motivos de seguridad y por indicación de la dirección de obra.

Al día siguiente 5 de julio y una vez obtenida la autorización verbal del propietario de la parcela colindante, se retoman los trabajos de perforación a

las 9 horas. A las 10:20 h, se llevan perforados 24 m y a las 14:15 h se da por finalizado el sondeo habiéndose alcanzado la profundidad de 115 m. La velocidad media de avance ha sido de 26 m/hora, aunque en los últimos metros se ha visto disminuido debido a la dureza de los materiales atravesados por lo que, habiéndose alcanzado el objetivo hidrogeológico, se da por finalizado el sondeo. Antes de finalizar la perforación se ha tomado una muestra del agua y se ha medido su conductividad, dando un valor de 1.068 $\mu\text{S/cm}$. (Ver Anejo N^o 2, Informes diarios de perforación).

7. COLUMNA LITOLÓGICA

Durante la realización de la perforación, se efectúa una primera descripción litológica, de los materiales cortados, mediante observación del ripio extraído de la de perforación a intervalos de metro. Cada 5 metros de avance se realiza una toma de muestra representativa y se guarda en recipiente, bien identificado, para su posterior envío a la litoteca que el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) dispone en el Km. 192 de la Ctra de Badajoz-Granada en la localidad de Peñarroya (Córdoba).

0-3 m	Relleno cuaternario compuesto principalmente por gravas de calizas de muy diversos tamaños, redondeadas a subredondeadas.
3-7 m	Calizas micríticas de color gris oscuro a negro, con matriz margosa de color gris claro a blanquecino
7-16 m	Tramo más margoso con cantos de calizas micríticas de color negro
16-25 m	Calizas muy fracturadas, con textura de arena fina a muy fina, de color gris oscuro, con algunos cantos de cuarzo. Se trata de una zona de fractura
25-29 m	Margas de color marrón con indicios de cantos de calizas negras
29-31 m	Margas de color marrón con bastantes cantos de calizas negras, aumenta la proporción de cantos.

31-40 m	Alternancia de calizas grises y margas ocrea a pardas
40-58 m	Calizas grises, con algunos tonos rojizos, recristalizadas con algo de matriz margosa.
58-77 m	Calizas grises, con algunos tonos rojizos, recristalizadas con algo de matriz margosa.
77-83 m	Calizas grises a negras con algo de margas.
83-85 m	Calizas grises a negras con bastantes margas.
85-89 m	Calizas grises, negras y rojizas con algunos cantos oquerosas.
89-115 m	Calizas micríticas de color negro, fracturadas con recristalizaciones en calcita, que presenta cantos de mayor tamaño.

Tabla 1. Síntesis de la columna litológica atravesada (descripción en campo).

La edad asignada a las litologías atravesadas, según su contexto geológico y las facies observadas, pueden ser: del metro 0 a 3 corresponde un relleno cuaternario. A partir del metro 3 y hasta final del sondeo, se corresponde con las calizas tableadas, recristalizadas y algo dolomitizadas del Triásico que se diferencian en la cartografía Magna como unidad 21 y se atribuyen al Muschelkalk, si bien trabajos recientes (Sopeña et al., 2009) han demostrado pertenecen a la Fm. Imón, de edad Triásico terminal (Noriense p.p-Rethiense)

8. TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA

La testificación geofísica se realiza el día 4 de Julio de 2010 y la realiza la Compañía General de Ingeniería y Sondeos, CGS, S.A., con medios propios constituido por un equipo CENTURY SYSTEM – IV, montado sobre Furgoneta Volkswagen 4X4 y equipado con una sonda 9.055, que mide la desviación e inclinación del sondeo, y una sonda 8044 (hidrogeológica), que registra los parámetros de gamma natural, resistividad normal corta y larga, resistividad lateral, potencial espontáneo, temperatura y conductividad.

La testificación comienza a las 15:40 h.

En primer lugar se introduce la sonda hidrogeológica, la cual no desciende más del metro 35, por lo que no se puede llevar a cabo la testificación constatándose, sin embargo, que el nivel de agua se encuentra a unos 29 m.

9. ENTUBACIÓN REALIZADA

Se utilizan dos tipos de tubería: Una primera de acero de 300 mm de acero y 5 mm de espesor de la que se colocan 6 metros y una segunda que consiste en tubería en chapa de acero, de 180 x 4 mm, de los que se colocan 115 m: 85 m corresponden a tubería ciega y 30 m a filtro de puentecillo y tubería ranurada, que se coloca en cotas donde se detecta el aporte de agua

REVESTIMIENTO				
Tramo (m)	Diámetro tubería (mm)	Espesor pared (mm)	Tipo	Filtro
0-6	300	5	Acero al carbono	Ciega
0-65.5	180	4	Chapa de acero	Ciega
65.5-68.5	180	4	Chapa de acero	Filtro
68.5-71.5	180	4	Chapa de acero	Ciega
71.5-76	180	4	Chapa de acero	Filtro
76-88	180	4	Chapa de acero	Ciega
88-91	180	4	Chapa de acero	Filtro
91-94	180	4	Chapa de acero	Ciega
94-97	180	4	Chapa de acero	Filtro
97-103	180	4	Chapa de acero	Ciega
103-106	180	4	Chapa de acero	Filtro
106-112	180	4	Chapa de acero	Ciega
112-115	180	4	Chapa de acero	Filtro

Tabla 2. Entubación realizada.

La unión entre tramos de tubería es mediante soldadura y la tubería se dispone apoyada sobre el fondo del sondeo.

Se ha realizado también una cementación de la parte superior del sondeo 6 metros para el aislamiento de los posibles aportes superficiales y consolidar el emboquille, para que no se produzcan colapsos.

Para terminar la adecuación del piezómetro, en la cabeza del sondeo se coloca una arqueta antivandálica que se protege mediante un dado de hormigón de 1m² de base x 0.7 m de altura.

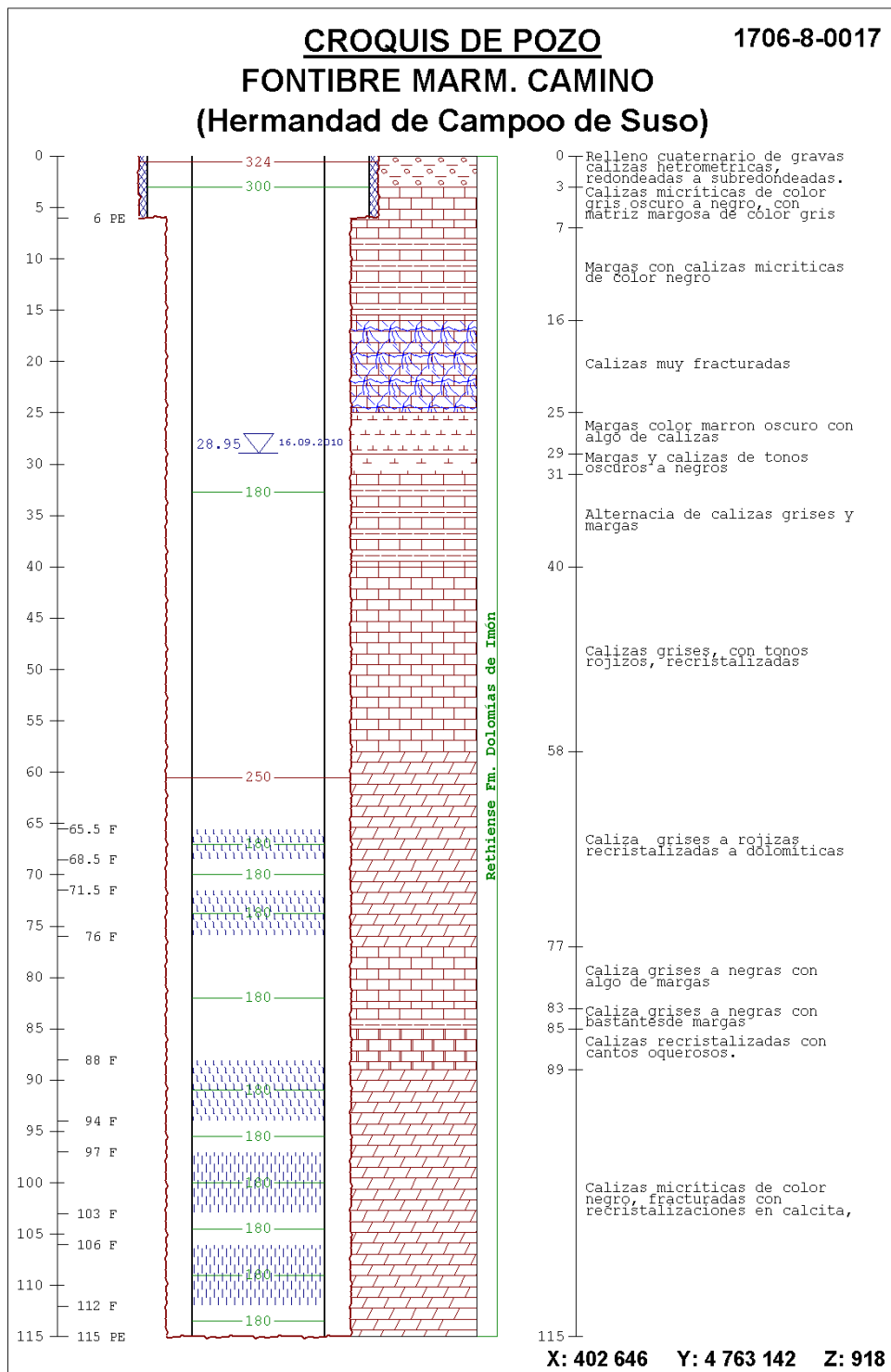


Figura 4. Esquema constructivo con las características litológicas y la entubación realizada en el sondeo.

10. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

El acuífero atravesado está constituido calizas tableadas, recristalizadas y algo dolomitizadas del Triásico terminal (Fm. Imón).

Durante la perforación se han cortado humedades entre los 30 y 40 m entrándose, claramente en el acuífero a partir de los 60/65 m e incluso antes (entorno a los 50 metros) con los principales aportes a partir de los 85/90 m. El caudal estimado está alrededor de 1 l/sg o algo inferior.

Los niveles medidos, antes del ensayo de bombeo, se muestran en la tabla que a continuación se inserta.

Fecha	Nivel (metros)
23/11/2010	22.34
19/10/2010	28.21
16/09/2010	28.95
18/08/2010	28.77

Tabla 3. Datos mensuales del nivel piezométrico medidos con sonda hidronivel antes y después del ensayo de bombeo.

10.1. ENSAYO DE BOMBEO Y PARÁMETROS DEL ACUÍFERO

Durante los días 13 y 14 de Diciembre de 2010 se realiza el ensayo de bombeo. El equipo de bombeo está constituido por un grupo generador marca Mecc Alte de 250 KVA, motor Fiat Alfo de 400 CV y una tubería de impulsión de 70 mm de diámetro. Se utiliza una bomba Saturn modelo 6SS – 60/14 con una potencia de 50 CV.

Se ha posicionado la bomba a 99 m y se mide el nivel a 25,44 metros.

Se ha previsto la evacuación de las aguas del ensayo, mediante una manguera flexible a una parcela donde se ha solicitado permiso previamente.

El primer escalón comienza a las 18:10 h, con un caudal de 0,5 l/sg y acaba, pasados 30 minutos, a las 18:40 h. El descenso de este escalón ha sido de 0,41 m estabilizándose, rápidamente, en 25,85 m por lo que se decide doblar el caudal en el siguiente escalón.

El siguiente escalón, de 1 l/sg, da comienzo a las 18:40 h y acaba a las 19:40 h con una duración de 60 minutos. Comienza con el nivel a 25,85 m, y finaliza en 26,38 m, con lo que el descenso es de 0,53 m. El nivel se ha estabilizado, por lo que se decide seguir doblando el caudal a extraer. En este escalón se extrae un caudal de 2 l/s, y tras media hora, a las 20:10 h, al observar la estabilización del nivel dinámico, a la profundidad de 27,17 m, se da por finalizado este escalón y se vuelve a aumentar el caudal a extraer.

El siguiente escalón da comienzo a las 20:10 h y acaba a las 21:40 h, teniendo una duración de 60 minutos y con un caudal de 4 l/s. Comienza con el nivel a 27,17 m y finaliza en 29,14 m con lo que el descenso es de 1,97 m.

A las 21:40 h se aumenta el caudal a 8 l/s, y se bombea durante 90 minutos. Comienza con el nivel a 29,14 m y finaliza en 31,90 m con lo que el descenso es de 2,76 m. Se decide de cambiar el aforador e incrementar el caudal hasta los 9/sg y realizar el escalón continuo con este caudal. El aforador se cambia aprovechando el tiempo de recuperación.

La recuperación comienza a las 23:10 h (Recuperación 1) con una duración de 60 min y se observa que el nivel del agua asciende hasta alcanzar

los 25,47 m de profundidad, por lo que el ascenso es de 6,43 m. El escalón continuo da comienzo a las 0:10 del 14 de diciembre de 2010 con un caudal de 9 l/sg, durante el cual se produce un descenso de 8,30 metros, estabilizándose el nivel a partir de la hora 14 en 33,99 metros.

A las 00:10 h del 14/12/2010, da comienzo el escalón de larga duración con un caudal a extraer de 9 l/s. El descenso, durante el desarrollo de este escalón, es de 11,52 m ya que el nivel inicial, antes de comenzar a bombear, era de 25,47 m y el nivel, al final de este escalón, se encuentra a 33,77 m. La duración de este escalón ha sido de 1.080 minutos (18 horas).

A las 18:10 h, comienza la recuperación (Recuperación 2) con una duración de 120 minutos (2 horas) durante las cuales el nivel del agua asciende hasta alcanzar los 26,03 m de profundidad, con lo que el ascenso es de 10,96 m.

Escalón	Q(L/sg)	T(min)	N. inicial (m)	N. final (m)	Descenso (m)
Escalón 1	0,50	30	25,44	25,85	0,41
Escalón 2	1	60	25,85	26,38	0,53
Escalón 3	2	30	26,38	27,17	0,79
Escalón 4	4	60	27,17	29,14	1,97
Escalón 5	7	90	29,14	31,90	2,76
Recuperación 1	0	60	31,90	25,47	6,43 (ascenso)
Escalón 6	9	1.080	25,47	36,99	11,52
Recuperación 2	0	120	36,99	26,03	10,96 (ascenso)

Tabla 4. Resumen de los escalones del ensayo de bombeo.

Una vez extraído el equipo de bombeo del pozo, se mide el nivel, a las 21 horas del día 14 de diciembre, y se encuentra a cota 25,91 m.

Simultáneamente a la realización del ensayo de bombeo, se toman medidas, en cada escalón, de conductividad (CE), temperatura (T^a) y pH.

Escalón 1(Q= 1 l/s)

- Final del Escalón 1:
CE= 558 μ S/cm
 T^a = 14,8 °C
pH= 7,38.

Escalón 2 (Q= 2 l/s)

- Final del Escalón 1:
CE= 538 μ S/cm
 T^a = 14,2 °C
pH= 7,28.

Escalón 3 (Q= 4 l/s)

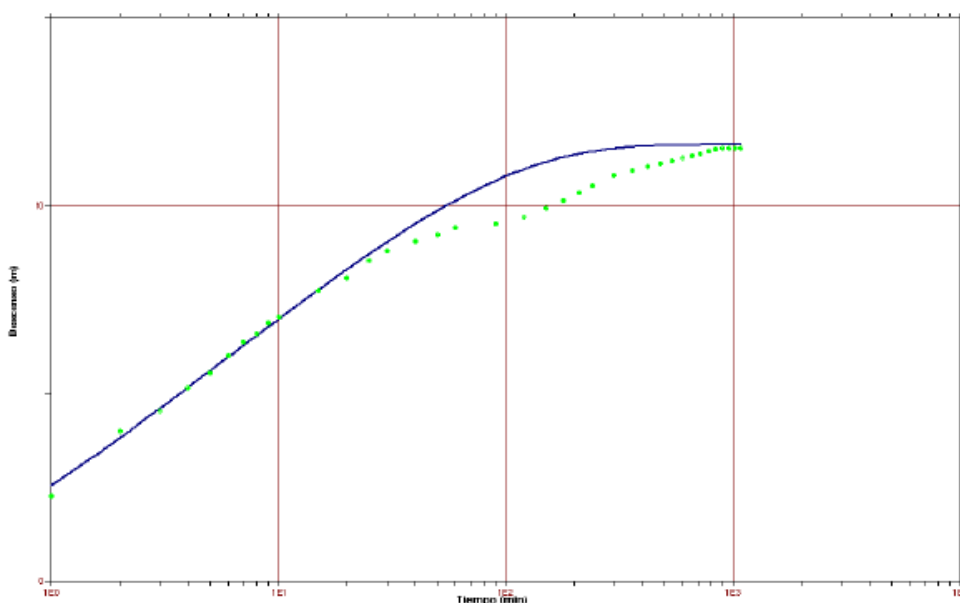
- Final del Escalón 3:
CE= 542 μ S/cm
 T^a = 14,1 °C
pH= 7,26.

Escalón 6 (Q= 10 l/s, larga duración)

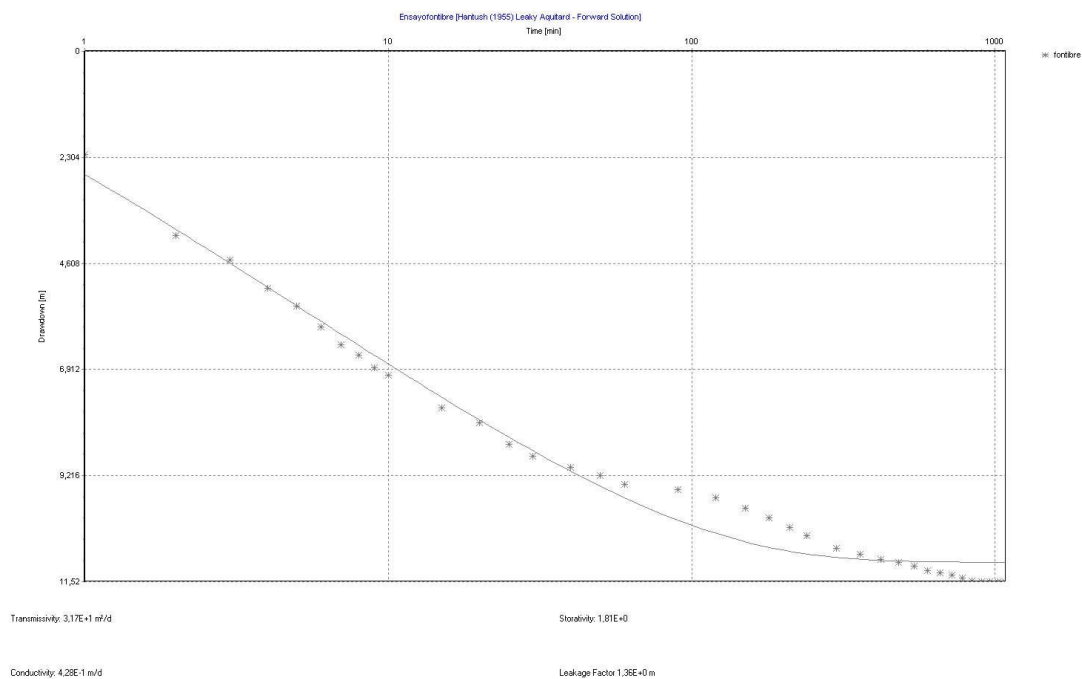
- Final del Escalón 6:
CE= 529 μ S/cm
 T^a = 13,3 °C
pH= 7,36.

Los resultados de este ensayo de bombeo se han analizado e interpretado con el programa **Pibe 2.0** puesto a punto por la Diputación Provincial de Alicante y con el software de Acuífero-**Test v.3.5** de la empresa *Waterloo Hydrogeologic*. Se ha supuesto que se trata de un acuífero de tipo semiconfinado por lo que se ha interpretado con la ecuación de Hantusch, comparándose también estos datos con la simplificación de Theis por Cooper-Jacob. Los resultados de estos análisis son los siguientes:

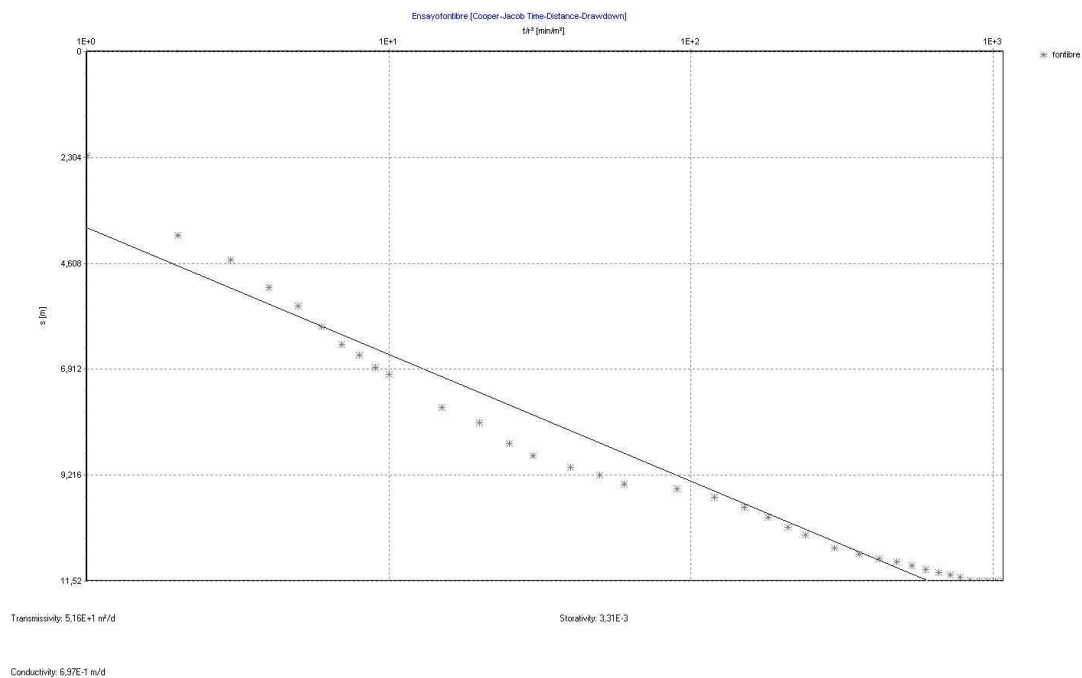
Con el **Pibe 2.0** y usando la formula de Hantusch se obtienen unos valores de Transmisividad de **28,99 m²/día**, con un coeficiente de almacenamiento de 0.01 y un radio eficaz de 1,288 con una relación r/B 0.07421. Con el siguiente Grafico de evolución.



Con el **Aquifer-Test v.3.5** para el ensayo continuo, con la formula de Hantusch, se obtiene una transmisividad de **T: 31,7 m²/día**, con un coeficiente de almacenamiento de 0,18 Cuya grafica es la siguiente.



Usando la simplificación de Cooper-Jacob de la ecuación de Theis se obtienen unos valores de transmisividad de **T: 51,6 m²/día.**



Tiempo de bombeo (minutos)			
Tiempo de bombeo (minutos)	Profundidad (metros)	Descenso (metros)	Caudal (l/s)
0	25,47	NE	9
1	27,72	2,25	9
2	29,47	4,00	9
3	30,00	4,53	9
4	30,61	5,14	9
5	31,00	5,53	9
6	31,46	5,99	9
7	31,84	6,37	9
8	32,07	6,60	9
9	32,34	6,87	9
10	32,50	7,03	9
15	33,21	7,74	9
20	33,54	8,07	9
25	34,00	8,53	9
30	34,26	8,79	9
40	34,51	9,04	9
50	34,69	9,22	9
60	34,88	9,41	9
90	34,99	9,52	9
120	35,16	9,69	9
150	35,39	9,92	9
180	35,60	10,13	9
210	35,82	10,35	9
240	35,99	10,52	9
300	36,27	10,80	9
360	36,40	10,93	9
420	36,50	11,03	9
480	36,57	11,10	9
540	36,65	11,18	9
600	36,74	11,27	9
660	36,80	11,33	9
720	36,85	11,38	9
780	36,91	11,44	9
840	36,97	11,50	9
900	36,99	11,52	9
960	36,99	11,52	9
1020	36,99	11,52	9
1080	36,99	11,52	9

Tabla 5. Resumen de la tabla de datos del Escalón continuo.

*(Los partes, gráficos e interpretación ampliada del ensayo de bombeo se encuentran en el
Anejo N° 5)*

11. HIDROQUÍMICA

Además de los datos tomados *in situ* de conductividad eléctrica, pH y temperatura durante el ensayo de bombeo, recogidos en el capítulo 10, se tomaron dos muestras de agua en el *sondeo situado en el municipio de Hermandad de Campoo de Suso (Cantabria)*, una al final de la limpieza y la segunda al final del aforo, para su posterior análisis físico-químico. El muestreo se realizó los días 3 de julio y 14 de diciembre de 2010, respectivamente. Se tomó una muestra duplicada del aforo para el control externo del laboratorio. Durante la toma de las muestras se llevaron a cabo las siguientes medidas *in situ*:

DETERMINACIONES <i>IN SITU</i>	Sondeo 090.001.001 Hermandad de Campoo (muestra 1: final de la limpieza) (03/07/2010)	Sondeo 090.001.001 Hermandad de Campoo (muestra 2: final del aforo) (14/12/2010)
Temperatura (°C)	n/d	9,6
Conductividad (µS/cm)	951	696
pH	n/d	7,49

Los parámetros analizados en el laboratorio y los resultados obtenidos se resumen a continuación:

DETERMINACIÓN	Sondeo 090.001.001 Hermandad de Campoo (muestra 1: final de la limpieza) (03/07/2010)	Sondeo 090.001.001 Hermandad de Campoo (muestra 2: final del aforo) (14/12/2010)
AMONIO (mg/l)	0,08	<0,04
ANHIDRIDO SILICICO (mg/l)	5,34	4,71
BICARBONATOS (mg/l)	207,15	253,29
BORO (mg/l)	0,29	<0,05
CALCIO (mg/l)	191,97	146,56
CARBONATOS (mg/l)	<5	<5

DETERMINACIÓN	Sondeo 090.001.001 Hermandad de Campoo (muestra 1: final de la limpieza) (03/07/2010)	Sondeo 090.001.001 Hermandad de Campoo (muestra 2: final del aforo) (14/12/2010)
CLORUROS (mg/l)	5,85	6,16
CONDUCTIVIDAD 20 °C (μS/cm)	860	681
FOSFATOS (mg/l)	0,12	0,09
HIDROXIDOS (mg/l)	0,00	0,00
HIERRO (mg/l)	<0,05	0,08
MAGNESIO (mg/l)	14,64	12,28
MANGANESO (mg/l)	<0,02	<0,02
NITRATOS (mg/l)	3,39	2,93
NITRITOS (mg/l)	<0,1	<0,1
pH (ud pH)	7,28	7,63
POTASIO (mg/l)	1,81	0,61
SODIO (mg/l)	2,70	3,23
SULFATOS (mg/l)	344,93	196,58
Dureza (mg/l CaCO ₃)	541	418
Facies hidroquímica	Sulfatada cálcica	Bicarbonatado-sulfatada cálcica

Según los valores de conductividad eléctrica es un agua de MINERALIZACIÓN MEDIA-ALTA, por su dureza se considera MUY DURA, y por su composición es SULFATADA CÁLCICA, después de la limpieza, y BICARBONATADO-SULFATADA CÁLCICA, después del aforo (según clasificación de Piper, en función de iones dominantes), como se observa también en los diagramas de Stiff. Esta composición química es característica del acuífero formado por calizas kársticas del límite Triásico-Jurásico, con facies Keuper próximas, que aportan sales, fundamentalmente sulfatos.

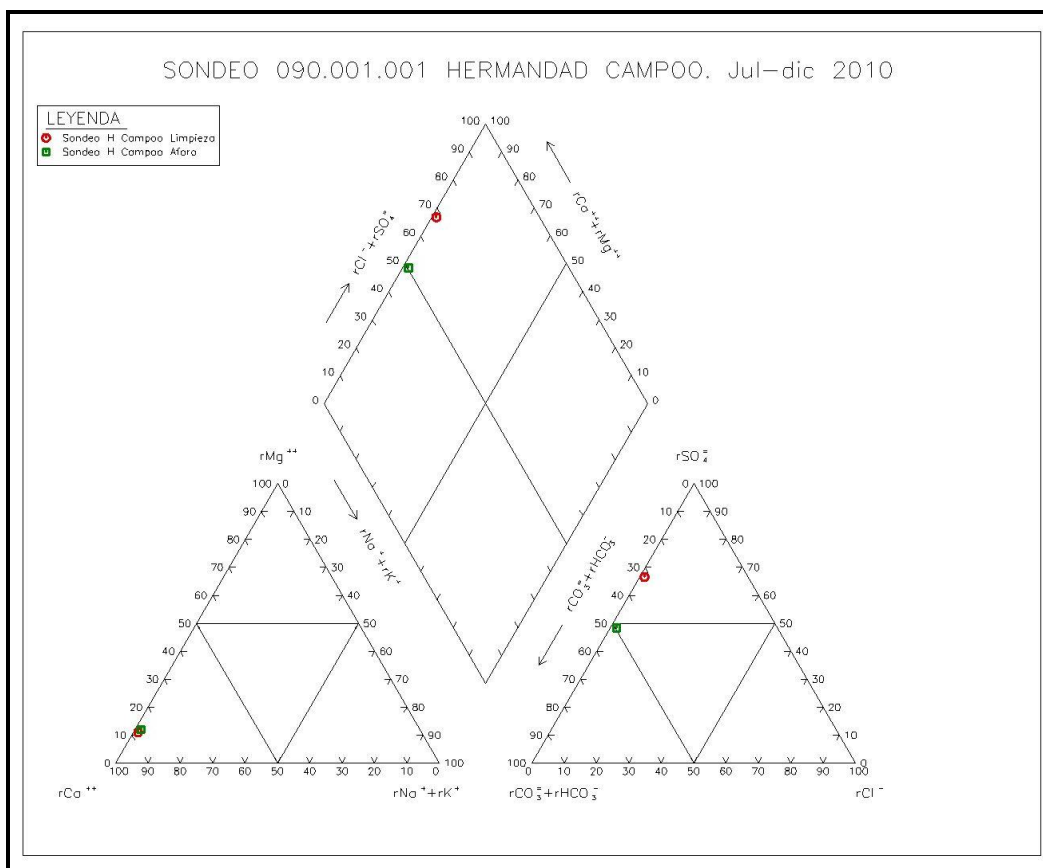


Figura 5. Diagrama de Piper. Sondeo 090.001.001 Hermandad de Campo de Suso

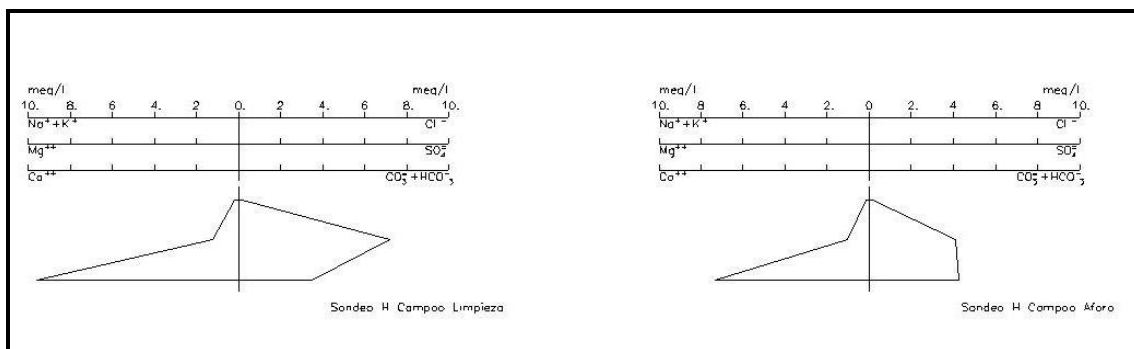


Figura 6. Diagramas de Stiff. Sondeo 090.001.001 Hermandad de Campo de Suso

La composición del agua después de la limpieza y del aforo difiere fundamentalmente en el contenido en sulfatos, que disminuye de modo significativo tras el bombeo del aforo, y aumenta el de bicarbonatos, ya que el aporte de agua de las calizas es mayor, y menor la influencia de las facies más salinas. Los resultados de las dos muestras tomadas en el aforo para el

análisis de contraste son similares y confirman la calidad y representatividad de los mismos.

Los valores obtenidos se han comparado con los recogidos en el R.D. 140/2003 *por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*, y en el Real Decreto 1514/2009 *por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro*.

El agua recogida después de la limpieza NO es apta para el consumo por el elevado contenido en sulfatos. Sin embargo, cuando se ha bombeado más tiempo para el aforo, disminuye la concentración de sulfatos y ya es inferior al límite permitido para consumo. El contenido del resto de los constituyentes analizados no supera los límites máximos fijados en el RD 140/2003.

Los indicadores de contaminación (*nitratos, nitritos y amonio*) no constituyen un problema de calidad, ya que, aunque están presentes, no superan los límites establecidos por el R. D. 1514/2009 y el R. D. 140/2003. El contenido en nitratos es bajo (3,39 y 2,93 mg/l), incluso disminuye ligeramente durante el aforo. No se han detectado nitritos y el contenido en amonio es muy bajo después de la limpieza y desaparece tras el bombeo para el aforo.

12. CONCLUSIONES

Se ha construido un piezómetro en el término municipal de La Hermandad de Campo de Suso, en la localidad de Fontibre con objeto de tener un punto de medida de los niveles piezométricos para la toma de muestras y medida de parámetros físico-químicos y complementar la red operativa de piezometría en la Cuenca del Ebro.

Con este nuevo piezómetro se pretende la caracterización de la masa de agua 001 y determinar la calidad química de las aguas subterráneas definidas.

Asimismo, el control mensual de la profundidad a la que se encuentra el nivel del agua dentro del acuífero.

El sondeo se ha realizado por el método de Rotopercusión con diámetro de 250 mm y la profundidad alcanzada ha sido de 115 m.

El acuífero atravesado calizas tableadas, recristalizadas y algo dolomitizadas del Triásico terminal (Fm. Imón), cortándose el agua entre los 50 a 60 metros de profundidad.

Actualmente (23/11/2010) el nivel estático se sitúa alrededor de los 22,34 metros de profundidad.

Los datos interpretados a partir de los ensayos de bombeo dan unos valores de transmisividad que oscilan entre 51,6 y 28,9 m²/día.

El agua extraída tras la limpieza y el bombeo es de MINERALIZACIÓN MEDIA-ALTA, MUY DURA y al final del aforo, se clasifica como AGUA SULFATADA CÁLCICA (limpieza) y BICARBONATADO-SULFATADA CÁLCICA (aforo). Esta composición química es característica del acuífero formado por calizas kársticas del Lías, con facies Keuper próximas, que aportan sales, fundamentalmente sulfatos.

El agua recogida después de la limpieza NO es apta para el consumo por el elevado contenido en sulfatos. Sin embargo, cuando se ha bombeado más tiempo para el aforo, disminuye la concentración de sulfatos y ya es

inferior al límite permitido para consumo. El contenido del resto de los constituyentes analizados no supera los límites máximos fijados en el RD 140/2003.

Los indicadores de contaminación (*nitratos, nitritos y amonio*) no constituyen un problema de calidad, ya que, aunque están presentes, no superan los límites establecidos por el R. D. 1514/2009 y el R. D. 140/2003. El contenido en nitratos es bajo (3,39 y 2,93 mg/l), incluso disminuye ligeramente durante el aforo. No se han detectado nitritos y el contenido en amonio es muy bajo después de la limpieza y desaparece tras el bombeo para el aforo.

ANEJOS

ANEJO N° 1: PERMISOS

Junta vecinal de Fontibre
39212 Fontibre
Cantabria

CONFEDERACIÓN HIDROGRAFICA DEL EBRO
Pº de Sagasta, 24-28
50071 Zaragoza

Fontibre, a 5 de febrero de 2008

Att. Teresa Carceller Layel

Estimada Sra.:

Les remito la conformidad de su solicitud de disponibilidad de terrenos para la construcción y observación de un piezómetro

Fdo.: Ricardo Escalada Llorente

JUNTA VECINAL DE FONTIBRE

De conformidad con su escrito referente a la **SOLICITUD DE DISPONIBILIDAD DE TERRENOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OBSERVACIÓN DE UN PIEZÓMETRO**, se hace constar que por Acuerdo de Pleno, de fecha 20 de Enero de 2008, se autoriza a la Confederación Hidrográfica del Ebro a:

1. La ocupación, de modo transitorio mientras dure la ejecución de la obra, de una extensión aproximada de 150 m²; necesarios para construir un piezómetro en la localidad de Fontibre, en el punto de coordenadas UTM X: 402663, Y: 4763337 (polígono 14, parcela 9004).
2. La ocupación durante un periodo de treinta años, prorrogable al término del mismo, de un espacio de 1 m², en que estará situado el sondeo y la arqueta de protección del mismo.
3. El acceso, por funcionario público o persona delegada, hasta el recinto anterior, con objeto de realizar las medidas o muestreos inherentes a la operación de control, así como a realizar los trabajos de reparación o mantenimiento que sean necesarios.

En Fontibre, a 1 de Febrero de 2008

El Alcalde Pedáneo



Fdo: El alcalde Pedáneo de Fontibre

**ANEJO N° 2: INFORMES DIARIOS DE
PERFORACIÓN**

**OBRA: PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA
LA ADECUACIÓN DE LA RED DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE
LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.
CLAVE 09.822-0003/2111**

CONSTRUCCIÓN DEL SONDEO FONTIBRE (090.001.003)

Localización Geográfica (UTM, Uso 30):

X: 402.654 Y: 4.763.336 Z: 904 (m s. n. m)

RESUMEN DE UNIDADES			
Perforación		0 – 6 m	324 mm
		6 – 115 m	220 mm
Entubación	Ciega	6 m	300 x 5 mm
		80 m	180 x 4 mm
	Filtro Puentecillo	30 m	180 x 4 mm
Limpieza		5 horas	

04/07/2010

EMPLAZAMIENTO Y PERFORACIÓN

Se produce la llegada del equipo de perforación, desde la localización del sondeo anterior (Quel), a las 10:00 h.

El equipo de perforación está compuesto por una Máquina FDO 400 con capacidad de tiro de 60 toneladas, montada sobre camión 4 x 4; y un compresor IR 1170 25/33.

Debido a la amplia vegetación existente en la zona de trabajo, ubicada entre dos caminos, se contrató el desbroce de dicha área para poder desarrollar el trabajo con la suficiente comodidad y seguridad.



Imagen 1. Vista general del sondeo de Fontibre.

A las 11:20 h, se ubica definitivamente la máquina, con ayuda del alcalde, y se comienza con la perforación del emboquille, que tiene un diámetro de 324 mm, y una profundidad de 6 m.

A continuación se hinca la tubería de acero de 300 x 5 mm, y se da por finalizada la jornada laboral, ya que siguiendo las explicaciones de la asistencia técnica, la Dirección de Obra ha considerado necesario suspender los trabajos hasta tener la certeza de que se puede continuar sin ocasionar problemas al propietario de la parcela que ha sido necesario ocupar temporalmente y desbrozar por los motivos ya mencionados.



Imagen 2. Perforación del emboquille.



Imagen 3. Soldadura de la tubería de emboquille.

05/07/2010

PERFORACIÓN

La jornada da comienzo, a las 9:00 h, con la perforación por el interior del emboquille con el martillo de 220 mm, una vez que se ha contactado con el propietario de la parcela anexa y éste nos ha dado permiso para continuar con los trabajos.

A las 10:20 h, se llevan perforados 24 m, y a las 14:15 h, se da por finalizada la perforación del sondeo habiéndose alcanzado la profundidad de 115 m. La velocidad media de avance ha sido de 26 m/hora, aunque en los últimos metros este avance se ha visto disminuido debido a la dureza de los materiales atravesados.



Imagen 4. Perforación con el martillo de 220 mm.

Antes de finalizar la perforación, durante la última barra, se ha tomado una muestra del agua de la perforación y se ha medido su conductividad, encontrándose en $1.068 \mu\text{S}/\text{cm}$.

La columna litológica obtenida durante la perforación de este sondeo es la siguiente:

- 0 – 3 m: Relleno cuaternario compuesto principalmente por gravas de calizas de muy diversos tamaños, redondeadas a subredondeadas.
- 4 – 6 m: Calizas micríticas de color gris oscuro a negro, con matriz margosa de color gris claro a blanquecino.
- 7 – 15 m: Tramo más margoso con cantos de calizas micríticas de color negro.
- 16 – 24 m: Calizas muy fracturadas, con textura de arena fina a muy fina, de color gris oscuro, con algunos cantos de cuarzo. Se trata de una zona de fractura.
- 25 – 28 m: Margas de color marrón con indicios de cantos de calizas negras.
- 29 – 30 m: Margas de color marrón con bastantes cantos de calizas negras, aumenta la proporción de cantos.
- 31 - 39 m: Alternancia de calizas y margas.
- 40 – 57 m: Calizas grises, con algunos tonos rojizos, recristalizadas con algo de matriz margosa.
- 58 – 76 m: Calizas grises en su mayoría, y algunas rojizas, que presenta cantos con algo de porosidad.
- 77 – 82 m: Calizas grises a negras con algo de margas.
- 83 – 84 m: Calizas grises a negras con bastantes margas.
- 85 – 88 m: Calizas grises, negras y rojizas con algunos cantos oquerosos.
- 89 – 115 m: Calizas micríticas de color negro, fracturadas con recristalizaciones en calcita, que presenta cantos de mayor tamaño.



Imagen 5. Muestras extraídas en la realización del sondeo de Fontibre.

A las 15:10 h se termina de extraer el varillaje y se comienza con los preparativos para realizar la testificación geofísica.

TESTIFICACIÓN Y ENTUBACIÓN

Se produce la llegada del equipo de testificación a las 13:40 h, compuesto por un equipo CENTURY SYSTEM – IV, montado sobre vehículo Nissan Navara, cuyo operador es José Luengo.

La testificación comienza a las 15:40 h. En primer lugar se introduce la sonda hidrogeológica, la cual no desciende más del metro 35, por lo que no se puede llevar a cabo la testificación. El nivel de agua se encuentra a 29 m.



Imagen 6. Realización de testificación geofísica.

A partir de la testificación litológica de las muestras obtenidas durante la perforación se diseña la columna de entubación entre Javier Ramajo, por parte de la asistencia técnica y Esther Torresquebrada, por parte de la contrata. La columna propuesta es la siguiente:

Profundidad	Diámetro	Longitud	Tipo	Material
115 - 112	180 x 4	3 m	Ciego	Chapa de acero
112 - 106	180 x 4	6 m	Filtro Puenteillo	Chapa de acero
106 - 103	180 x 4	3 m	Ciego	Chapa de acero
103 - 97	180 x 4	6 m	Filtro Puenteillo	Chapa de acero
97 - 94	180 x 4	3 m	Ciego	Chapa de acero
94 - 88	180 x 4	6 m	Filtro Puenteillo	Chapa de acero
88 - 76	180 x 4	12 m	Ciego	Chapa de acero
76 - 70	180 x 4	6 m	Filtro Puenteillo	Chapa de acero
70 - 67	180 x 4	3 m	Ciego	Chapa de acero
67 - 64	180 x 4	3 m	Filtro Puenteillo	Chapa de acero
64 - 46	180 x 4	18 m	Ciego	Chapa de acero
46 - 43	180 x 4	3 m	Filtro Puenteillo	Chapa de acero
43 - 0	180 x 4	43 m	Ciego	Chapa de acero

En total, la entubación final está constituida por 115 m de tubería metálica en chapa de acero de 180 x 4 mm, de los cuales 85 m corresponden a tubería ciega y 30 m corresponden a filtro puenteillo.

La entubación comienza a las 16:30 h, siguiendo el diseño propuesto, y se lleva a cabo con serias dificultades, de manera que se consulta con la Dirección de Obra, presente durante la jornada, la posibilidad de realizar el ensanchamiento del sondeo mediante la reperfusión del mismo con el martillo de 280 mm.



Imagen 7. Labores de entubación del sondeo.

06/07/2010

La jornada da comienzo con la extracción de la tubería que consiguieron introducir durante la jornada anterior, y esta operación les tiene ocupados hasta las 9:50 h.



Imagen 8. Aspecto de la tubería extraída del sondeo.

A continuación se coloca el martillo de 280 mm, y se comienza con la reperforación del sondeo, a las 10:15 h aproximadamente, y se termina cerca de las 14:10 h.



Imagen 9. Colocación del martillo de 280 mm antes de reperforar.

A las 16:10 h, una vez extraído el varillaje de perforación, se realiza otro intento de entubación del sondeo. Debido a las dificultades que siguen presentándose, se introduce el varillaje de nuevo para poder llevar a cabo la limpieza del pozo y de esta forma facilitar la entrada de la tubería. Las labores de entubación ocupan el resto de la tarde, y a las 22:30 h, cuando se da por finalizada la jornada, aún quedan unos 6 tubos sin introducirse.

07/07/2010

A las 10:25 h, se termina de entubar el sondeo, habiéndose quedado 5 m fuera del sondeo.



Imagen 10. Labores de entubación del sondeo.



Imagen 11. Soldadura durante la entubación del sondeo.

LIMPIEZA

Se continúa con la limpieza del sondeo. Se ha tomado una medida de conductividad antes de la finalización de la limpieza, de $951 \mu\text{S}/\text{cm}$. También se ha tomado una muestra de agua para su posterior análisis en el laboratorio. La duración total de la limpieza es de 5 horas.

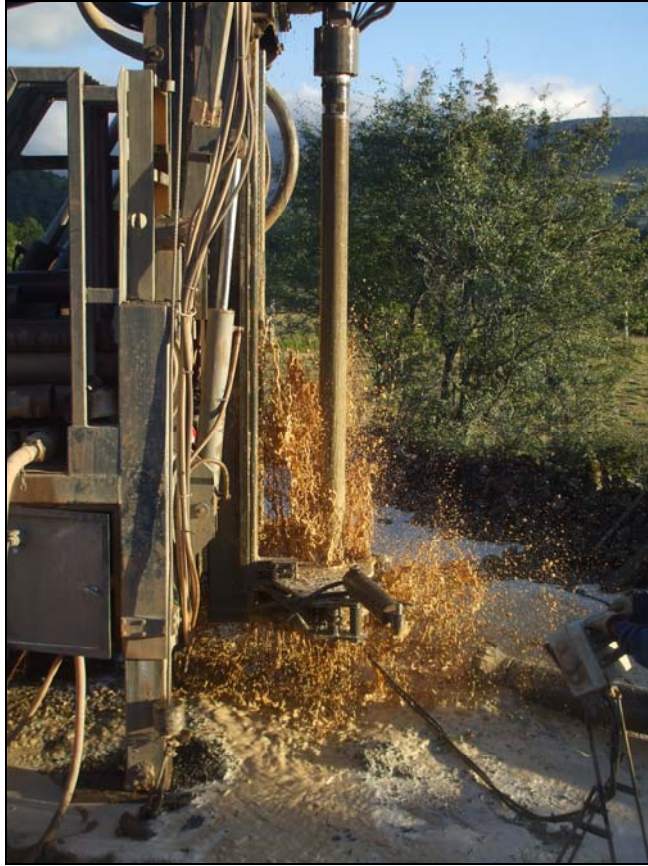


Imagen 12. Realización de limpieza.

CIERRE Y SELLADO

Una vez extraídas las varillas de limpieza, se lleva a cabo el cierre provisional del sondeo y la cementación del mismo, desde el metro 6 hasta el metro 0,50.



Imagen 13. Cementación del emboquille del sondeo.



Imagen 14. Aspecto del cierre provisional del sondeo de Fontibre.

Una vez recogido el material y la maquinaria, se da por finalizada la primera fase de los sondeos y con ayuda de una retroexcavadora, se acondiciona la parcela que ha constituido el área de trabajo.

Esther Torresquebrada Aguirre.
Elena Malo Moreno.

Hidrogeólogas.

ANEJO N° 3: INFORME GEOLÓGICO



INFORME GEOLÓGICO

**PIEZÓMETRO
P-090.001.001**

FONTIBRE (CANTABRIA)

DICIEMBRE 2010

Tubkal



ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA

El presente informe trata de la situación geológica y el levantamiento de la Columna estratigráfica detallada del sondeo realizado por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) en las inmediaciones de la localidad de Fontibre (Cantabria) dentro del marco de la campaña de sondeos realizada por ese organismo para la ampliación de la Red de Control Piezométrico de la Cuenca del Ebro. Este informe se realiza en el marco del Proyecto de “INTERPRETACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LAS MUESTRAS DE LOS SONDEOS CONSTRUIDOS EN EL PROYECTO PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS”.

El sondeo se ha realizado mediante la técnica de Rotopercusión con recuperación de “ripios” de la perforación y toma de muestras cada 3 metros de media (cada media varilla de perforación). Se realizó un emboquille de 6 m de profundidad, perforado con un diámetro de 324 mm y entubado con tubería metálica ciega de 300 mm de diámetro y 5 mm de espesor. Los 109 m restantes se perforaron con el martillo de 220 mm (reperforado a 280 mm por los problemas surgidos al instalarlo) y se entubó con tubería metálica ciega y tubería metálica con filtro de tipo puentecillo de 180 mm de diámetro, 4 mm de espesor y paso de puente de 0,2 mm. Los últimos 5 metros de tubería no pudieron ser introducidos.

Presenta la siguiente disposición, una vez descontados los 5 metros que quedaron por introducir en el sondeo: De 0 a 38 m tubería ciega. De 38 m a 41 m filtro de puentecillo. De 41 m a 59 m tubería ciega. De 59 m a 62 m filtro de puentecillo. De 62 m a 65 m tubería ciega. De 65 m a 71 m filtro de puentecillo. De 71 m a 83 m tubería ciega. De 83 m a 89 m filtro de puentecillo. De 89 m a 92 m tubería ciega. De 92 m a 98 m filtro de puentecillo. De 98 m a 101 m tubería ciega. De 101 m a 107 m filtro de puentecillo. De 107 m a 110 m tubería ciega.

Para proceder a la elaboración de la columna de sondeo se han estudiado las muestras de estos “ripios” recogidas a intervalos de unos 3-5 metros. Estas muestras resultan únicamente significativas a lo hora de identificar las facies y características de las litologías más competentes. Su estudio se ha realizado mediante la observación con lupa de mano y binocular, habiendo sido previamente lavadas las muestras seleccionadas para su observación, con el fin de eliminar los restos de los lodos de sondeo y permitir la correcta observación de las facies.

Con estos datos y con los obtenidos del análisis de las diagráfias disponibles del estudio geofísico, fundamentalmente de las de Gamma natural y de las diversas



resistividades, se ha realizado una representación gráfica de la posible columna litológica de los materiales cortados en el sondeo. Estos datos se han contrastado con la literatura regional existente y la posición de sondeo dentro del contexto regional para interpretar cuales son los tramos y Unidades Litoestratigráficas atravesadas y realizar una posible atribución de edades de las mismas.

SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El sondeo se ubica en el término municipal de Hermandad de Campóo de Suso (fig. 1), concretamente a la salida de la localidad de Fontibre, a una distancia de aproximadamente de unos 600 m del casco urbano hacia el E de esta misma localidad. Se accede al mismo desde la CA-183 en dirección Alto Campóo se toma un camino a la izquierda en el PK 5,4 situándose el emplazamiento a unos 200 metros.

Las coordenadas exactas del punto son (UTM Huso 30 ED50): X: 402.654 Y: 4.763.336, Z: 904 (m. s. n. m). (Fig.1).

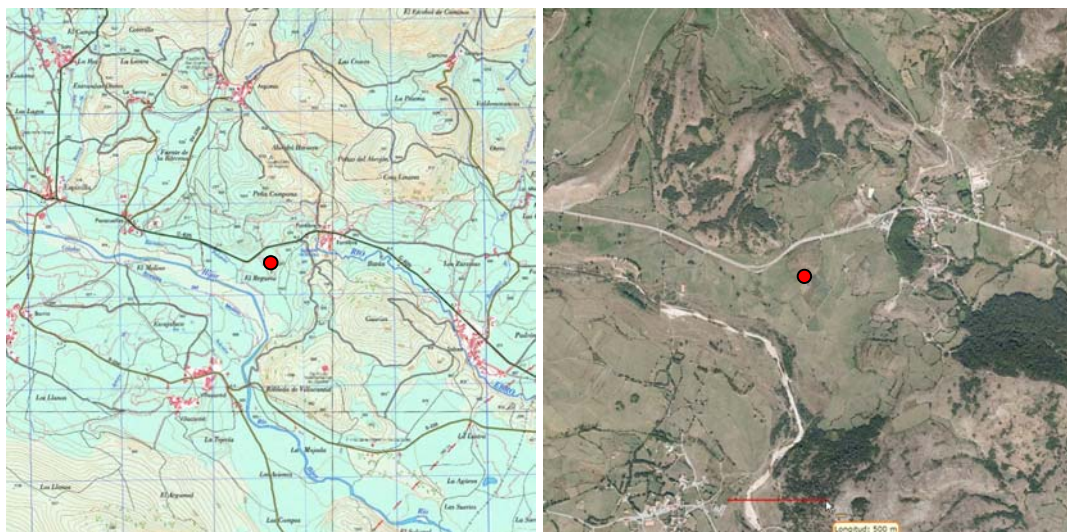


Fig. 1. Situación geográfica del sondeo y ortofoto (tomadas del Visor SIGPAC). Equidistancia de la cuadrícula del mapa topográfico, 1000 metros.

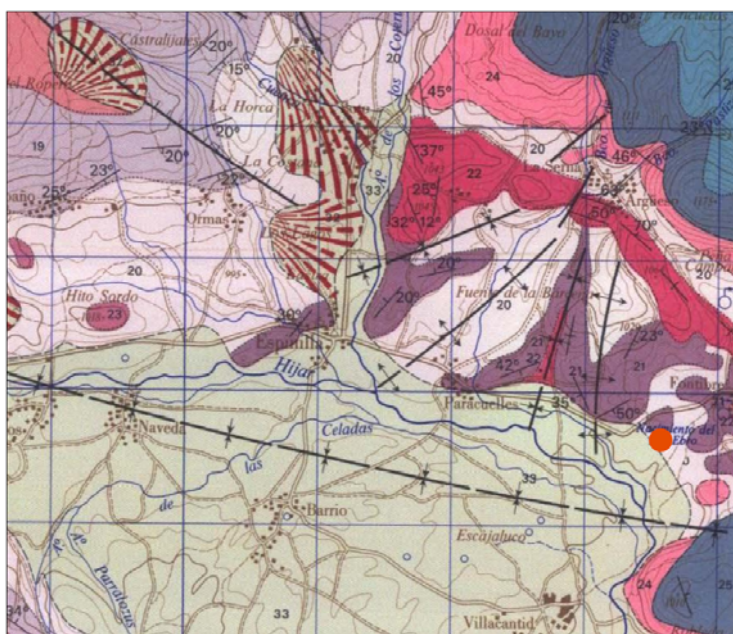


SITUACIÓN GEOLÓGICA

EMPLAZAMIENTO Y ESTRUCTURA GEOLÓGICA

Como se puede observar en la Figura 2, el sondeo se encuentra emboquillado en los materiales que se diferencian como unidad 21 dentro del Mapa Geológico MAGNA 82 (Tudanca). En dicho plano se caracterizan los mismos como Muschelkalk. No obstante, en la actualidad dichos materiales son atribuidos a la Fm Imón, de edad Triásico terminal.

El piezómetro se encuentra situado en una zona correspondiente al flanco S del denominado sinclinorio de Cabuérniga. Los materiales del Triásico y Jurásico marino ocupan una banda de orientación más o menos nortada en el extremo oriental de la Hoja. Se trata de una zona que presenta una cierta complicación estructural al constar la zona de un sistema de fallas de dirección aproximada NW-SE que afectan a materiales fundamentalmente de la Fm. Imón. Como consecuencia de esta serie de estructuras, los materiales de la Fm. Imón quedan repetidos en sucesivas ocasiones. Asociado a este sistema de fallas se observa además la disposición vertical de los materiales en uno de estos bloques de falla, concretamente de la Fm. Imón desde La Serna hasta Fontibre. Asociado a este conjunto de fallas aparecen también pequeños repliegues de los materiales en dirección prácticamente transversa a la de las fallas, como se observa entre Paracuelles y Fontibre y en donde se ubica exactamente el piezómetro.



Los materiales donde se ubica el piezómetro se encuentran fuertemente tectonizados, con unos valores de buzamiento previsiblemente muy elevados, cercanos a la verticalidad.

Fig.2. Situación geológica del sondeo. Tomado de cartografía MAGNA.



FORMACIONES GEOLÓGICAS ATRAVESADAS

Con la salvedad del recubrimiento cuaternario existente en la superficie, el sondeo se encuentra situado directamente sobre los materiales carbonatados del Triásico que se diferencian en la cartografía Magna como unidad 21. En dicha cartografía se atribuyen los mismos al Muschelkalk, si bien trabajos recientes (Sopeña *et al.*, 2009) han demostrado que los mismos presentan una menor edad y deben atribuirse a la Fm. Imón, de edad Triásico terminal. Esta unidad se describe según esta literatura como calizas y dolomías grises.

Los primeros tres metros del sondeo han cortado una sucesión clástica de gravas, arenas y limos, correspondiente a un poco espeso recubrimiento cuaternario.

Dada la disposición subvertical de la unidad en la zona donde se ubica el piezómetro, es previsible que el espesor real cortado de la unidad haya sido muy escaso. De esta manera, desde el metro 3 hasta el final del sondeo, se corta una sucesión carbonatada bastante monótona constituida por calizas micríticas gris oscuras, puntualmente laminadas, calizas dolomíticas y dolomías microcristalinas y muy puntualmente facies carniolares.

Este tramo se puede atribuir por completo a la Fm. Imón, de edad Rhaetiense (Sopeña *et al.*, 2009; Robles y Pujalte, 2004).

No existen evidencias de haber llegado al Keuper, infrayacente de la Fm. Imón en la zona de estudio.

COLUMNA LITOLÓGICA.

TRAMO 1

0-3 m. Relleno cuaternario compuesto principalmente por gravas de calizas de muy diversos tamaños, redondeadas a subredondeadas.

TRAMO 2

3-25 m. Calizas micríticas de colores grises oscuros a negruzcos. En menor medida aparecen calizas de colores grises más claros. A la base del tramo aparecen puntuales dolomías de grano fino, microcristalinas de color gris oscuro, y de modo puntual presentan un aspecto ligeramente oqueroso, con rellenos de arcillas marrones. Presentan en general textura *mudstone*, si bien aparecen puntuales *wackestone* bioclásticos (fragmentos de bivalvos). En general se encuentran bastante recristalizadas, con pátinas de alteraciones de colores rojizos (posibles óxidos de hierro). Abundantes vetas de calcita



y restos de procesos de presión-disolución (estilolitos). De manera ocasional se observan restos de una incipiente laminación horizontal a ondulada de origen algal. A tenor del tamaño del ripio, salvo zonas puntuales se trata de un tramo bastante compacto, poco fracturado.

TRAMO 3

25-45 m. Calizas grises claras, bastante recristalizadas, micríticas, de texturas *mudstone* a *wackestone* con restos de bivalvos. Pasadas margosas, poco abundantes, posiblemente a modo de interestratos o de intercalaciones. Dolomías de grano fino, microcristalinas de colores grises oscuros. Puntuales pasadas arcillosas rojizas.

TRAMO 4

45-66 m. Calizas micríticas de colores grises oscuras y algunas coloraciones rojizas. En general se encuentran muy recristalizadas, aunque se observa la textura original *mudstone*. Dolomías de grano fino de colores gris más claras. Aparecen vetas de calcita rellenando fracturas. Aparecen restos margosos, así como puntuales facies dolomíticas incipientemente oquerosas, de tipo carniolar.

TRAMO 5

66-76 m. Dolomías, calizas recristalizadas, calizas de tonos grisáceos a rojizos. Las dolomías son de grano fino, microcristalinas y se presentan desde modo incipiente hasta totalmente sustituyendo a calizas de previsible textura *mudstone*. Aparecen frecuentes facies de carniolas, si bien no llegan a ser dominantes y que no están muy desarrolladas. Hay acumulaciones locales de hierro, así como puntuales vetas de calcita.

TRAMO 6

76-91 m. Calizas gris oscuras, algunas puntualmente teñidas de tonos rojizos e intercalaciones margosas. Las calizas se encuentran bastante recristalizadas en general, si bien se reconocen calizas de texturas *mudstone* sin sufrir prácticamente este proceso. De manera esporádica aparecen dolomías de grano fino de colores grises y de grano medio a grueso de tonos ocre. Puntuales vetas de calcita. En general se trata de un tramo bastante compacto.



TRAMO 7

91-115 m. Calizas micríticas de color gris oscuro a negruzco, alternando con dolomías de grano fino, microcristalinas, de colores también, de grises a negruzcos. Un parte minoritaria presenta grano medio a grueso y coloraciones ocreas. Son abundantes las vetas de calcita relleno de fracturas. Las calizas presentan textura mudstone. En general se trata de un tramo bastante más fracturado. Hacia la parte alta del tramo aparecen restos de arcillas rojas, que previsiblemente se encuentren relleno de grietas y fracturas.

REFERENCIAS

<http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA (MAGNA) HOJA 1:50.000 N° 72. Tudanca (1986).

SOPEÑA, A., SÁNCHEZ-MOYA, Y., BARRÓN, E. (2009): New palynological and isotopic data for the Triassic of the western Cantabrian Mountains (Spain). *Journal of Iberian Geology* 35 (1) 2009: 35-45.

ROBLES, S., PUJALTE, V. (2004): El Triásico de la Cordillera Cantábrica. In: VERA, J.A. (ed.): *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid: 274-276.



CÓDIGO IPA:
CÓDIGO MMA: 090.001.001

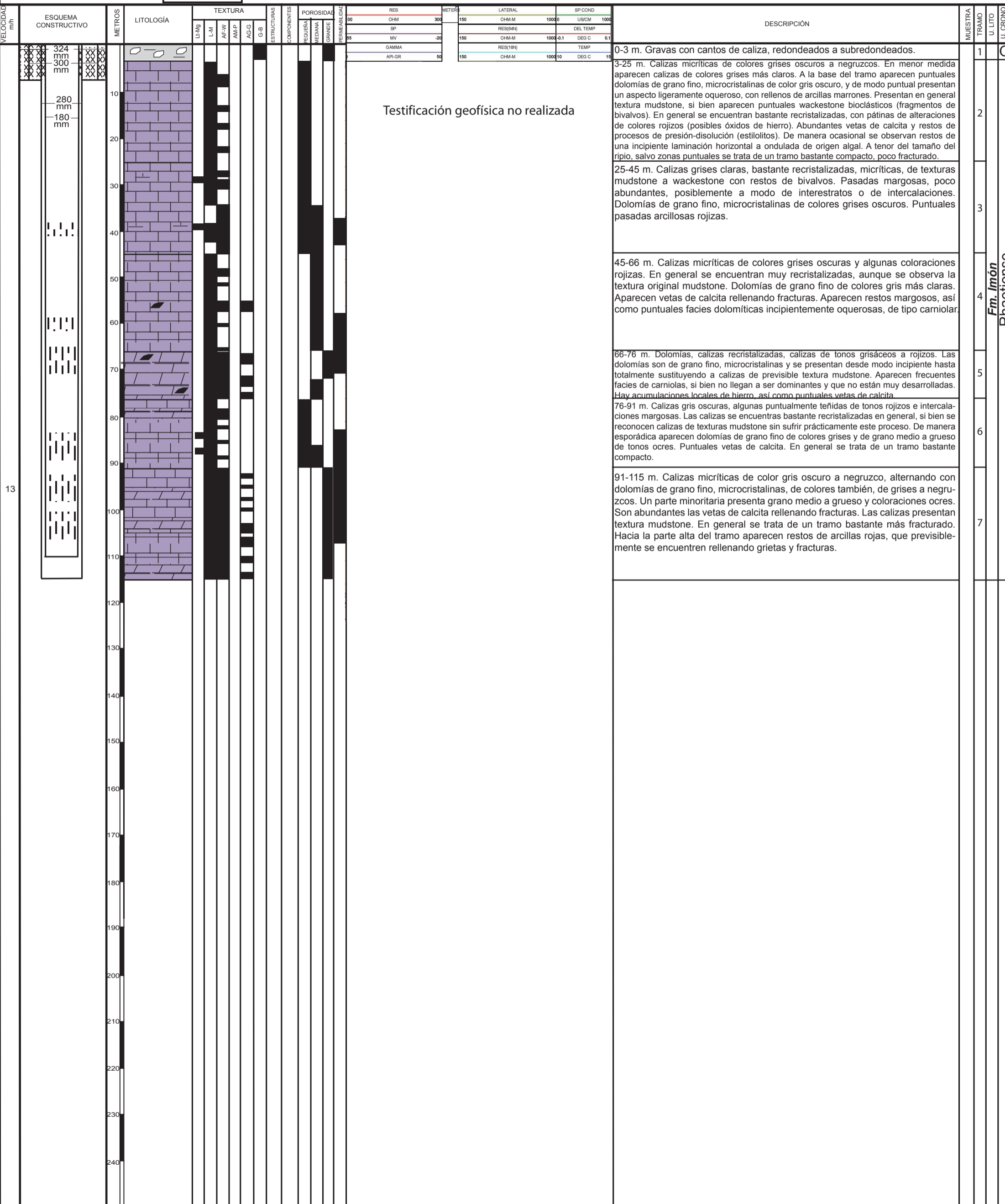
MUNICIPIO: HERMANDAD DE CAMPOO DE SUSO
PROVINCIA: CANTABRIA

HOJA Nº 17-6

FECHA INICIO: 04/07/2010
FECHA FINAL: 07/07/2010
AUTOR FICHA: Javier F. Ibas Lloréns

COORDENADAS UTM
402654
4763336
904

PRECISIÓN (X,Y): GPS
PRECISIÓN Z: GPS



ANEJO N° 5: ENSAYO DE BOMBEO

OBRA: PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LA RED DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO. CLAVE 09.822-0003/2111

AFORO DEL SONDEO FONTIBRE (090.001.001)

Localización Geográfica (UTM, Uso 30):

X: 402.654 Y: 4.763.336 Z: 904 (m s. n. m)

RESUMEN DE UNIDADES	
Profundidad de la bomba	99 m
Horas de bombeo	22 h.
Horas de recuperación	3 h.

ENSAYO DE BOMBEO

Llegada del equipo de aforos, a fecha 13 de diciembre de 2010, al sondeo a las 15:40 horas. La maquinaria está formada por un equipo de aforo, con un grupo generador marca Mecc Alte de 250 KVA, motor Fiat Alfo de 400 CV y una tubería de impulsión de 70 mm de diámetro. Se utiliza una bomba Saturn modelo 6SS – 60/14 con una potencia de 50 CV situada a 99 m de profundidad.

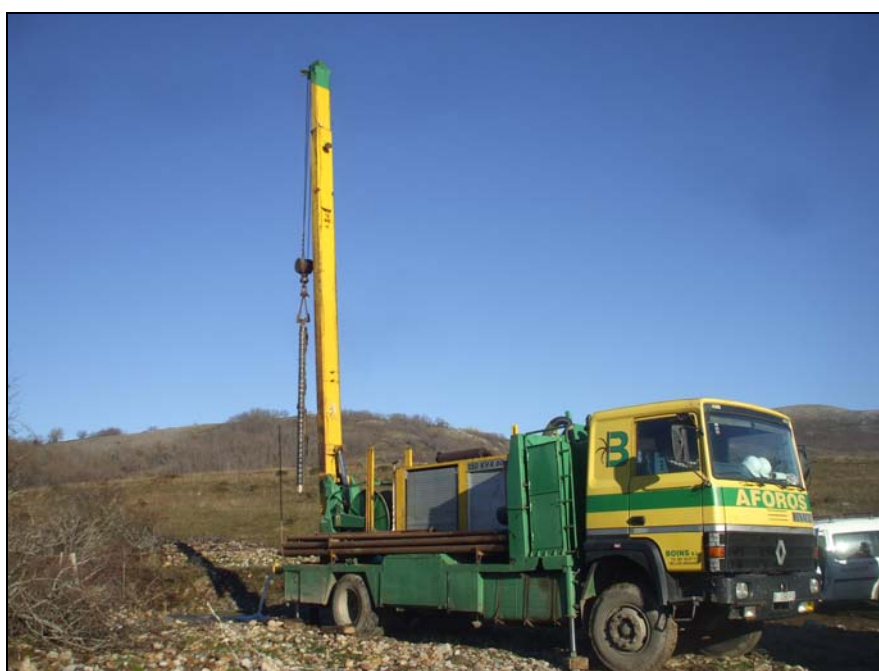


Imagen 1. Vista general del equipo de bombeo.



Imagen 2. Instalación del equipo de bombeo.

El ensayo de bombeo comienza a las 14:45 h, una vez equipado el sondeo. Las características del ensayo de bombeo son las que se describen en la siguiente tabla:

	FONTIBRE				
	Q (l/s)	t (min)	N inicial	N final	s (m)
Escalón 1	0,50	30	25,44	25,85	0,41
Escalón 2	1	60	25,85	26,38	0,53
Escalón 3	2	30	26,38	27,17	0,79
Escalón 4	4	60	27,17	29,14	1,97
Escalón 5	7	90	29,14	31,90	2,76
Recuperación 1	-	60	31,90	25,47	6,43 (*)
Escalón 6	9	1.080	25,47	33,77	8,30
Recuperación 2	-	120	33,77	26,03	7,74 (*)

(*) El nivel asciende.

- **Escalón 1**

El Escalón 1 comienza a las 18:10 h y acaba a las 18:40 h, teniendo una duración de 30 minutos y con un caudal de 0,50 l/s. El descenso observado durante el desarrollo de este escalón ha sido de 0,41 m, ya que el nivel inicial antes de comenzar a bombear era de 25,44 m, y el nivel al final de este escalón se encuentra a 25,85 m. El nivel se ha estabilizado.



Imagen 3. Caudal extraído durante el primer escalón.

- **Escalón 2**

Da comienzo a las 18:40 h, y acaba a las 19:40 h, teniendo una duración de 60 minutos y con un caudal de 1 l/s. Comienza con el nivel a 25,85 m, y finaliza en 26,38 m, con lo que el descenso observado es de 0,53 m. El nivel se ha estabilizado, por lo que se decide aumentar el caudal a extraer.



Imagen 4. Caudal extraído durante el segundo escalón.

- **Escalón 3**

Se extrae un caudal de 2 l/s, y tras media hora, a las 20:10 h, al observar la estabilización del nivel dinámico, a la profundidad de 27,17 m, se da por finalizado este escalón y se aumenta el caudal a extraer.



Imagen 5. Caudal extraído durante el tercer escalón.

- **Escalón 4**

Da comienzo a las 20:10 h, y acaba a las 21:40 h, teniendo una duración de 60 minutos y con un caudal de 4 l/s. Comienza con el nivel a 27,17 m, y finaliza en 29,14 m, con lo que el descenso observado es de 1,97 m. El nivel se ha estabilizado, por lo que se decide aumentar el caudal a extraer.



Imagen 6. Caudal extraído durante el cuarto escalón.

- **Escalón 5**

A las 21:40 h, se aumenta el caudal a 8 l/s, y se bombea durante 90 minutos. Comienza con el nivel a 29,14 m, y finaliza en 31,90 m, con lo que el descenso observado es de 2,76 m.

Inmediatamente después, a las 23:10 h comienza la recuperación (Recuperación 1) con una duración de 60 min., donde el nivel del agua asciende hasta alcanzar los 25,47 m de profundidad, por lo que el ascenso observado es de 6,43 m.

- **Escalón 6 (larga duración).**

A las 00:10 h del 14/12/2010, da comienzo el escalón de larga duración con un caudal a extraer de 9 l/s. El descenso observado durante el desarrollo de este escalón ha sido de 8,30 m, ya que el nivel inicial antes de comenzar a bombear era de 25,47 m, y el nivel al final de este escalón se encuentra a 33,77 m. La duración de este escalón ha sido de 1.080 minutos (18 horas).



Imagen 7. Caudal extraído durante el sexto escalón (escalón de larga duración).

Inmediatamente después, a las 18:10 h, comienza la recuperación (Recuperación 2) con una duración de 120 minutos (2 horas), durante los cuales el nivel del agua asciende hasta alcanzar los 26,03 m de profundidad, con lo que el ascenso observado es de 7,74 m.

Simultáneamente al ensayo de bombeo se toman medidas de CE, T^a y pH en cada escalón:

- **Escalón 1 (Q= 0,50 l/s)**

Final del Escalón 1: CE= 626 μ S/cm; T^a = 10,1 °C; pH= 7,84.

- **Escalón 2 (Q= 1 l/s)**

Final del Escalón 2: CE= 584 μ S/cm; T^a = 10,9 °C; pH= 7,50.

- **Escalón 4 (Q= 4 l/s)**

Final del Escalón 4: CE= 611 μ S/cm; T^a = 11 °C; pH= 7,47.

- **Escalón 6 (Q= 9 l/s, larga duración)**

Inicio del Escalón 6: CE= 731 μ S/cm; T^a = 8,5 °C; pH= 6,98.

Medio del Escalón 6: CE= 708 μ S/cm; T^a = 10,1 °C; pH= 7,44.

Medio del Escalón 6: CE= 684 μ S/cm; T^a = 9,9 °C; pH= 7,49.

Final del Escalón 6: CE= 696 μ S/cm; T^a = 9,6 °C; pH= 7,49.



Imagen 8. Realización de medidas in situ.

También se ha tomado una muestra de agua para su posterior ensayo en el laboratorio antes de finalizar el último de los escalones.

Una vez extraído el equipo de bombeo del pozo, se ha tomado una nueva medida del nivel, encontrándose a 25,91 m, a las 21:00 h.

Esther Torresquebrada Aguirre.
Hidrogeóloga.

Γ Τ
 C.G.S. Compañía General de Sondeos,S.A.
 C/ ANABEL SEGURA, 11 Edificio A, 4º of. b
 28108 ALCOBENDAS
 MADRID
 L J

Fecha: 14 DE DICIEMBRE DE 2010

Sondeo: 090.001.001	Termino municipal: FONTIBRE	Provincia: SANTANDER
----------------------------	------------------------------------	-----------------------------

Comienzo: Dia 13/12/10 Hora 18:10 NE. 25,44	Terminacion: Dia 14/12/10 Hora 19:40 ND.36,99
--	--

Grupo generador	Grupo motobomba	Perforacion m.	
Marca: MECC-ALTE KVA.: 250 Motor: FIAT-AIFO Potencia: 400 CV	Marca: SATUR Tension: 760 Tipo: 6SS 60-14 Potencia: 50 CV	180 Ø 115 m	Profundidad rejilla: 99 m. Q. medidas con: TUBO PITOT Niveles medidos con: SONDA Ø Tuberia: 70 mm.

RECUPERACION					
Tiempo minutos	Recuperacion metros	Tiempo minutos	Recuperacion metros	Tiempo minutos	Recuperacion metros
½		6		20	
1		7		25	
2		8		30	
3		9		40	
4		10		50	
5		15		60	

Observaciones:

1º Escalon				2º Escalon				3º Escalon			
Hora	Q l/s	N.D. m.		Hora	Q l/s	N.D. m.		Hora	Q l/s	N.D. m.	
0m	NE	25,44	NE	0m	ND	25,85	ND	0m	ND	26,38	ND
1m	0,5	25,83	SUCIA	1m	1	26,00	COLOR	1m	2	26,74	COLOR
2m	0,5	25,81	SUCIA	2m	1	26,02	COLOR	2m	2	26,87	COLOR
3m	0,5	25,76	SUCIA	3m	1	26,08	COLOR	3m	2	26,88	COLOR
4m	0,5	25,75	SUCIA	4m	1	26,11	COLOR	4m	2	26,93	COLOR
5m	0,5	25,75	SUCIA	5m	1	26,13	COLOR	5m	2	26,94	COLOR
6m	0,5	25,75	SUCIA	6m	1	26,15	COLOR	6m	2	26,98	COLOR
7m	0,5	25,77	SUCIA	7m	1	26,16	COLOR	7m	2	27,00	COLOR
8m	0,5	25,77	SUCIA	8m	1	26,16	COLOR	8m	2	27,01	COLOR
9m	0,5	25,77	SUCIA	9m	1	26,18	COLOR	9m	2	27,03	COLOR
10m	0,5	25,78	COLOR	10m	1	26,20	COLOR	10m	2	27,05	COLOR
15m	0,5	25,81	COLOR	15m	1	26,22	COLOR	15m	2	27,10	COLOR
20m	0,5	25,84	COLOR	20m	1	26,25	COLOR	20m	2	27,13	COLOR
25m	0,5	25,85	COLOR	25m	1	26,38	COLOR	25m	2	27,13	COLOR
30m	0,5	25,85	COLOR	30m	1	26,31	COLOR	30m	2	27,17	COLOR
				40m	1	26,38	COLOR				
				50m	1	26,38	COLOR				
				60m	1	26,38	COLOR				

4º Escalon				5º Escalon				Recuperacion			
Hora	Q l/s	N.D. m.		Hora	Q l/s	N.D. m.		Hora	Q l/s	N.D. m.	
0m	ND	27,17	ND	0m	ND	29,14	ND	0m	ND	31,90	ND
1m	4	27,81	COLOR	1m	7	29,75	COLOR	1m		30,00	
2m	4	28,00	COLOR	2m	7	30,15	COLOR	2m		29,24	
3m	4	28,10	COLOR	3m	7	30,56	COLOR	3m		28,85	
4m	4	28,22	COLOR	4m	7	30,71	COLOR	4m		28,30	
5m	4	28,30	COLOR	5m	7	30,79	COLOR	5m		28,00	
6m	4	28,36	COLOR	6m	7	30,90	COLOR	6m		27,71	
7m	4	28,38	COLOR	7m	7	30,96	COLOR	7m		27,50	
8m	4	28,46	COLOR	8m	7	31,00	COLOR	8m		27,31	
9m	4	28,51	COLOR	9m	7	31,07	COLOR	9m		27,20	
10m	4	28,54	COLOR	10m	7	31,08	COLOR	10m		27,06	
15m	4	28,67	COLOR	15m	7	31,25	COLOR	15m		26,67	
20m	4	28,78	COLOR	20m	7	31,30	COLOR	20m		26,32	
25m	4	28,83	COLOR	25m	7	31,32	COLOR	25m		26,14	
30m	4	28,91	COLOR	30m	7	31,36	COLOR	30m		25,91	
40m	4	29,00	COLOR	40m	7	31,52	COLOR	40m		25,72	
50m	4	29,08	COLOR	50m	7	31,63	COLOR	50m		25,55	
60m	4	29,14	COLOR	60m	7	31,70	COLOR	60m		25,47	
				70m	7	31,80	COLOR				
				80m	7	31,86	COLOR				
				90m	7	31,90	COLOR				

6º Escalon				2ª Recuperacion			
Hora	Q l/s	N.D. m.		Hora	Q l/s	N.D. m.	
0m	ND	25,47	ND	1m		33,77	
1m	9	27,72	COLOR	2m		33,00	
2m	9	29,47	COLOR	3m		32,26	
3m	9	30,00	COLOR	4m		31,69	
4m	9	30,61	COLOR	5m		31,22	
5m	9	31,00	COLOR	6m		30,84	
6m	9	31,46	COLOR	7m		30,49	
7m	9	31,84	COLOR	8m		30,19	
8m	9	32,07	COLOR	9m		29,99	
9m	9	32,34	COLOR	10m		29,77	
10m	9	32,50	COLOR	15m		28,70	
15m	9	33,21	COLOR	20m		28,22	
20m	9	33,54	COLOR	25m		27,90	
25m	9	34,00	COLOR	30m		27,60	
30m	9	34,26	COLOR	40m		27,20	
40m	9	34,51	COLOR	50m		26,93	
50m	9	34,69	COLOR	60m		26,66	
60m	9	34,88	COLOR	75m		26,45	
1,5h	9	34,99	COLOR	90m		26,29	
2h	9	35,16	COLOR	105m		26,13	
2,5h	9	35,39	COLOR	120m		26,03	
3h	9	35,60	COLOR	21h		25,91	
3,5h	9	35,82	COLOR				
4h	9	35,99	COLOR				
5h	9	36,27	COLOR				
6h	9	36,40	COLOR				
7h	9	36,50	COLOR				
8h	9	36,57	COLOR				
9h	9	36,65	COLOR				
10h	9	36,74	COLOR				
11h	9	36,80	COLOR				
12h	9	36,85	COLOR				
13h	9	36,91	COLOR				
14h	9	36,97	COLOR				
15h	9	36,99	COLOR				
16h	9	36,99	COLOR				
17h	9	36,99	CLARA				
18h	9	36,99	CLARA				

ANEJO N° 6: ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS

INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO N° 000036994

Solicitado por:	COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS, S.A. C/ ANABEL SEGURA, 11 EDIF. A - 4º OF. B 28108 ALCOBENDAS (MADRID)	
Denominación de la muestra:	FONTIBRE - FIN DE LIMPIEZA	

Matriz: Agua continental

N° de muestra: 000034073

Tipo de muestra: Puntual

Tomada por: El cliente

Toma de Muestra: 03/07/2010

Recepción: 03/08/2010

Inicio análisis: 03/08/2010

Fin análisis: 06/08/2010

DETERMINACION	RESULTADO	INCERT.	METODOLOGIA
AMONIO	0,08 mg/l	±0,03	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILICICO	5,34 mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SILI)
*BICARBONATOS	207,15 mg/l		Acidimetría, con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
*BORO	0,29 mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-BORO)
*CALCIO	191,97 mg/l		Complexometría (PIE-CALC)
*CARBONATOS	< 5 mg/l		Acidimetría, con fenolftaleína (PIE-ALCA)
CLORUROS	5,85 mg/l	±0,70	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
CONDUCTIVIDAD 20 °C	860 µS/cm	±17	Electrometría (PIE-COND)
FOSFATOS	0,12 mg P-PO4 ³⁻ /l	±0,01	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-FOSF)
*HIDROXIDOS	0,00 mg/l		Volumetría (PIE-ALCA)
*HIERRO	< 0,05 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
*MAGNESIO	14,64 mg/l		Complexometría (PIE-DURE)
*MANGANESO	< 0,02 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
NITRATOS	3,39 mg/l	±0,41	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
NITRITOS	< 0,1 mg/l		Cromatografía iónica. (PIE-CION)
pH	7,28 ud. de pH	±0,36	Electrometría (PIE-PH)
*POTASIO	1,81 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SODIO	2,70 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
SULFATOS	344,93 mg/l	±20,70	Cromatografía iónica. (PIE-CION)

* Resultado aproximado (no acreditado):

NITRITOS

0,05 mg/l

El presente Informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo y NO deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de CAASA.

Los procedimientos empleados son normas internas de CAASA. El Laboratorio dispone de la incertidumbre de sus medidas a disposición del cliente.

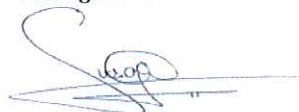
Las muestras tomadas por técnicos de CAASA se realizan según el Procedimiento de toma de muestras puntuales y compuestas (IO-013), incluido en el alcance de esta acreditación para ensayos físico-químicos.

Los ensayos y comentarios marcados en este informe () no están incluidos en el alcance de la acreditación del Laboratorio.*

CAASA TECNOLOGÍA DEL AGUA, S.A. dispone de un Sistema de Gestión de la Calidad CERTIFICADO POR SGS conforme con los requisitos de la norma ISO 9001:2008.

CAASA TECNOLOGÍA DEL AGUA, S.A. dispone de un Sistema de Gestión Ambiental CERTIFICADO POR SGS, conforme con los requisitos de la norma ISO 14001:2004.

6 de agosto de 2010



Fdo.: Susana Avilés Espiñero
 Lcda. en Ciencias Químicas
 Directora Técnica del Laboratorio de CAASA

Página 1/1

ANÁLISIS GEOQUÍMICO. DATOS INFORMATIVOS

MACROCONSTITUYENTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS	5,85	0,17	1,53
SULFATOS	344,93	7,18	66,52
BICARBONATOS	207,15	3,39	31,45
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	3,39	0,05	0,51
SODIO	2,70	0,12	1,07
MAGNESIO	14,64	1,20	11,00
CALCIO	191,97	9,58	87,50
POTASIO	1,81	0,05	0,42

CLASIFICACIÓN DEL AGUA:

SULFATADA - CÁLCICA

OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de congelación	-0,02 °C
Sólidos disueltos	778,34 mg/l
CO2 libre	17,30 mg/l
Dureza total	53,96 °Francés
Dureza total	539,64 mg/l de CO ₃ Ca
Dureza permanente	369,84 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	169,90 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad total	169,90 mg/l de CO ₃ Ca

RELACIONES GEOQUÍMICAS E INDICES DE EQUILIBRIO AGUA-LITOFACIE

$rCl+rSO_4/rHCO_3+rCO_3$	2,16
$rNa+rK/rCa+rMg$	0,02
rNa/rK	2,54
rNa/rCa	0,01
rCa/rMg	7,95
$rCl/rHCO_3$	0,05
rSO_4/rCl	43,52
rMg/rCa	0,13
i.c.b.	0,01
i.d.d.	0,00

Nº Registro: 34073

INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO Nº 000040858

Solicitado por:

COMPañA GENERAL DE SONDEOS, S.A.
C/ ANABEL SEGURA, 11 EDIF. A - 4º OF. B 28108 ALCOBENDAS (MADRID)

Denominación de la muestra:

SONDEO FONTIBRE (AFORO)

Matriz: Agua continental

Nº de muestra: 000037657

Tipo de muestra: Puntual

Tomada por: El cliente

Toma de Muestra: 14/12/2010

Hora: 17:35

Recepción: 03/01/2011

Inicio análisis: 03/01/2011

Fin análisis: 11/01/2011

DETERMINACION	RESULTADO	INCERT.	METODOLOGIA
AMONIO	< 0,04 mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILICICO	45,92 mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SILI)
*BICARBONATOS	264,10 mg/l		Acidimetría, con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
*BORO	< 0,05 mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-BORO)
*CALCIO	149,06 mg/l		Complexometría (PIE-CALC)
*CARBONATOS	< 5 mg/l		Acidimetría, con fenolftaleína (PIE-ALCA)
CLORUROS	5,15 mg/l	±0,62	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
CONDUCTIVIDAD 20 °C	677 µS/cm	±14	Electrometría (PIE-COND)
FOSFATOS	0,10 mg P-PO4 ³⁻ /l	±0,01	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-FOSF)
*HIDROXIDOS	0,00 mg/l		Volumetría (PIE-ALCA)
*HIERRO	0,08 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
*MAGNESIO	16,02 mg/l		Complexometría (PIE-DURE)
*MANGANESO	< 0,02 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
NITRATOS	2,25 mg/l	±0,27	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
NITRITOS	< 0,1 mg/l		Cromatografía iónica. (PIE-CION)
pH	7,46 ud. de pH	±0,37	Electrometría (PIE-PH)
*POTASIO	1,00 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SODIO	3,13 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
SULFATOS	171,13 mg/l	±10,27	Cromatografía iónica. (PIE-CION)

* Resultados aproximados (no acreditados):

AMONIO 0,00 mg/l
NITRITOS 0,07 mg/l

El presente Informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo y NO deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de CAASA.

Los procedimientos empleados son normas internas de CAASA. El Laboratorio dispone de la incertidumbre de sus medidas a disposición del cliente.

Las muestras tomadas por técnicos de CAASA se realizan según el Procedimiento de toma de muestras puntuales y compuestas (IO-013), incluido en el alcance de esta acreditación para ensayos físico-químicos.

Los ensayos y comentarios marcados en este informe (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del Laboratorio.

CAASA TECNOLOGÍA DEL AGUA, S.A. dispone de un Sistema de Gestión de la Calidad CERTIFICADO POR SGS conforme con los requisitos de la norma ISO 9001:2008.

CAASA TECNOLOGÍA DEL AGUA, S.A. dispone de un Sistema de Gestión Ambiental CERTIFICADO POR SGS, conforme con los requisitos de la norma ISO 14001:2004.

11 de enero de 2011



Fdo.: Susana Avilés Espiñeiro
Lcda. en Ciencias Químicas
Directora Técnica del Laboratorio de CAASA

Página 1/1

ANÁLISIS GEOQUÍMICO. DATOS INFORMATIVOS

MACROCONSTITUYENTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS	5,15	0,15	1,80
SULFATOS	171,13	3,56	44,13
BICARBONATOS	264,10	4,33	53,62
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	2,25	0,04	0,45
SODIO	3,13	0,14	1,53
MAGNESIO	16,02	1,32	14,78
CALCIO	149,06	7,44	83,41
POTASIO	1,00	0,03	0,29

CLASIFICACIÓN DEL AGUA: **BICARBONATADA - CÁLCICA**

OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de congelación	-0,02 °C
Sólidos disueltos	658,05 mg/l
CO2 libre	14,57 mg/l
Dureza total	43,82 °Francés
Dureza total	438,17 mg/l de CO ₃ Ca
Dureza permanente	221,69 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	216,60 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad total	216,60 mg/l de CO ₃ Ca

RELACIONES GEOQUÍMICAS E INDICES DE EQUILIBRIO AGUA-LITOFACIE

$rCl+rSO_4/rHCO_3+rCO_3$	0,86
$rNa+rK/rCa+rMg$	0,02
rNa/rK	5,32
rNa/rCa	0,02
rCa/rMg	5,64
$rCl/rHCO_3$	0,03
rSO_4/rCl	24,53
rMg/rCa	0,18
i.c.b.	-0,11
i.d.d.	0,00

Nº Registro: 37657

INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO Nº 000041014

Solicitado por:

CONSULNIMA, S.L.
INFANTA MERCEDES, 90 28020 MADRID

Denominación de la muestra:

FON.1

Matriz: **Agua continental**

Nº de muestra: **000037809**

Tipo de muestra: **Puntual**

Tomada por: **El cliente**

Recepción: **12/01/2011**

Inicio análisis: **12/01/2011**

Fin análisis: **14/01/2011**

DETERMINACION	RESULTADO	INCERT.	METODOLOGIA
AMONIO	< 0,04 mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILICICO	4,71 mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SILI)
*BICARBONATOS	253,29 mg/l		Acidimetría, con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
*BORO	< 0,05 mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-BORO)
*CALCIO	146,56 mg/l		Complexometría (PIE-CALC)
*CARBONATOS	< 5 mg/l		Acidimetría, con fenoltaleína (PIE-ALCA)
CLORUROS	6,16 mg/l	±0,74	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
CONDUCTIVIDAD 20 °C	681 µS/cm	±14	Electrometría (PIE-COND)
FOSFATOS	0,09 mg P-PO4 ³⁻ /l	±0,01	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-FOSF)
*HIDROXIDOS	0,00 mg/l		Volumetría (PIE-ALCA)
*HIERRO	0,08 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
*MAGNESIO	12,28 mg/l		Complexometría (PIE-DURE)
*MANGANESO	< 0,02 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
NITRATOS	2,93 mg/l	±0,35	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
NITRITOS	< 0,1 mg/l		Cromatografía iónica. (PIE-CION)
pH	7,63 ud. de pH	±0,38	Electrometría (PIE-PH)
*POTASIO	0,61 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SODIO	3,23 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
SULFATOS	196,58 mg/l	±11,79	Cromatografía iónica. (PIE-CION)

* Resultados aproximados (no acreditados):

AMONIO 0,00 mg/l
NITRITOS 0,00 mg/l

El presente Informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo y NO deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de CAASA.

Los procedimientos empleados son normas internas de CAASA. El Laboratorio dispone de la incertidumbre de sus medidas a disposición del cliente.

Las muestras tomadas por técnicos de CAASA se realizan según el Procedimiento de toma de muestras puntuales y compuestas (IO-013), incluido en el alcance de esta acreditación para ensayos físico-químicos.

Los ensayos y comentarios marcados en este informe (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del Laboratorio.

CAASA TECNOLOGÍA DEL AGUA, S.A. dispone de un Sistema de Gestión de la Calidad CERTIFICADO POR SGS conforme con los requisitos de la norma ISO 9001:2008.

CAASA TECNOLOGÍA DEL AGUA, S.A. dispone de un Sistema de Gestión Ambiental CERTIFICADO POR SGS, conforme con los requisitos de la norma ISO 14001:2004.

17 de enero de 2011



Fdo.: Susana Avilés Espiñeiro
Lcda. en Ciencias Químicas
Directora Técnica del Laboratorio de CAASA

Página 1/1

ANÁLISIS GEOQUÍMICO. DATOS INFORMATIVOS

MACROCONSTITUYENTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS	6,16	0,17	2,05
SULFATOS	196,58	4,09	48,35
BICARBONATOS	253,29	4,15	49,04
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	2,93	0,05	0,56
SODIO	3,23	0,14	1,66
MAGNESIO	12,28	1,01	11,92
CALCIO	146,56	7,31	86,24
POTASIO	0,61	0,02	0,18

CLASIFICACIÓN DEL AGUA: **BICARBONATADA - CÁLCICA**

OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de congelación	-0,02 °C
Sólidos disueltos	626,56 mg/l
CO2 libre	9,45 mg/l
Dureza total	41,65 °Francés
Dureza total	416,53 mg/l de CO ₃ Ca
Dureza permanente	208,91 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	207,74 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO ₃ Ca
Alcalinidad total	207,74 mg/l de CO ₃ Ca

RELACIONES GEOQUÍMICAS E INDICES DE EQUILIBRIO AGUA-LITOFACIE

$rCl+rSO_4/rHCO_3+rCO_3$	1,03
$rNa+rK/rCa+rMg$	0,02
rNa/rK	9,01
rNa/rCa	0,02
rCa/rMg	7,24
$rCl/rHCO_3$	0,04
rSO_4/rCl	23,55
rMg/rCa	0,14
i.c.b.	0,10
i.d.d.	0,00

Nº Registro: 37809

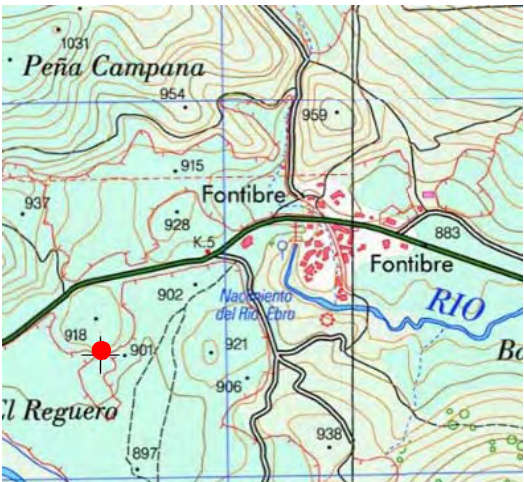

ANEJO N° 7: FICHA I.P.A. Y FICHA MMA

FICHA DE PIEZÓMETRO

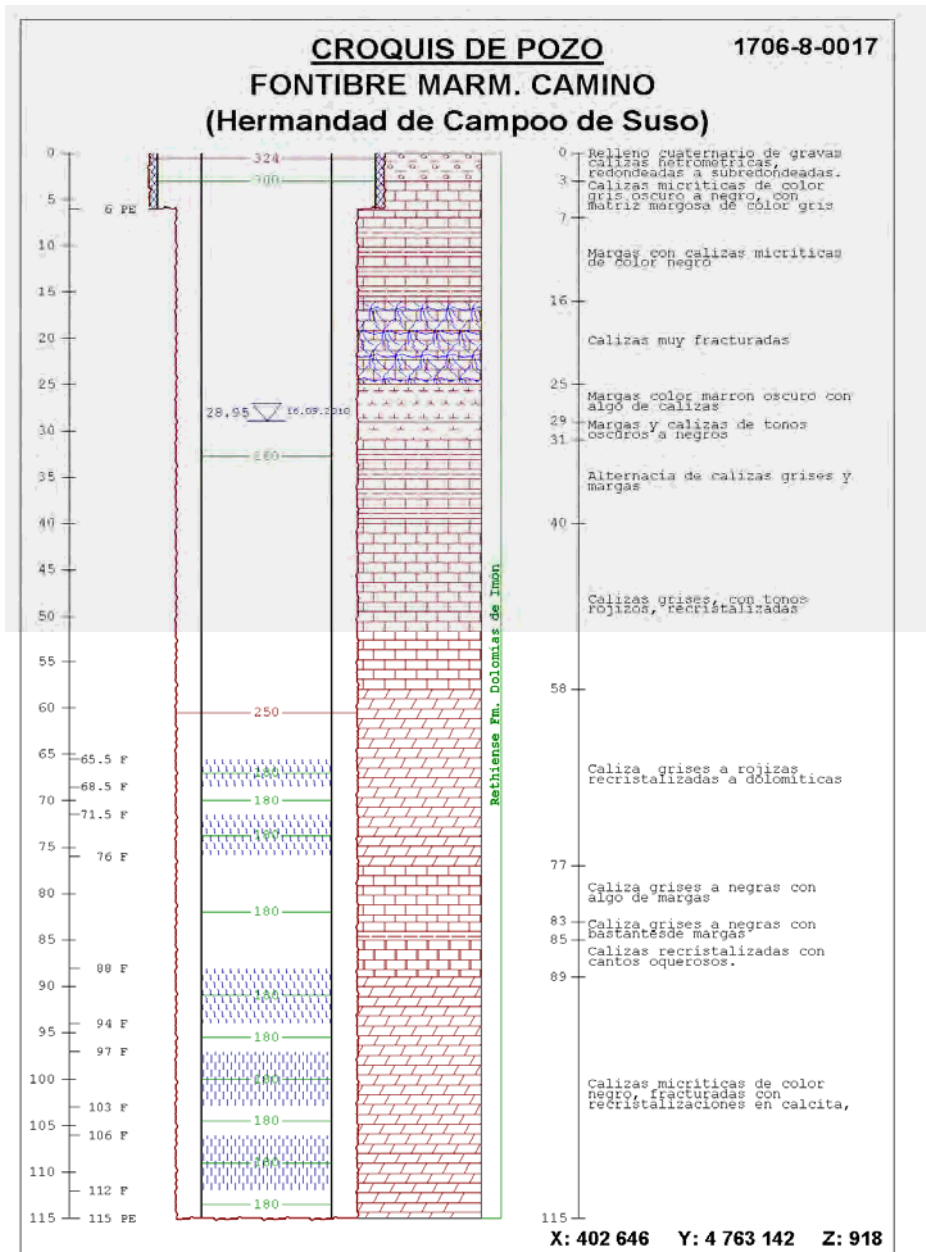
TOPONIMIA		FONTIBRE MARM. CAMINO		CÓDIGO IDENTIFICACIÓN		09.101.001	
CÓDIGO IPA		1700680017	Nº MTN 1:50.000 1706	MUNICIPIO	Hermadad de Campo de Suso	PROVINCIA	Cantabria
CUENCA HIDROGRÁFICA		EBRO					
MASA AGUA SUBTERRÁNEA		01 FONTIBRE					
U. HIDROGEOLÓGICA		Vasco - Cantábrico					
ACUÍFERO(S)		0101 Suprakeuper-Líasas					
COORDENADAS UTM HUSO 30	X	402646	DATOS OBTENIDOS DE:		GIS-Oleicola	REFERENCIA DE LAS MEDIDAS	BROCAL
	Y	4763142					
COTA DEL SUELO msnm	Z	918	DATOS OBTENIDOS DE:		GPS	ALTURA SOBRE EL SUELO m	0
POLÍGONO		14		PARCELA		9004	
TITULARIDAD DEL TERRENO		Ayuntamiento de Fontibre					
PERSONA DE CONTACTO							
ACCESO		El sondeo se sitúa tomando un desvío situado a uno 500 metros pasado el acceso al nacimiento del Ebro una vez pasado el pueblo en dirección hacia Alto Campoo, el sondeo se sitúa a unos 300 metros siguiendo ese camino en un acceso a unas fincas particulares situada en un camino que sale a la derecha.					

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE USO												
METODO	RotoperCUSión											
PERFORACIÓN (m)				ENTUBACIÓN (m)				FILTROS (m)			CEMENTACION	
DESDE	HASTA	Ø(mm)	NATURAL.	DESDE	HASTA	Ø(mm)	NATURAL.	DESDE	HASTA	NATURALEZA	DESDE	HASTA
0	6	324		0	6	300	Metálica	65.5	68.5	Puentecillo	0	6
6	115	250		0	14	180	Metálica	71.5	76	Puentecillo		
								88	91	Puentecillo		
								91	94	Ranurada		
								97	103	Puentecillo		
								106	112	Puentecillo		

HISTORIA			
PERTENECE A REDES HISTÓRICAS	No	PERIODO DE MEDIDAS	
ORGANISMO	CHE (OPH)		

LOCALIZACIÓN	
MAPA TOPOGRÁFICO 1.25.000 	FOTO AÉREA 

CROQUIS DEL SONDEO Y DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA SUCINTA



FOTOGRAFÍAS DEL EMPLAZAMIENTO : ENTORNO Y DETALLE




CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
Oficina de Planificación Hidrológica
INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA
Tipo: SONDEO

Fuente de información: CHE (OPH)

Mapa 1:50.000: (1706) TUDANCA

UTMX: 402646

UTMY: 4763142

COTA: 918

Provincia: CANTABRIA

Municipio: HERMANDAD DE CAMPOO DE SUS

Localidad: FONTIBRE

Paraje: FONTIBRE MARM. CAMINO

Polígono: 14

Parcela: 9004

Dominio Hidrogeológico: Vasco - Cantábrico

Unidad: Fontibre

Acuífero: Suprakeuper-Lías

Masa Subterránea A: FONTIBRE

Masa Subterránea B:
Acuífero: Suprakeuper-Lías

Redes:

PG	PL	PH	CG	CL	CH	CE	L	T	LH	I	OT
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Río: HIJAR

Cuenca: EBRO

Acceso: El sondeo se sitúa tomando un desvío situado, a unos 500 metros después del acceso al nacimiento del río Ebro, una vez pasado el pueblo en dirección hacia Alto Campoo. El sondeo se sitúa a unos 300 metros siguiendo un camino de acceso a unas fincas particulares situadas a la derecha del camino principal.

Observaciones: SONDEO PROYECTO ADECUACIÓN REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CLAVE 09.822-0003/2111.



Vision general_Fontibre (11/05/2012)

Nº	RealizacionFicha	Fuente de informacion	FECHA	FECHAINFO	OBSERVACIONES
1	TCL	CHE (OPH)	27/02/2007		FUTURO SONDEO PROYECTO ADECUACIÓN REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CLAVE 09.822-0003/2111
32	TCL	CHE (OPH)	29/06/2012		meto ortoimagen de situación facilitada por Javier Ramajo.

PERFORACIÓN

Contratista: CGS (Perforaciones Marchal S.L)

Año: 2010

Tipo perforación: ROTOPERCUSION CON CIRCULACION DIRECTA **Profundidad total:** 115

Observaciones:

Desde	Hasta	Diámetro (mm)
0	6	324
6	115	250

REVESTIMIENTO

Desde	Hasta	Diámetro(mm)	Espesor (mm)	Tipo	Empaque
0	6	300	4	Metálica	CEMENTACION
0	65.5	180	4	Metálica ciega	
65.5	68.5	180	4	Metálica puentecillo	
68.5	71.5	180	4	Metálica ciega	
71.5	76	180	4	Metálica puentecillo	
76	88	180	4	Metálica ciega	
88	91	180	4	Metálica puentecillo	
91	94	180	4	Metálica puentecillo	
94	97	180	4	Metálica ciega	
97	103	180	4	Metálica puentecillo	
103	106	180	4	Metálica ciega	
106	112	180	4	Metálica puentecillo	
112	115	180	4	Metálica ciega	

LITOLOGÍA

Descripción geológica: El sondeo se ubica sobre una serie de materiales calcareos de tonos oscuros que afloran subverticalmente y que se interpretan como pertenecientes a la Fm. Dolomías de Imón de edad Rethiense.

Desde	Hasta	Litología	Edad	Tipo acuífero
0	3	SUELO	CUATERNARIO INDIFERENCIADO	
Observaciones: Relleno cuaternario compuesto principalmente por gravas de calizas de muy diversos tamaños, redondeadas a subredondeadas.				
3	7	CALIZAS	RETHIENSE	
Observaciones: Calizas micríticas de color gris oscuro a negro, con matriz margosa de color gris claro a blanquecino.				
7	16	CALIZAS MARGOSAS	RETHIENSE	
Observaciones: Tramo más margoso con cantos de calizas micríticas de color negro				
16	25	CALIZAS	RETHIENSE	
Observaciones: Calizas muy fracturadas, con textura de arena fina a muy fina, de color gris oscuro, con algunos cantos de cuarzo. Se trata de una zona de fractura.				
25	29	MARGAS	RETHIENSE	
Observaciones: Margas de color marrón con indicios de cantos de calizas negras				

29	31	MARGAS	RETHIENSE	
Observaciones: Margas de color marrón con bastantes cantos de calizas negras, aumenta la proporción de cantos.				
31	40	CALIZAS MARGOSAS	RETHIENSE	
Observaciones: Alternancia de calizas grises y margas ocre a pardas				
40	58	CALIZAS	RETHIENSE	
Observaciones: Calizas grises, con algunos tonos rojizos, recristalizadas con algo de matriz margosa.				
58	77	CALIZAS DOLOMITICAS	RETHIENSE	
Observaciones: Calizas grises, con algunos tonos rojizos, recristalizadas con algo de matriz margosa.				
77	83	CALIZAS	RETHIENSE	ACUIFERO
Observaciones: Calizas grises a negras con algo de margas.				
83	85	CALIZAS	RETHIENSE	ACUIFERO
Observaciones: Calizas grises a negras con bastantes margas.				
85	89	CALIZAS DOLOMITICAS	RETHIENSE	ACUIFERO
Observaciones: Calizas grises, negras y rojizas con algunos cantos de calizas oquerosas.				
89	115	CALIZAS DOLOMITICAS	RETHIENSE	ACUIFERO
Observaciones: Calizas micríticas de color negro, fracturadas con recristalizaciones en calcita, que presenta cantos de mayor tamaño.				

ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	Caudal (l/s)	Nivel Inicial (m)	Depresión (m)	Duración (h)	Transmisividad (m ² /d)	S	Fuente Información
14/12/2010	0	36.99	10.96	0.1			CHE (OPH)
Observaciones: Recuperación 2							
13/12/2010	9	25.47	-11.52	0.8			CHE (OPH)
Observaciones: Escalón continuo							
13/12/2010	0	31.2	5.73	0			CHE (OPH)
Observaciones: Recuperación 1							
13/12/2010	7	29.14	-2.06	0.1			CHE (OPH)
Observaciones: Escalón 5							
13/12/2010	4	27.12	-2.02	0			CHE (OPH)
Observaciones: Escalón 4							
13/12/2010	2	26.63	-0.49	0			CHE (OPH)
Observaciones: Escalón 3							
13/12/2010	1	25.85	-0.78	0			CHE (OPH)
Observaciones: Escalón 2							
13/12/2010	0.5	25.44	-0.41	0			CHE (OPH)
Observaciones: Escalón 1							

PIEZOHIDROMETRÍA

NIVEL: NIVEL1

Nº de medidas	Máximo	Mínimo	Rango de Oscilación	Media	Desviación típica
17	29.05	22.34	6.71	26.9394	2.2129

HIDROQUÍMICA

Fecha muestreo	Cl meq/l mg/l	SO4 meq/l mg/l	HCO3 meq/l mg/l	NO3 meq/l me/l	Na meq/l mg/l	Mg meq/l mg/l	Ca meq/l mg/l	K meq/l mg/l	Cond20 campo lab.	Ph campo lab.	Error %	Fuente info.
14/12/2010	0.1735	4.0954	4.1523	0.0473	0.1404	1.0149	7.3097	0.0156	529	7.4	0.1433	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS
	6.16	196.58	253.29	2.93	3.23	12.28	146.56	0.61				
14/12/2010	0.1451	3.5652	4.3295	0.0363	0.1361	1.324	7.4344	0.0256	529	7.4	9.9313	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS
	5.15	171.13	264.1	2.25	3.13	16.02	149.06	1				
13/12/2010									542	7.3		PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS
13/12/2010									538	7.3		PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS
13/12/2010									558	7.4		PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS
07/07/2010	0.1648	7.186	3.3959	0.0547	0.1174	1.2099	9.5746	0.0463	951		1.3495	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS
	5.85	344.93	207.15	3.39	2.7	14.64	191.97	1.81				

OTRAS FOTOS



Entorno (01/09/2010)



(6) (01/09/2010)



(3) (01/09/2010)



(1) (01/09/2010)



(2) (01/09/2010)



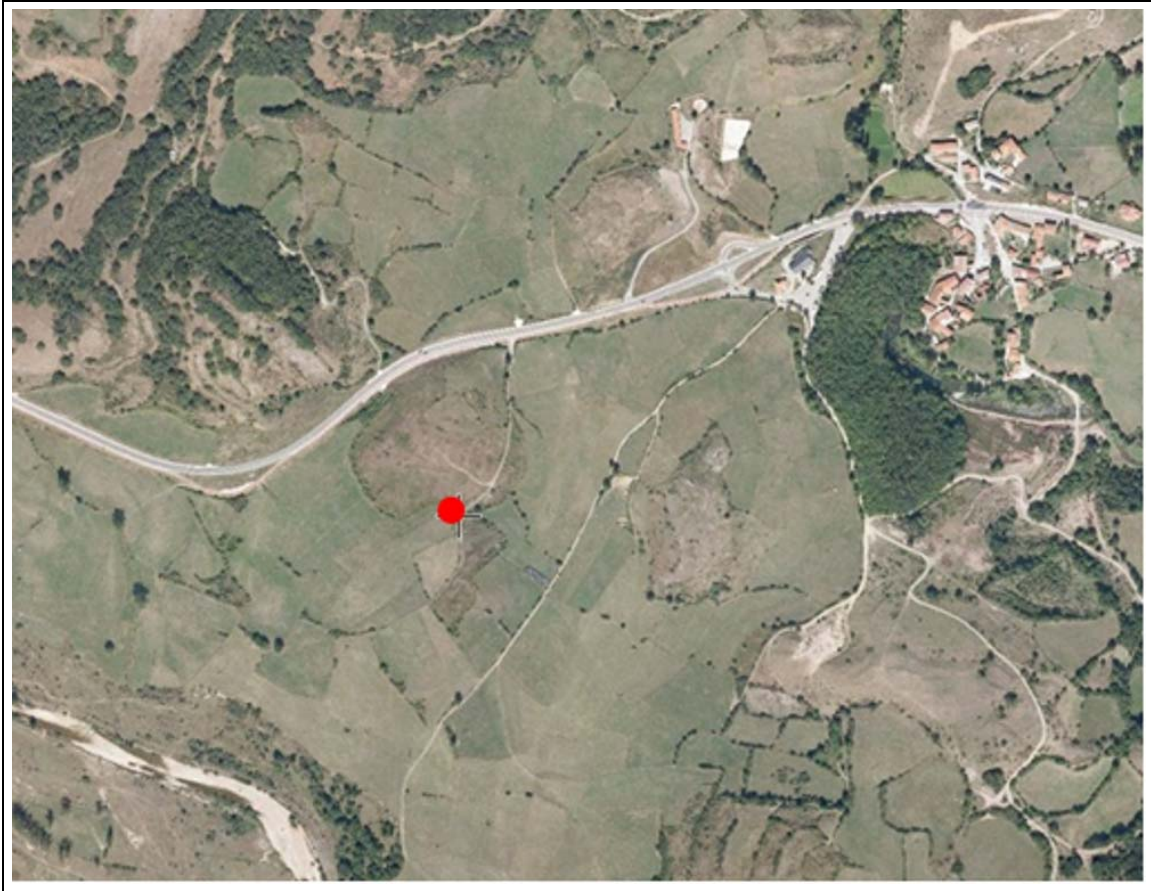
(5) (01/09/2010)



(01/09/2010)



DSCN3385_Fontibre (30/05/2012)



FONTIBRE (29/06/2012)



Acceso con nieve Fontibre (11/05/2012)



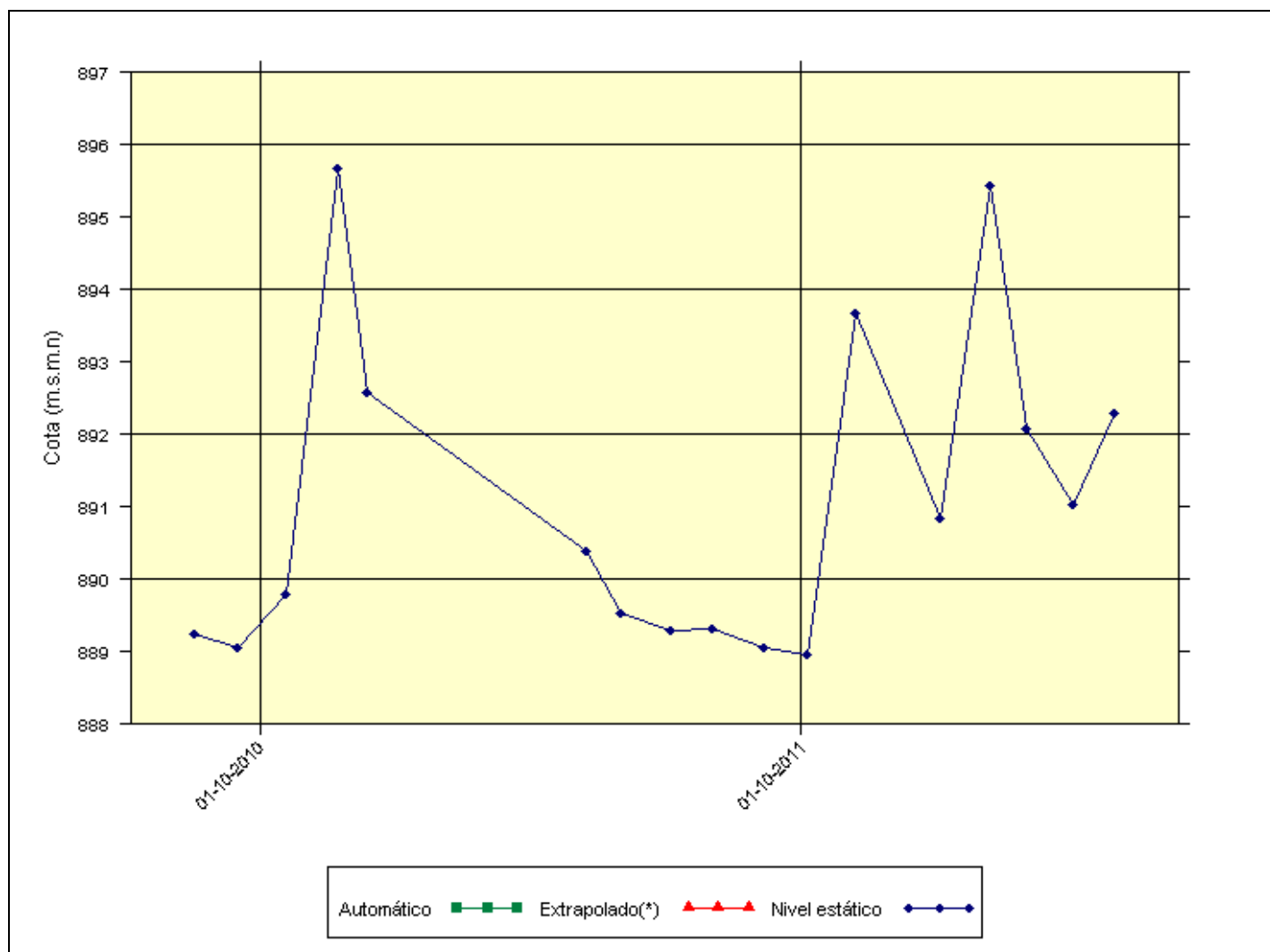
Referencia_Fontibre (11/05/2012)

CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN

Contacto: Ricardo Escalada (Alcalde de Fontibre). Tlf: 636 219 474. .

Cierre: Llave MARM

Referencia:

HIDROGRAMA NIVEL 1: Muschelkalk**ESTADÍSTICA PIEZOMÉTRICA NIVEL 1: Muschelkalk**

Nº de medidas	Máximo	Mínimo	Rango de Oscilación	Media	Desviación típica
17	29.05	22.34	6.71	26.9394	2.2129

MEDIDAS PIEZOMÉTRICAS RECIENTES NIVEL 1: Muschelkalk

Fecha muestreo	Nivel (m)	Observaciones
30/04/2012	25.72	Remitidos datos por mail
02/04/2012	26.98	Remitidos datos por mail
01/03/2012	25.94	Prof total pozo 115 m
06/02/2012	22.57	Prof total pozo 115 m
03/01/2012	27.18	Prof total pozo 115 m
07/11/2011	24.35	
05/10/2011	29.05	
06/09/2011	28.95	
03/08/2011	28.69	
06/07/2011	28.72	
02/06/2011	28.49	Lo hago solo
09/05/2011	27.62	Fondo a 106,9 Jaime J.Alb.
13/12/2010	25.44	
23/11/2010	22.34	
19/10/2010	28.21	

ENCUADRE HIDROGEOLÓGICO

El sondeo se localiza en el dominio hidrogeológico 1: "Pirenaico Vasco-Cantábrico en la masa de agua subterránea Fontibre 090.001. El acuífero atravesado son las calizas y dolomías del Triásico superior que forman dicho acuífero.

Este piezómetro se encuentra ubicado, desde el punto de vista hidrogeológico, en la zona de descarga del acuífero del Triásico superior Rethiense, hacia el Río Hajar y el nacimiento del río Ebro. Se trata de un acuífero fracturado y kárstico: cuya porosidad responde tanto a su naturaleza carbonatada y dolomítica como a la fracturación que presenta.

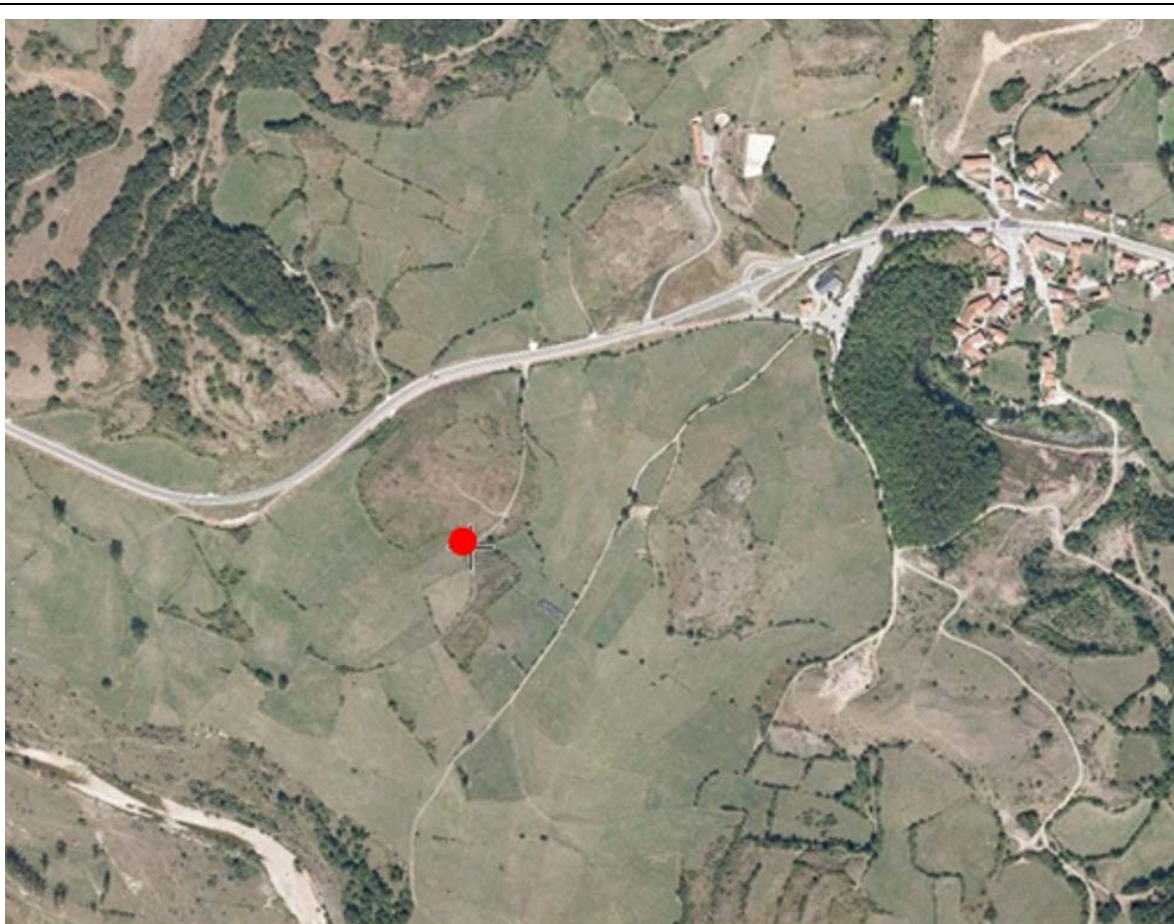
OTROS DATOS

SONDEO PROYECTO ADECUACIÓN REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CLAVE 09.822-0003/2111.

DESCRIPCIÓN DEL ACCESO

El sondeo se sitúa tomando un desvío situado, a unos 500 metros después del acceso al nacimiento del río Ebro, una vez pasado el pueblo en dirección hacia Alto Campoo. El sondeo se sitúa a unos 300 metros siguiendo un camino de acceso a unas fincas particulares situadas a la derecha del camino principal.

ORTOIMAGEN CON LA RUTA DE ACCESO



Coordenadas UTM del punto:
X: 402646, Y:4763142 (Huso 30)

FOTOS ADICIONALES

PANORÁMICA



05/2012 Vision general Fontibre

DETALLE



05/2012 DSCN3385 Fontibre

ACCESO

ACCESO



05/2012 Acceso con nieve Fontibre

DETALLE REFERENCIA

INSTALACIÓN



05/2012 Referencia Fontibre